IANAS
INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

iap SCIENCE RESEARCH HEALTH
the interacademy partnership

Retos y oportunidades de la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas

El punto de vista de las Academias de Ciencias

IANAS Reporte Regional
Noviembre 2017

Retos y oportunidades de la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas

El punto de vista de las Academias de Ciencias

La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) es una red regional de Academias de Ciencias que fue creada con el propósito de brindar apoyo en los esfuerzos de cooperación dirigidos a promover la ciencia y la tecnología como medios para impulsar la investigación y el desarrollo, así como el bienestar y la igualdad en las Américas. IANAS es miembro regional de la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP, por sus siglas en inglés).

IANAS Co-Chairs: Juan Asenjo y Jeremy McNeil
Coordinador de Proyecto: Michael Clegg
Comité Editorial: Michael Clegg (EUA), Eduardo Bianchi (Argentina), Jeremy McNeil (Canadá), Luis Herrera Estrella (México), Katherine Vammen (Nicaragua).
Coordinadores de capítulos: Eduardo Bianchi (Argentina); Einstein Tejada Vélez (Bolivia); Evaldo Vilelo (Brasil); John Klironomos (Canadá); Mark Wuddivira (Caribe); Elizabeth Hodson (Colombia); Víctor Jiménez (Costa Rica); María Teresa Cornide (Cuba); Carlos Muñoz Schick (Chile); Helmut Betancourt y José Tallaj (República Dominicana); Jenny Ruales (Ecuador); Noel Solomons (Guatemala); Carolina Alduvín (Honduras); Sol Ortiz (México); Jorge Huete (Nicaragua); Bruno Zachrisson (Panamá); Gustavo González (Perú); Michael Allen (EUA); María Cristina Cabrera (Uruguay); María Soledad Tapia (Venezuela)
Coordinación del libro y Directora Ejecutiva de IANAS: Adriana de la Cruz Molina

Editora y correctora de textos en español: Ma. Areli Montes Suárez (México) y los autores de los capítulos
Traductora y editora de textos en inglés: Suzanne Stephens (Reino Unido)
Edición y corrección de textos en inglés: Margaret Ellen Reynolds Adler (EUA)
Apoyo especial para el capítulo brasileño: Jeremy McNeil (Canadá) y Geraldo Bueno Martha Junior (Brasil)
Diseño editorial y asesoría en el proceso de impresión de las ediciones en inglés y español: Víctor Daniel Moreno Alanís
Diseño de portada: Víctor Daniel Moreno Alanís (México)
Diseño web: Víctor Daniel Moreno Alanís (México) y Viridiana González (México)
Apoyo administrativo en Alemania: Jana Hinz y Anja Geißler, The Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina
Apoyo administrativo en México: Alejandra Muñoz Buenrostro (2017), Verónica Barroso (2016), Luis Arturo Dassaev (Organización del Taller 2016 en México), IANAS

Impreso por la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) Calle Cipreses s/n, Km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, 14400 Tlalpan, Ciudad de México. El Ministerio Federal de Educación e Investigación (Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF) Heinemannstraße 253175 Bonn, la Academia Nacional de Ciencias de Alemania-Leopoldina y la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP).

Noviembre 2017 © La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS); Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP); El Ministerio Federal de Educación e Investigación Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Academia Nacional de Ciencias de Alemania-Leopoldina.
ISBN: 978-607-8379-29-3
Impreso en México
Acceso público gratuito de este libro en inglés y en español en www.ianas.org

Esta publicación se encuentra disponible en http://www.ianas.org y Open Access bajo la licencia Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0 /igo/). La licencia aplica exclusivamente al contenido del texto del libro impreso y electrónico. En el caso del uso de todo material que no esté claramente identificado como material de IANAS-IAP o de BMBF-Academia Nacional de Ciencias de Alemania – Leopoldina, será necesario obtener un permiso previo de: ianas2011@hotmail.com. Las denominaciones utilizadas y la presentación del material en esta publicación no suponen una expresión de opiniones por parte de IANAS-IAP o la BMBF-Academia Nacional de Ciencias de Alemania-Leopoldina sobre el estado legal de ningún país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, ni con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no necesariamente las de IANAS-IAP o la BMBF-Academia Nacional de Ciencias de Alemania-Leopoldina y no comprometen de ninguna manera a esta Organización.

Esta publicación ha sido impresa en papel ecológico, una parte de las fibras proviene de materiales reciclados y la otra de bosques explotados de manera sostenible (Certificación del Consejo de Manejo Forestal - FSC). Además, se utiliza papel libre de cloro con objeto de contribuir a la conservación de los recursos hídricos (Certificación Libre de Cloro Elemental - ECF).

Retos y oportunidades de la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas

El punto de vista de las Academias de Ciencias

Federal Ministry of Education and Research

IANAS INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften

iap SCIENCE RESEARCH HEALTH the interacademy partnership

El Ministerio Federal de Educación e Investigación
La Red Interamericana de Academias de Ciencias
Leopoldina National Akademie der Wissenschaften
La Red Mundial de Academias de Ciencias

Reconocimientos

IANAS agradece a las Academias de Ciencias de las Américas y a los científicos y expertos que se enumeran a continuación y quienes sin ánimo de lucro aportaron sus valiosos conocimientos y tiempo para el desarrollo de esta publicación.

Argentina

Eduardo Dante Bianchi, María Cristina Añón, Eduardo Pagano, Martín Piñeiro, Carolina Szpak, Eduardo Trigo, Sergio Vaudagn, Fiorella Bianchi

Bolivia

Einstein Tejada Vélez, Marcelo Eduardo Arze García, Mónica Moraes R., Franklin Bustillos Gálvez, Daniela Raquel Larrazábal Vélez Ocampo, Andrés Trepp del Carpio, Lilibeth Leigue Arnéz, Gonzalo Ávila Lara, Jorge Blajos Kraljevic, Carlos Arturo Mariscal Padilla, Óscar Jesús Cabrera Coca, Jaime Manuel Ernesto Gutiérrez Guerra, Zulema Lehm Ardaya

Brasil

Evaldo Ferreira Vilela, Elibio L. Rech Filho, Geraldo Bueno Martha Junior, Eliseu Roberto de Andrade Alves, Maurício Antõnio Lopes, Élcio Perpétuo Guimarães, Paulo Renato Cabral, Cleber Oliveira Soares, Grácia Maria Soares Rosinha, Antônio Marcio Buainain, Marilia Regini Nutti, Geraldo Magela Callegaro

Canadá

John Klironomos, Satinder Kaur Brar, Evan Fraser, Krishnamoorthy Hegde, Negin Kazemian, Ashley McInnes, Jeremy Nichol McNeil, Mitra Naghdi, Vinayak Pachapur, Mehrdad Taheran,
Frances Henry

Caribe

Mark N. Wuddivira, Vidya de Gannes, Gerrit Meerdink, Nequesha Dalrymple, Shantelle Henry

Colombia

Elizabeth Hodson de Jaramillo, Jairo Castaño, Germán Poveda, Gabriel Roldán, Paul Chavarriaga

Costa Rica

Víctor M. Jiménez, Catalina Acuña-Gutiérrez, Marilín Agüero Vargas, Alfredo Alvarado, María L. Ávila-Agüero, Marialis Blanco, Marcela Dumani, Patricia Esquivel, Andrés Gatica-Arias, Eric Guevara, Andrés Hernández-Pridybailo, Raquel Hernández Cordero, Andrea Holst, Karol Madriz, Julio F. Mata-Segreda, Olman José Quirós-Madrigal, Ricardo Radulovich, Álvaro Salas Chaves, Paúl Solórzano Cascante

Cuba

María Teresa Cornide Hernández, Walfredo Arnaldo Torres de la Noval, Ramón de la Concepción Pichs Madruga, René Pablo Capote López, Amelia Capote Rodríguez, Arnaldo Álvarez Brito, Mario Pablo Estrada García, Sergio Jorge Pastrana, Olegario Muñiz Ugarte, Julio Abraham Baisre Álvarez, Faustino Cobarrubia Gómez, María Felicia Díaz Sánchez, Lianne Fernández Granda, Marisol González Pérez, Abel Hernández Velázquez, Julián Herrera Puebla, Mayuly Martínez Valenzuela, Hilarión Rodobaldo Ortiz Hernández, Luis Raúl Paz Castro, Eduardo Planos Gutiérrez, Jonathan Quirós Santos, Iván Relova Delgado, Armando Rodríguez Suárez, Odalys Uffo Reinosa, Antonio Vantour Causse, Daysi Vilamajó Alberdi, Gisela Alonso Domínguez, Ondina Jacinta León Díaz, María del Carmen Pérez Hernández, Adolfo Rodríguez Nodals, José Luis Rodríguez García, Daniela de las Mercedes Arellano Acosta, Olimpia Carrillo Farnés, René Florido Bacallao, Anicia García Álvarez, Alexander Miranda Caballero, Armando Nova González, Aída Ramírez Fijón, Julio Larramendi

Chile
Carlos Muñoz Schick, Cristian Mattar, Roberto Neira, Marcos Mora, Jacqueline Espinoza, Óscar Seguel, Osvaldo Salazar, Rodrigo Fuster, L. Antonio Lizana, Cristian Cofré, Anna Pinheiro, Lorena Rodríguez

República Dominicana
Helmut Bethancourt , Jorge A. Tallaj A., Lourdes Tapia Benoit, Pedro Pablo Peña , Angel Roberto Sánchez, Elpidio Avilés Quizada, Rafael Pérez Duvergé, Anabel Kunhardt , Miguel J. Henríquez, Lidio Martínez

Ecuador
Nikolay Aguirre, Charles W. Barnes, María Eugenia Ordóñez, Jenny Ruales

Guatemala
Noel W. Solomons, Edwin Josue Castellanos, Florencio Rolando Cifuentes Velásquez, Silvana Maselli Conde , Mónica Ninette Orozco Figueroa, Pamela Marie Pennington, Jack Clayton Schuster, Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Honduras
Carolina Alduvín, Napoleón Molina, Dinie Espinal, Carlos Almendares Ordóñez, Maritza Midence Moncada

México
Sol Guerrero Ortiz, Agustín López Munguía, Natalhie Campos Reales, Elizabeth Castillo Villanueva, Luis Herrera Estrella, Sol Ortiz García

Nicaragua
Jorge A. Huete-Pérez, Manuel Ortega Hegg, Mario R. López, Mauricio Córdoba, Salvador Montenegro, Katherine Vammen, María J. Cortez, Ivania A. Cornejo

Panamá
Bruno Zachrisson, Ismael Camargo, Carlos Him, Enrique Murillo, Rodrigo Cambra, Dimas Arcia

Perú
Gustavo F. Gonzales, Ana Colarossi, Nicole Bernex, Verónica Rubín de Celis, Lidia Sofía Caballero-Gutiérrez, Fernando James Álvarez

Estados Unidos de América
Michael F. Allen, Peter L. Morrell, Charles W. Rice, Henry J. Vaux, Clifford N. Dahm, Rebecca R. Hernández

Uruguay
María Cristina Cabrera, Laura Astigarraga, Omar Borsani, Gianfranca Camussi, Pablo Caputi, Miguel Carriquiry, Pablo Chilibroste, Milka Ferrer, Guillermo Galván, Fernando García Préchac, Lucía Grille, Carmen Marino Donagelo, Daniel Panario, Ali Saadoun, Pablo Soca, Valentín Picasso, Daniel Vázquez, Fernanda Zaccari

Venezuela
María S. Tapia, Marelia Puche, Alejandro Pieters, Juan Fernando Marrero, Santiago Clavijo, Alejandro Antonio Gutiérrez Socorro, Carlos Machado-Allison, Susana Raffalli, Marianella Herrera, Maritza Landaeta de Jiménez, José Félix Oletta, Juan Comerma, Óscar Silva, Marta Barrios, Aída Ortiz, Eladys Córcega, Enio Soto, Livia Pinto, Daniel Vargas, Víctor García, Juan Carlos Rey, Juan Carlos Aciego, Naghely Mendoza, Gerardo Fernández, Francisco Bisbal, Susana Raffalli

Organizaciones que apoyaron este trabajo en sus diversas etapas de desarrollo

Organizaciones internacionales

Alemania

El Ministerio Federal de Educación e Investigación

La Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina
Jörg Hacker, Presidente y Volker Ter Muelen, exPresidente

Programa de Biociencias del Consejo Consultivo Científico de Academias Europeas
Robin Fears, Director

La Red Mundial de Academias de Ciencias

Red Mundial de Academias de Ciencias, Ciencias-IAP
Peter McGrath, Coordinador

Academias miembros de IANAS

Norteamérica

La Royal Society of Canada: Las Academias de Artes, Humanidades y Ciencias de Canadá
Maryse Lassonde, Presidente

Las Academias Nacionales de Ciencias
Marcia McNutt, Presidente

Academia Mexicana de Ciencias
José Luis Morán López, Presidente

América Central y el Caribe

Academia de Ciencias de Cuba
Ismael Clark Arxer, Presidente

Academia de Ciencias de la República Dominicana
Luis Sheker, Presidente

Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de Guatemala
María del Carmen Samayoa, Presidente

Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica
Pedro León Azofeifa, Presidente

Academia Nicaragüense de Ciencias
Manuel Ortega Hegg, Presidente

Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia
Martín Candanedo, Presidente

Academia Nacional de Ciencias de Honduras
Mario Lanza Santamaría, Presidente

Sudamérica

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela
Gioconda San-Blas, Presidente

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Enrique Forero, Presidente

Academia Brasileña de Ciencias
Luis Davidovich, Presidente

Academia Nacional de Ciencias del Perú
Abraham Vaisberg Wolach, Presidente

Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
Gonzalo Taboada, Presidente

Academia Chilena de Ciencias
María Teresa Ruiz, Presidente

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina
Roberto J.J. Williams, Presidente

Academia Nacional de Ciencias, Argentina
Juan Tirao, Presidente

Academia Nacional de Ciencias de Uruguay
Rafael Radi, Presidente

Academia de Ciencias del Ecuador
Paola Leone, Presidente

Miembros Regionales

Academia de Ciencias del Caribe
Winston Mellowes, Presidente

Primer Taller / México 2016

Academia Mexicana de Ciencias
Jaime Urrutia Fucugauchi, exPresidente, y Renata Villalba, Coordinadora Ejecutiva

Reunión de planificación / Perú 2017

Academia Nacional de Ciencias del Perú
Abraham Vaisberg Wolach, Presidente, y Gustavo González, Vice-Presidente

Apoyo / EUA 2016-2017

Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos
John Hildebrand, Secretario de Relaciones Exteriores, y John Border, Director Ejecutivo, Asuntos Internacionales

Contenido

Prólogo 13

Introducción 16

Resumen y principales conclusiones 19
Michael Clegg

Artículo especial 28
El papel del hemisferio occidental en la alimentación de un mundo más poblado
Henry J. Vaux (EUA)

Argentina 30
Seguridad alimentaria y nutricional en Argentina
Eduardo Dante Bianchi, María Cristina Añón, Eduardo Pagano, Martín Piñeiro, Carolina Szpak, Eduardo Trigo y Sergio Vaudagn

Bolivia 54
Seguridad alimentaria y nutricional en Bolivia: Retos para administrar sus enormes riquezas
Einstein Tejada Vélez, Marcelo Eduardo Arze García, Mónica Moraes R., Franklin Bustillos Gálvez, Daniela Raquel Larrazábal Vélez Ocampo, Andrés Trepp del Carpio, Lilibeth Leigue Arnéz, Gonzalo Ávila Lara, Jorge Blajos Kraljevic, Carlos Arturo Mariscal Padilla, Óscar Jesús Cabrera Coca y Jaime Manuel Ernesto Gutiérrez Guerra

Brasil 78
Seguridad alimentaria y nutricional en Brasil
Evaldo Ferreira Vilela, Elibio L. Rech Filho, Geraldo Bueno Martha Junior, Eliseu Roberto de Andrade Alves, Maurício Antônio Lopes, Élcio Perpétuo Guimarães, Paulo Renato Cabral, Cleber Oliveira Soares, Grácia Maria Soares Rosinha, Antônio Marcio Buainain, Marilia Regini Nutti y Geraldo Magela Callegaro

Artículo especial 114
Factores relacionados con el género y la seguridad/inseguridad alimentaria
Frances Henry (Canadá), Eduardo Bianchi (Argentina), Fiorella Bianchi (Argentina), Mónica Moraes R.(Bolivia), Zulema Lehm A. (Bolivia), Susana Raffalli (Venezuela) y María Tapia (Venezuela)

Canadá 124
Seguridad alimentaria y nutricional en Canadá
John Klironomos, Satinder Kaur Brar, Evan Fraser, Krishnamoorthy Hegde, Negin Kazemian, Ashley McInnes, Jeremy Nichol McNeil, Mitra Naghdi, Vinayak Pachapur, Mehrdad Taheran y Frances Henry

Caribe 160
Desafíos de la seguridad alimentaria y nutricional en el Caribe
Mark N. Wuddivira, Vidya de Gannes , Gerrit Meerdink, Nequesha Dalrymple y Shantelle Henry

Box 1 196
Aplicaciones de la Biotecnología: Posibles papeles y el camino a seguir en la seguridad alimentaria del Caribe
Vidya de Gannes y Mark N. Wuddivira (Trinidad y Tobago)

Chile 198
Agricultura sostenible y alimentos saludables en Chile
Carlos Muñoz Schick, Cristian Mattar, Roberto Neira, Marcos Mora, Jacqueline Espinoza, Óscar Seguel, Osvaldo Salazar, Rodrigo Fuster, L. Antonio Lizana, Cristian Cofré, Anna Pinheiro y Lorena Rodríguez

Colombia 220
Seguridad alimentaria y nutricional en Colombia
Elizabeth Hodson de Jaramillo, Jairo Castaño, Germán Poveda, Gabriel Roldán y Paul Chavarriaga

Box 2 250
La huella hídrica en el sector agrícola
Carolina María Rodríguez Ortiz y Claudia Patricia Campuzano Ochoa

Costa Rica 252
Retos para la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas. Costa Rica y su apuesta por la sostenibilidad
Víctor M, Jiménez, Catalina Acuña-Gutiérrez, Marilín Agüero Vargas, Alfredo Alvarado, María L. Ávila-Agüero, Marialis Blanco, Marcela Dumani, Patricia Esquivel, Andrés Gatica-Arias, Eric Guevara, Andrés Hernández-Pridybailo, Raquel Hernández Cordero, Andrea Holst, Karol Madriz, Julio F. Mata-Segreda, Olman José Quirós-Madrigal, Ricardo Radulovich, Álvaro Salas Chaves y Paul Solórzano Cascante

Cuba 274
La seguridad alimentaria y nutricional: Una visión cubana
María Teresa Cornide Hernández, Walfredo Arnaldo Torres de la Noval, Ramón de la Concepción Pichs Madruga, René Pablo Capote López y Amelia Capote Rodríguez

Ecuador 296
Seguridad alimentaria y nutricional de Ecuador
Nikolay Aguirre, Charles W. Barnes, María Eugenia Ordóñez y Jenny Ruales

Estados Unidos de América 324
Seguridad alimentaria y nutricional en los Estados Unidos de América
Michael F. Allen, Peter L. Morrell, Charles W. Rice, Henry J. Vaux, Clifford N. Dahm y Rebecca R. Hernández

Box 3 350
Problemas para la formulación de políticas públicas eficaces: El caso de la política de biocombustibles de los EUA
Henry V. Vaux (USA)

Guatemala 352
Seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala
Noel W. Solomons, Edwin Josue Castellanos, Florencio Rolando Cifuentes Velásquez, Silvana Maselli Conde, Mónica Ninnette Orozco Figueroa, Pamela Marie Pennington, Jack Clayton Schuster y Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Box 4 376
Los insectos como fuente de alimento
Jeremy McNeil

Honduras 378
Honduras: Corazón verde de Centroamérica
Carolina Alduvín, Napoleón Molina, Dinie Espinal, Carlos Almendares Ordóñez y Maritza Midence Moncada

México 398
Seguridad alimentaria y nutricional en México: Grandes retos para el Siglo XXI
Sol Ortiz García, Luis Herrera Estrella, Sol Guerrero Ortiz, Agustín López Munguía, Natalhie Campos Reales y Elizabeth Castillo Villanueva

Box 5 434
Mejora de la eficiencia en la producción a pequeña y mediana escalas: Uso de la simbiosis microbiana
Michael F. Allen (EE.UU.)

Nicaragua 438
La seguridad alimentaria y nutricional: Una oportunidad para el desarrollo sostenible de Nicaragua
Jorge A. Huete-Pérez, Manuel Ortega Hegg, Mario R. López, Mauricio Córdoba, Salvador Montenegro, Katherine Vammen, María J. Cortez y Ivania A. Cornejo

Panamá 470
Seguridad alimentaria y nutricional en Panamá: Retos y oportunidades para este siglo
Bruno Zachrisson, Ismael Camargo, Carlos Him, Enrique Murillo, Rodrigo Cambra y Dimas Arcia

Perú 488
Seguridad alimentaria y nutricional en Perú
Gustavo F. Gonzales, Ana Colarossi, Nicole Bernex, Verónica Rubín de Celis, Lidia Sofía Caballero-Gutiérrez y Fernando James Álvarez

Box 6 524
Perú: La tierra de los superalimentos
Verónica Rubín de Celis y Gustavo F. Gonzales

República Dominicana 526

Seguridad alimentaria y nutricional en la República Dominicana: Una visión para los próximos cincuenta años

Helmut Bethancourt, Jorge A. Tallaj, A., Lourdes Tapia Benoit, Pedro Pablo Peña, Ángel Roberto Sánchez, Elpidio Avilés Quizada, Rafael Pérez Duvergé, Anabel Kunhardt, Miguel J. Henríquez y Lidio Martínez

Uruguay 558

Uruguay, productor de alimentos para el mundo: Hacia una producción sustentable en una perspectiva de seguridad alimentaria y nutricional

María Cristina Cabrera, Laura Astigarraga, Omar Borsani, Gianfranca Camussi, Pablo Caputi, Miguel Carriquiry, Pablo Chilibroste, Milka Ferrer, Guillermo Galván, Fernando García Préchac, Lucía Grille, Carmen Marino Donagelo, Daniel Panario, Ali Saadoun, Pablo Soca, Valentín Picasso, Daniel Vázquez y Fernanda Zaccari

Box 7 592

Seguridad alimentaria con conservación ambiental: El caso de la ganadería pastoril en Uruguay

Laura Astigarraga y Valentín Picasso

Venezuela 594

Seguridad alimentaria y nutricional en Venezuela. Secuestro agroalimentario de un país: visión y compromiso

María S. Tapia, Marelia Puche, Alejandro Pieters, Juan Fernando Marrero, Santiago Clavijo, Alejandro Antonio Gutiérrez Socorro, Carlos Machado-Allison, Susana Raffalli, Marianella Herrera, Maritza Landaeta de Jiménez, José Félix Oletta, Juan Comerma, Óscar Silva, Marta Barrios, Aída Ortiz, Eladys Córcega, Enio Soto, Livia Pinto, Daniel Vargas, Víctor García, Juan Carlos Rey, Juan Carlos Aciego, Naghely Mendoza, Gerardo Fernández y Francisco Bisbal

Prólogo

La Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) reúne a las redes regionales de academias establecidas y propicia una nueva colaboración que garantiza que se escuche la voz de la ciencia en lo que concierne a las prioridades de la sociedad.

La lucha contra la desnutrición en sus diversas formas –desnutrición y deficiencias de micronutrientes, así como el sobrepeso y la obesidad- son problemas que enfrentan todos los países. La transformación de la producción agrícola hacia la sostenibilidad es un problema mundial directamente relacionado con los retos internacionales como la urbanización, empleo y reducción de la pobreza. Las academias internacionales de ciencias cuentan con una sólida e interesante historia en estas áreas. Por ejemplo, como se señala en la revista *Materialización de la promesa y el potencial de la agricultura africana,* del Consejo Inter-Académico de 2004, la ciencia es capaz de encontrar soluciones sostenibles a los desafíos que enfrentan los sistemas alimentarios mundiales y nacionales relacionados con la salud, la nutrición, la agricultura, el cambio climático, la ecología y el comportamiento humano. La ciencia también puede desempeñar un papel destacado posibilitando detectar prioridades estratégicas como es la competencia por el uso de la tierra para otros fines –a saber, la producción de energía, la urbanización o la industrialización–, pero vinculándolos con el medio ambiente en términos de uso de recursos y biodiversidad. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados por la ONU en 2015 ofrecen un marco político de vital importancia para comprender y enfrentar los desafíos, pero requieren un compromiso adicional de la ciencia para resolver las complejidades de las políticas y programas basados en la evidencia.

Es apremiante crear una masa crítica de investigación e innovación y movilizar este recurso para que brinde asesoramiento a los responsables de la formulación de políticas y otras partes interesadas. Las Academias de Ciencias de todo el mundo se han comprometido a fortalecer la base empírica con objeto de mejorar la seguridad alimentaria y nutricional a nivel mundial, regional y nacional. El trabajo colectivo de las Academias pretende propiciar el aprendizaje entre las diversas regiones y demostrar la manera como aquellas son capaces de contribuir a compartir e introducir buenas medidas orientadas a solucionar asuntos polémicos, desarrollar y transmitir la base de evidencia e informar sobre las opciones a elegir en cuanto a políticas. La iniciativa actual de la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) es revolucionaria porque integra las perspectivas regionales y aprovecha lo mejor de la ciencia. En este proyecto, utilizamos el poder de convocatoria, recopilación de pruebas, análisis y asesoramiento de las academias para explorar las múltiples formas que existen de aumentar la seguridad alimentaria y nutricional, e identificar los planes de investigación adecuados para las comunidades científicas, así como las oportunidades de inversión para la política científica. Una parte fundamental de este trabajo es determinar la forma como la investigación, dentro y a través de las diversas disciplinas, puede contribuir a resolver los problemas en la interfaz ciencia-política, por ejemplo, como la evaluación y el fortalecimiento de la conexión entre la agricultura, la nutrición y la salud. Los sistemas

alimentarios se encuentran en una etapa de transición y nuestro diseño de proyecto ha empleado un enfoque integrador de sistemas alimentarios que contemple, desde diferentes perspectivas, todos los pasos en cuestión, desde el cultivo hasta el procesamiento, el transporte, la comercialización, la compra y el consumo, la eliminación o el reciclaje de residuos de alimentos.

Se formaron cuatro grupos de trabajo paralelos de la red académica regional: en África (NASAC), en las Américas (IANAS), en Asia (AASSA) y en Europa (EASAC). Cada uno tuvo claro el objetivo de analizar las circunstancias actuales y las proyecciones futuras, así como compartir la información, aclarar asuntos controversiales e identificar las lagunas de conocimiento; todo ello para ofrecer consejos sobre las opciones de políticas y prácticas a nivel nacional-regional con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos disponibles. Cada equipo de trabajo se integró con expertos de toda la región designados por las Academias miembros de la IAP, y para su selección se consideró su habilidad para aportar un justo equilibrio entre experiencia y conocimientos científicos. El proyecto es novedoso por su formato regional y su compromiso de catalizar la interacción continua entre las regiones, y dentro de ellas, con objeto de compartir el conocimiento y apoyar la puesta en marcha de buenas prácticas.

Estos cuatro grupos regionales colaboraron de forma análoga y avanzaron desde un punto de partida común representado por el modelo autorizado por la IAP de los temas principales. Entre estos, los principales que se analizaron fueron las oportunidades científicas relacionadas con los siguientes rubros:

- Garantía de la producción sostenible de alimentos (tierra y mar), dietas sostenibles y comunidades sostenibles, incluyendo asuntos relacionados con la transformación agrícola frente a la creciente competencia por el uso de la tierra;
- Promoción de los sistemas de alimentos saludables y aumento del enfoque en la nutrición, con un mayor énfasis en la calidad del régimen alimentario, los grupos vulnerables y las decisiones informadas;
- Identificación de los recursos que fomenten la resiliencia, incluida la resiliencia de los ecosistemas y los mercados internacionales;
- Respuesta y preparación ante el cambio climático y otros cambios ambientales y sociales.

Cada uno de los grupos regionales decidió el grado relativo de esfuerzos que destinaría a los diferentes temas y a los diversos elementos dentro del enfoque de sistemas integrales de alimentos, de acuerdo con las necesidades y la experiencia locales.

Las cuatro redes ya han publicado sus resultados regionales como parte de su plan para interactuar con los responsables de la formulación de políticas y las partes interesadas a nivel regional y nacional. Asimismo, estos resultados individuales se usarán como recursos comunes para informar sobre la elaboración de un quinto informe de análisis de la IAP a nivel internacional. Este quinto informe abordará asuntos interregionales, conectividades locales y globales, y temas relativos a la interfaz ciencia-política que las instituciones intergubernamentales y otros organismos con funciones y responsabilidades internacionales deben tomar en cuenta. Pretendemos que el proyecto de la IAP sea emblemático y agregue valor a la gran cantidad de trabajo que muchos otros grupos ya han realizado.

Esta particularidad se logrará mediante la capitalización de los logros ya alcanzados en el trabajo regional y en la exploración de los fundamentos que dan origen a las diferencias en las evaluaciones y conclusiones regionales. Continuaremos recopilando información a partir de la integración del amplio espectro de las disciplinas científicas y los contextos nacionales y regionales.

Este proyecto fue pensado para despertar el interés de las cuatro redes regionales en el análisis y síntesis de acuerdo con su propia experiencia, tradiciones y prioridades políticas establecidas, para identificar un vínculo obvio con la evidencia disponible y al mismo tiempo manteniendo su observancia de los estándares académicos comunes. El proyecto en su conjunto, y en sus partes regionales, también contó con el apoyo de la necesaria evaluación y control de calidad, en especial a través de procedimientos de revisión por pares.

Se esperaba que las regiones pudieran identificar soluciones diferentes a problemas comunes: consideramos esta heterogeneidad una cualidad del novedoso diseño del proyecto. Estuvimos en lo correcto. Si bien los resultados regionales varían en enfoque, contenido y formato, los cuatro ofrecen valiosas evaluaciones. Están personalizados de acuerdo con las circunstancias regionales específicas, pero considerando los contextos internacionales y todos pueden incluirse en el modelo inicial de la IAP. Esta última etapa común de clasificación, coordinación y re-análisis de la IAP se encuentra en su etapa inicial. De acuerdo con nuestra evaluación provisional, el proyecto se encuentra avanzando de forma satisfactoria hacia el logro de los objetivos dobles de (i) catalizar los debates y las acciones nacionales y regionales, e (ii) informar sobre el análisis global y la toma de decisiones.

Recibiremos con agrado sus comentarios sobre nuestros resultados regionales y sobre la mejor forma de unirnos a otros para ampliar el diálogo y poner a prueba nuestras recomendaciones. También nos gustará escuchar su opinión en cuanto a las prioridades a las que actualmente se debe prestar mayor atención a nivel global, los puntos que se han omitido y que no debieron omitirse, y la manera como se podrían buscar nuevos cursos de acción.

Aprovechamos esta oportunidad para agradecer a los muchos expertos científicos, incluidos los científicos más jóvenes, que han aportado su tiempo, esfuerzo y entusiasmo a nuestros grupos de trabajo regionales, pues han contribuido enormemente a que este ambicioso proyecto cumpla su promesa de convertirse en uno original y único. Agradecemos a nuestros evaluadores su visión y apoyo, y a todas nuestras Academias y redes regionales, así como a nuestra Secretaría Central, por su inquebrantable compromiso con este trabajo de la IAP. También deseamos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) por su generoso financiamiento para el proyecto.

Krishan Lal y Volker ter Meulen
Co-Presidentes, Red Mundial de Academias de Ciencias

Introducción

De acuerdo con las Naciones Unidas, se estima que la población mundial alcanzará los 9.8 mil millones en 2050, aumentando casi un 30% en los próximos 32 años de su actual nivel de 7.6 mil millones en 2017. Además, se prevé que la demanda de alimentos aumente con mayor rapidez, más o menos en 50%, como resultado del efecto conjunto del incremento demográfico y un mejoramiento de la calidad de vida. Si tomamos estos números al valor nominal, el sistema agrícola global tendrá que aumentar su producción de alimentos por lo menos un 50% durante poco más de una generación. Además, el suministro de alimentos deberá ser más nutritivo para lograr reducir el sistema de salud y los costos humanos asociados con la desnutrición y la actual epidemia de obesidad, lo que requerirá nuevas mezclas de cultivos, sistemas de producción más eficaces y cambios importantes en las industrias agroalimentarias. Todo esto deberá lograrse con aumentos mínimos de tierras cultivables y sin acelerar la degradación ambiental.

Para evaluar la probabilidad de satisfacer las necesidades mundiales de alimentos y nutrición para el año 2050, el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania encargó a la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP) llevar a cabo un ambicioso proyecto global de evaluación del papel de la ciencia, la tecnología y la innovación frente a los retos de la seguridad alimentaria y nutricional. La IAP decidió poner en marcha el proyecto al solicitar a sus cuatro redes regionales de academias de ciencia que llevaran a cabo evaluaciones separadas con objeto de obtener informes regionales que posteriormente se integrarán en un informe global. Este libro representa la evaluación de la seguridad alimentaria y nutricional (FNS) en el hemisferio americano que realizaron las academias de ciencia de las Américas a través de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS).

Por consiguiente, el libro representa un decidido esfuerzo de colaboración entre todas las academias de ciencia de las Américas y la participación de más de 200 expertos en FNS. Para dar inicio al proyecto sobre Seguridad Alimentaria y Nutricional (FNS), IANAS convocó a más de 80 expertos de 21 países y la región del Caribe de la Academia Mexicana de Ciencias para intercambiar opiniones sobre el futuro de la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas, del 18 al 20 de septiembre de 2016. El grupo decidió elaborar evaluaciones de los diferentes países que darán lugar a un resumen regional. Este plan de acción ha dado muy buenos resultados en publicaciones de IANAS sobre el agua y parecía ser la mejor estrategia, ya que la política de FNS se define a nivel nacional y esta estrategia podría proporcionar retroalimentación relevante de forma directa a los responsables de formular las políticas nacionales.

El libro se compone de 22 capítulos que evalúan el estado de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de cada uno de los principales países de las Américas, incluida la región del Caribe. También incluye casos intermedios que consideran importantes temas generales, como el papel del género en la Seguridad Alimentaria y Nutricional, las oportunidades

tecnológicas, el potencial con que cuentan las Américas para ayudar a alimentar a un mundo cada vez más poblado, así como los desafíos políticos. El libro se encuentra en formato PDF en español e inglés en el sitio web de IANAS (ianas.org).

Las principales conclusiones fueron que la ciencia, la tecnología y la innovación desempeñaron un importante papel en afrontar los retos presentados por la seguridad alimentaria y nutricional en el siglo XX y que también constituirán un elemento crucial para satisfacer estas necesidades en el siglo XXI. Las Américas tiene la suerte de contar con una riqueza de recursos naturales y sólidas instituciones de ciencia, tecnología e innovación. Los principales desafíos se encuentran en la implementación de prácticas sostenibles y la reducción al mínimo de la degradación del medio ambiente. El agua es un recurso limitante importante que requerirá que la ciencia, la tecnología y la innovación desarrollen mejores estrategias de manejo y conservación de ésta. La deforestación y la degradación de los suelos continúan presentando un desafío. Es necesario invertir en infraestructura científica para garantizar un mayor progreso. Se puede y se debe hacer mucho por mejorar el transporte y otras infraestructuras y así minimizar el desperdicio de alimentos. Existe una gran necesidad de una mayor colaboración y coordinación regional con respecto a la ciencia, la tecnología y la innovación y una necesidad permanente de formación de jóvenes talentosos que reemplace a una generación que está retirándose de este campo. El progreso científico es sólo una parte de la solución al multifacético problema de la seguridad alimentaria y nutricional. Será esencial contar con una política sólida basada en la evidencia que aborde las necesidades y oportunidades futuras de forma eficaz. Tomado en su totalidad, el informe muestra que si se maneja de forma adecuada, las Américas cuenta con todos los elementos necesarios para afrontar los retos del futuro en cuanto a seguridad alimentaria y nutricional y colaborar con otras áreas menos afortunadas del mundo.

Deseamos agradecer la generosa colaboración de la Red Mundial de Academias de Ciencias y la Academia Mexicana de Ciencias. IANAS ha tenido la suerte de contar con un magnífico equipo de traductores, editores y expertos en diseño, dirigido por Adriana de la Cruz (Directora Ejecutiva de IANAS), que ha colaborado con la Academia Mexicana de Ciencias en la realización de este trabajo. Debemos una mención especial a Adriana y a su equipo por su esmero y excelente trabajo.

Juan A. Asenjo
Subdirector de IANAS

Jeremy McNeil
Subdirector de IANAS

Michael Clegg
Coordinador de Proyecto

Resumen y principales hallazgos

Las Américas son heterogéneas con respecto a clima, topografía, prácticas agrícolas, retos en términos de salud y nutrición, investigación y desarrollo educativo, e instituciones gubernamentales. A pesar de esta heterogeneidad, hay una serie de aspectos generales que surgen de la evaluación de la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas elaborada por IANAS. La primera conclusión fundamental es que la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) han desempeñado y seguirán desempeñando un papel clave en el desarrollo agrícola, el suministro de alimentos nutritivos y el aseguramiento de la seguridad alimentaria. Una segunda es que las Américas, como muchas otras regiones del mundo, enfrentan grandes desafíos en términos de degradación ambiental, incluida la degradación de los recursos básicos hídricos y terrestres. Hacer frente a estos desafíos requerirá de una inversión continua en CTI, junto con la capacitación adecuada que dé lugar a una nueva generación de profesionales calificados, así como la implementación de políticas basadas en la evidencia más eficaces a nivel gubernamental e intergubernamental. Por último, es indispensable contar con una mayor cooperación internacional si hemos de lograr la seguridad alimentaria y nutricional para todos los países y pueblos.

Se presentan las principales conclusiones de la evaluación de seguridad alimentaria y nutricional (FNS, por sus siglas en inglés) en las Américas en un formato breve y sucinto. Los detalles que respaldan estos resultados y sus conclusiones se pueden encontrar en las evaluaciones de los capítulos que se presentan a continuación.

Las Américas son una región privilegiada por su excepcional abundancia de recursos naturales. La riqueza de la región en agrobiodiversidad, tierras de cultivo y disponibilidad de agua, constituyen importantes ventajas para el futuro.

- La región de América Latina es una superpotencia en términos de biodiversidad que incluye a cinco de los diez países con mayor biodiversidad del mundo.
- América Latina es el mayor exportador neto de alimentos del mundo, donde 18 países de América Latina y el Caribe son importadores netos de alimentos.
- América del Norte es el segundo mayor exportador neto.
- La acuicultura se ha convertido en una industria importante en países como Canadá, Chile, México, Perú, Argentina y Ecuador.
- Más de 85% de todos los cultivos biotecnológicos y transgénicos se siembran actualmente en las Américas y han proporcionado significativos beneficios ambientales por su bajo uso de herbicidas, sus nulas o casi nulas prácticas de labranza, una mayor productividad por unidad de superficie y la disminución de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- La región de las Américas cuenta con un gran potencial de crecimiento en producción de alimentos.

Existe una considerable diversidad entre los sistemas nacionales de investigación agrícola, la infraestructura, las inversiones en capital humano, la capacidad financiera y los papeles que desempeñan los sectores público y privado en el suministro de herramientas de CTI. Se incluyen algunos aspectos cruciales como los siguientes:

- Si bien la capacidad de la CTI es considerable en los países más grandes de las Américas, no ha tenido el mismo auge en muchos países pequeños por lo que la cooperación regional es especialmente importante. Las universidades son decisivas en la capacitación de capital humano para los sistemas alimentarios y son fuentes clave de investigación e innovación en casi todos los países.
- La práctica de apoyar el intercambio internacional en educación de posgrado para la agricultura y temas relacionados ha existido desde hace mucho tiempo, pero la participación de los Estados Unidos de América (EUA) ha disminuido, aunque el aumento de oportunidades en Brasil y varios países europeos ha compensado este hecho. En general, estas prácticas de intercambio no se han formalizado en acuerdos gubernamentales internacionales y el acceso a la infraestructura y el apoyo financiero varía mucho entre los países.
- En términos generales, la colaboración entre las universidades y los centros de investigación no es sólida, por lo que es importante establecer vínculos más estables y dinámicos. Los centros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) –como el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia), el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo en México) y el IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica)– son excepciones, ya que conectan la investigación agrícola en América Latina con el mundo.
- La inversión pública es fundamental para la investigación agrícola en todos los países de la región. Con todo, en muchos países de las Américas, la inversión está muy por debajo del promedio de los países más desarrollados e incluso por debajo de los niveles recomendados por organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Muchos países no cuentan con bases de datos adecuadas que caractericen el estado de su sistema agrícola y no existe suficiente información estadística sobre el sector.
- En general, los países de las Américas no se han integrado lo suficiente en materia de políticas comerciales y económicas. Un primer paso importante es que la Red Regional de Sistemas Públicos de Suministro y Comercialización de Alimentos de América Latina y el Caribe (LAC) promueva la producción y comercialización inclusiva y eficiente creada en 2015 por Brasil, Bolivia, Chile, Costa Rica, Ecuador y San Vicente y las Granadinas, pero se requiere tomar más acciones.
- Existen muy pocas empresas privadas en el campo de la agricultura o biotecnología agrícola que cuenten con sus propios programas de investigación en la mayoría de los países de la región. La excepción es EUA, donde aproximadamente 60% de la inversión en investigación agrícola proviene del sector privado. Le sigue Canadá con aproximadamente 12% de inversión del sector privado.
- Las redes de colaboración eficaces entre los centros de investigación y las empresas privadas son indispensables para que los esfuerzos encaminados a la ciencia y la tecnología se centren en la solución de problemas relacionados con las necesidades del sector productivo.
- En muchos países, el vínculo entre la investigación científica y las necesidades de la seguridad alimentaria y nutricional de las poblaciones vulnerables es precario.

- La reducción de la pérdida y desperdicio de alimentos es una tarea conjunta en la que todos los actores –productores, distribuidores, minoristas, consumidores, instituciones de investigación y gobiernos– deben participar de manera decisiva.
- La identificación y corrección de las enormes deficiencias de los sistemas agroalimentarios de muchos países de las Américas constituyen un plan de acción impostergable que puede llevarse a cabo de la mejor manera en un marco de cooperación interregional.

El uso eficiente de los recursos hídricos es indispensable para el crecimiento futuro de la producción de alimentos, la salud pública y la calidad de vida en las Américas.

- La mala calidad y el manejo ineficiente del agua se encuentran entre los mayores desafíos ambientales de las Américas. Estas son ricas en recursos hídricos, pero las mejoras basadas en la CTI para la gestión del agua, en especial con respecto a la optimización de la eficiencia del riego, son imprescindibles para lograr el potencial de producción de alimentos de la región.
- Las sequías periódicas agravan los problemas de gestión del agua y los periodos de altas precipitaciones dan lugar a un uso excesivo, seguido de un difícil recorte económico en periodos de escasez.
- La calidad del agua se degrada cada vez más debido a contaminantes no deseados, incluyendo patógenos, fertilizantes, pesticidas, materiales vegetales descompuestos, sedimentos suspendidos y otros contaminantes como combustibles y solventes. Los escurrimientos en arroyos y lagos ocasionan un enturbiamiento que perjudica a los peces y agrega materiales que, a la larga, reducen el volumen de lagos y embalses. La eutrofización de las aguas superficiales por insumos agrícolas como el fósforo y el nitrógeno es un problema continuo.
- El enfoque se está cambiando de la productividad de la tierra a la productividad del agua, lo que requiere cambios en los patrones de cultivo, novedosos métodos de riego, estrategias de mejoramiento de cultivos, nuevas políticas y una mayor inversión en investigación y desarrollo de capacidades.
- Es necesario desarrollar e implementar instituciones y protocolos para la gestión de aguas subterráneas. Estas son muy importantes ya que actúan como solución amortiguadora de la sequía y complementan los suministros de la superficie. Existen muchos ejemplos en las Américas donde los recursos de aguas subterráneas se agotarán de forma prematura, de no gestionarse adecuadamente.

El agua, los alimentos y la energía son recursos interdependientes que requieren de una gestión más integral.

- Es importante identificar las formas de energía que utilizan grandes cantidades de agua para poder reemplazarlas poco a poco por otras que sean capaces de reducir el uso de este líquido.
- Las innovaciones en la producción de energía solar y eólica no tienen casi ningún impacto en el agua.
- Los requerimientos de agua para regar cultivos para biocombustibles, en general, son muchos más que los que se requieren para la extracción de combustibles fósiles. Los subsidios basados en biocombustibles, que incentivan a los agricultores a bombear acuíferos a tasas insostenibles, han llevado al agotamiento de las reservas de agua subterránea, por lo que esta práctica debe prohibirse.

La región de América Latina continúa experimentando una deforestación masiva con su consecuente degradación ambiental. Las mayores pérdidas netas (3.6 millones de hectáreas/año) se registraron entre 2005 y 2010 y se produjeron en Sudamérica.

- En todos los países, el cambio de uso de bosques a tierras de cultivo aumenta los procesos erosivos y tiene un impacto extremadamente negativo en las masas de agua y las zonas ribereñas que, a su vez, dan lugar a mayores tasas de sedimentación, eutrofización y a una menor capacidad de regulación del régimen hidrológico, lo que aumenta los riesgos de intensidad de las inundaciones. La deforestación también es una de las principales causas de acumulación de gases de efecto invernadero y, por tanto, un causante del cambio climático.
- La mayoría de las zonas de las Américas enfrenta grandes desafíos como consecuencia de la destrucción y la fragmentación del hábitat. Esto se debe al aumento de la frontera agrícola, la urbanización, el turismo y otros desarrollos urbanos y comerciales, combinados con los cambiantes hábitos de consumo.
- La deforestación presente en muchas zonas de las Américas tiene un alto impacto en la calidad de vida, en especial la de las poblaciones pobres y rurales.
- La deforestación se compone de múltiples factores económicos y sociales: (1) crecimiento de la población, (2) cambios en el uso de la tierra (aumento de la frontera agrícola), (3) expansión económica insostenible, (4) pobreza y (5) corrupción.

La investigación sobre el cambio climático es fundamental, no solo porque la agricultura es una fuente importante de GEI, sino también para desarrollar estrategias de adaptación y mitigación climática en todos los países.

- La abundancia, incidencia y severidad de los ataques de plagas y enfermedades es una de las principales amenazas previsibles del cambio climático.
- La preservación *in situ* y *ex situ* de los recursos genéticos locales es una protección importante contra el cambio climático.
- El Caribe enfrenta un mayor riesgo en términos de degradación ambiental y desastres relacionados con el clima. Esta es también la región más vulnerable en cuanto a inseguridad alimentaria y nutricional, ya que depende en gran medida de las importaciones y su economía es precaria y diversificada. Se debe prestar mayor atención a las necesidades específicas de la región del Caribe.
- El enfoque que se tiene en las estadísticas climáticas promedio distrae la atención del hecho de que son los fenómenos extremos los que causan mayor daño. Una buena gestión de los fenómenos extremos es de suma importancia, así como estar conscientes de que lo que antes se creía que eran eventos que ocurrían cada 100 años, actualmente es probable que sucedan cada diez o menos años. Las estrategias para minimizar el riesgo serán recursos imprescindibles.

Un desafío clave del futuro será la producción de alimentos más sanos sin aumentar las zonas agrícolas mientras que al mismo tiempo se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y los desechos.

- Con base en la clasificación de 25 países del Índice de Sostenibilidad Alimentaria 2016 (incluye medidas de desecho de alimentos, agricultura sostenible y desafíos nutricionales), los países de las Américas clasificados se ubicaron en los niveles medios a bajos: Colombia 10, EUA 11, Argentina 14, México 15 y Brasil 20. Esto sugiere que existen buenas oportunidades de mejora en las Américas.

- La adopción del modelo de economía circular de reducción, reutilización y reciclaje en la producción será un importante avance. Este modelo deberá promover la sostenibilidad y fomentar el proceso de valor agregado para productos como alimentos procesados, probióticos, prebióticos, nutracéuticos, bioenergías y biomateriales, que de esta forma ayudarán a fortalecer y diversificar las economías locales.
- Las tecnologías modernas –como los cultivos biotecnológicos y la agricultura de precisión– son fundamentales para producir alimentos más sanos sin aumentar la superficie agrícola y, al mismo tiempo, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y los desechos.
- Empero, la adopción de las tecnologías modernas se ha visto frenada por las limitaciones en infraestructura que son comunes a todos los países de las Américas. Estas limitaciones tienen que ver con el desarrollo de sistemas de riego adecuados, una capacidad de almacenamiento de agua y alimentos conveniente, la existencia de suficientes sistemas de transporte y carreteras, y la debida inversión en instituciones productoras de CTI.
- La inteligencia de datos y la tecnología de la información (TI) moderna ofrecen excelentes oportunidades para poder avanzar en las prácticas de gestión sostenible. Estos métodos pueden ser de gran valor para anticipar y mitigar los impactos relacionados con el clima, así como mejorar la eficiencia del uso del agua y la eficiencia agrícola.

La desnutrición, la inseguridad alimentaria y la obesidad coexisten en mayor o menor grado, al igual que las enfermedades crónicas relacionadas con la obesidad.

- Durante los últimos diez años, la reducción de la pobreza y la desnutrición se han asociado con un aumento de la obesidad en varios países de las Américas. Así, la reducción de la pobreza es una condición necesaria, pero no suficiente para una alimentación adecuada y saludable.
- Las enfermedades no transmisibles (ENT) son la principal causa de morbilidad y mortalidad en EUA, Argentina, Uruguay y Chile e imponen costos excesivos en los sistemas de salud.
- Es necesario realizar más investigación sobre el comportamiento, con objeto de determinar la forma en que se eligen los alimentos, así como la manera en que eso puede modificarse, al tiempo que se integran en el sistema de producción de alimentos las mejores prácticas basadas en la ciencia.
- También es indispensable identificar e incorporar en las políticas el papel clave que el género desempeña en la producción de alimentos y su preparación, así como en la alimentación y selección de alimentos.
- Existe una gran necesidad de sistemas más eficientes de purificación y distribución del agua. El agua potable segura continúa siendo un problema importante en las Américas, el cual está directamente relacionado con la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).

El progreso de las Américas en el último cuarto de siglo ha sido impresionante y la CTI han desempeñado un importante papel en las mejoras relacionadas con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). La CTI continuarán desempeñando un papel decisivo en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para 2030, pero el avance dependerá, en parte, de una mayor cooperación regional y mundial en CTI y, en parte, del diseño de marcos de política más uniformes.

- La CTI son esenciales, no sólo para la consecución de la seguridad alimentaria y nutricional, sino también para erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente y acelerar la diversificación y la transformación de las condiciones económicas.
- Cada vez más, la agricultura se percibe como un sector dinámico impulsado por la CTI en la transformación de las economías nacionales a futuro. Sin embargo, será importante generar un marco ampliado para la cooperación y coordinación de la CTI en las Américas con respecto a la seguridad alimentaria y nutricional.
- Las inversiones en investigación agrícola que se han efectuado en el pasado han culminado en altos rendimientos (estimados en 20 a 40 veces en todo el mundo), pero las tasas de ganancia han ido disminuyendo a medida que el potencial de las tecnologías más antiguas (por ejemplo, la revolución verde) se explota plenamente. Un paquete completo de nuevas innovaciones tecnológicas ofrece grandes posibilidades para la mejora de plantas y animales en el futuro. Estas nuevas innovaciones incluyen un uso más eficiente del agua y los nutrientes, mayores rendimientos, métodos más eficientes contra plagas y enfermedades, la integración de la robótica con inteligencia de datos y algoritmos avanzados para una gestión más eficiente, además de la adopción de mejores prácticas en el sector agrícola. Será de suma importancia acelerar el paso para que estas mejoras se conviertan en una realidad.

Por sí solas, la CTI no pueden lograr todos los avances en seguridad alimentaria y nutricional necesarios para el futuro. Los avances que éstas logren, combinados con una política eficaz basada en la evidencia, deberán implementarse de forma general en las Américas.

- Nunca se subrayará suficiente el importante papel que la gobernabilidad y las políticas públicas desempeñan en la consecución de la seguridad alimentaria y nutricional y el apoyo que brindan para el desarrollo de políticas agrícolas más sostenibles. Basta considerar la situación actual en Venezuela, donde un país que cuenta con abundantes recursos sufre escasez de alimentos debido a sus ineficientes políticas públicas.
- Existe un equilibrio entre los sistemas agrícolas de alta inversión y alta eficiencia y la agricultura a pequeña escala en muchos países de las Américas. Esta solución de compromiso social representa un importante problema de política pública.
- Desde un punto de vista histórico, el comercio de productos agrícolas se ha distorsionado debido a los subsidios y obstáculos que impiden el acceso a los mercados. Estas distorsiones deberán reducirse en un futuro.
- La mayoría de los países de las Américas necesitan mejores políticas y una mayor vigilancia y control que fomenten la sostenibilidad de los bosques, las aguas marinas, las aguas interiores y subterráneas, así como todos los demás ecosistemas terrestres y su biodiversidad.
- La erradicación de la pobreza y la seguridad alimentaria y nutricional son objetivos estrechamente vinculados que se deben tratar de conseguir de forma simultánea.
- Es necesario considerar los efectos secundarios de las políticas agrícolas, como la migración de la población rural a los centros urbanos y los impactos en el uso y conservación de la tierra.
- Las regulaciones relacionadas con el uso de plaguicidas, el uso excesivo de antibióticos, la agricultura orgánica y la reducción del desperdicio de alimentos son inadecuadas en muchos países.

- Es necesario perfeccionar la reglamentación basada en la evidencia para combatir las ETA de forma más eficaz.
- Los donadores internacionales y las ONG juegan un papel muy importante en el avance de la salud alimentaria y nutricional basado en la CTI en muchos países de las Américas.
- Debe explorarse la posibilidad de contar con una mayor participación de la Organización de los Estados Americanos (OEA) que haga posible los métodos basados en la CTI que acompañan a la seguridad alimentaria y nutricional.
- Las organizaciones como IANAS también pueden contribuir a acelerar el avance mediante acercamientos con los responsables de la formulación de las políticas nacionales y apoyando activamente las políticas de seguridad alimentaria y nutricional basadas en la evidencia. IANAS cuenta con una notable presencia en la mayoría de los países de las Américas a través de las Academias Nacionales de Ciencias.

Es necesario vigilar y entender el cambio de la inversión en CTI que poco a poco se ha transferido del sector público al privado, para poder priorizar las brechas en el apoyo público.

- La poca participación del sector privado en la investigación en la mayoría de los distritos se considera una enorme deficiencia.
- Es necesario contar con mejores métodos de información a los responsables de las políticas nacionales y al público en general sobre los avances en materia de CTI, así como sobre las oportunidades de inversión.

El desafío para las Américas será conservar su capacidad de alimentar y nutrirse de forma adecuada, al mismo tiempo que contribuyen al suministro de alimentos para el resto del mundo.

Michael Clegg
Coordinador de Proyecto

El reto para las Américas será mantener la capacidad de alimentarse y nutrirse adecuadamente mientras contribuyen sustancialmente a los suministros alimentarios disponibles para el resto del mundo

Artículo Especial

El papel del hemisferio occidental en la alimentación de un mundo más poblado

Henry J. Vaux (EUA), Profesor y Vicepresidente Asociado Emérito de la Universidad de California.

Los patrones actuales de seguridad alimentaria y nutricional en el hemisferio occidental son razonablemente positivos en comparación con otras regiones del mundo. Si bien hay localidades y subregiones que enfrentan deficiencias alimentarias y nutricionales, el panorama general del hemisferio es uno de excedentes alimentarios y existe una muy buena posibilidad de alcanzar la seguridad alimentaria a futuro.

Considere la información sobre la producción y exportación de algunos de los principales productos agrícolas de las Américas:

- Tres de los 7 principales países exportadores de trigo a nivel mundial se encuentran en las Américas.
- Siete de los 20 principales países exportadores de trigo a nivel mundial se encuentran en las Américas.
- Dos de los primeros 10 y tres de los 20 principales países importadores de trigo de todo el mundo se ubican en las Américas.
- En el caso del maíz, los tres principales exportadores se ubican en las Américas.
- Argentina, Brasil, EUA y Paraguay encabezan las exportaciones de harina de soya.
- Perú y Chile encabezan las exportaciones de harina de pescado a nivel mundial.

Estos datos revelan el importante papel que desempeña actualmente el hemisferio occidental en la alimentación del resto del mundo. Además, aquel parece gozar de una situación envidiable en cuanto a producción para atender sus problemas alimentarios y nutricionales en el futuro, al igual que los de otras partes del mundo. Las proyecciones de línea media de la Oficina de Referencia de la Población indican que la población mundial crecerá 36% entre 2013 y 2050; esto se traduce en una tasa de crecimiento anual de 1.2%. Para 2050 habrá 2,600 millones más de bocas que alimentar de las que había en 2013. En el caso del hemisferio occidental se proyecta que la población crecerá 28% durante el mismo período. Con excepción de Centroamérica, las tasas de crecimiento nacional serán inferiores a la tasa de crecimiento global prevista. Se estima que las tasas de crecimiento económico, aunque más inciertas, serán positivas para el hemisferio y el resto del mundo. El crecimiento económico dará impulso a un aumento de la demanda de alimentos y fibra y, a medida que los ingresos aumenten, también cambiará el patrón de la demanda alimentaria.

Zehnder (2002) identifica los países y regiones en los que se concentrará el crecimiento de la población. Afirma que es poco probable que la mayoría de esos países cuenten con suficientes recursos (agua y, hasta cierto punto, tierra) para aumentar la producción de alimentos necesaria que satisfaga las necesidades de una población en crecimiento. Vorosmarty *et al.* (2010) han identificado amenazas globales a la seguridad del agua. Su análisis revela que incrementará el número de países con poca agua para la agricultura en 2050. Estos análisis indican que los problemas de insuficiencia de tierras, agua y alimentos que se cultivan en cada país se podrían resolver a través de un mayor comercio internacional de productos agrícolas. A menos que ocurra una guerra catastrófica a nivel mundial o un aislamiento generalizado de los estados-nación, es probable que la economía agrícola del mundo se globalice. En un mundo así, las dificultades que plantean la insuficiencia de recursos y de capacidad productiva de cada uno de los países pueden convertirse en un problema global cuya solución recaería en manos de los países que cuentan con suficientes alimentos y recursos hídricos.

Bajo estas circunstancias que se dejan entrever actualmente, las Américas probablemente continuarán siendo una de las tres áreas o regiones que se encontrará en condiciones de producir cantidades suficientes de alimentos para exportar a los países que no cuentan con esta capacidad. Las otras áreas son Europa y las ex-repúblicas de la URSS, como Ucrania. Para que las Américas alcancen su pleno potencial y puedan ayudar a suministrar alimentos para exportación, es necesario implementar las políticas adecuadas en los países con déficits alimentarios, al igual que en aquellos con suficiencia de alimentos, si el problema ha de solucionarse a nivel mundial. El desafío para las Américas será conservar su capacidad de alimentar y nutrirse adecuadamente al mismo tiempo que contribuyen a suministrar alimentos para el resto del mundo.

Es importante darse cuenta de que es necesario adaptar las políticas a las circunstancias específicas de cada país y región. No obstante, existen varios ámbitos políticos que necesitarán de toda la atención posible en las Américas y el resto del mundo.

- Es necesario implementar políticas eficaces que faciliten el comercio internacional y el flujo de productos, herramientas y conocimientos especializados. A pesar de la importancia de los mejores flujos comerciales, la ayuda humanitaria continuará siendo un factor relevante, especialmente en situaciones a corto plazo.
- Las políticas que hagan posible la promoción de los adelantos técnicos, incluyendo una mayor promoción de la biotecnología y sus beneficios, resultarán de gran ayuda.
- También se necesitarán políticas que sustenten el desarrollo y agilicen una gestión eficaz y eficiente de la agricultura y de los recursos de los cuales esta depende.
- Será crucial contar con políticas que promuevan la gestión y protección eficaz de los recursos hídricos –entre ellos, las aguas subterráneas–, a fin de conservar los sistemas agrícolas en buenas condiciones.
- También será esencial impulsar políticas dirigidas a descubrir e implementar nuevas formas de mejorar la nutrición y educar a los consumidores.
- Las políticas dirigidas a mejorar la productividad agrícola, tanto en los países desarrollados como los que están en vías de desarrollo, serán un factor crucial.

Bibliografía

Vorosmarty, C.J., P.B. McIntyre, M.O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prosevich, P. Green, S. Glidden, S.A. Sullivan, C. Reidy Leimann and P.M. Davies (2010). Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity. *Nature* 467, 555-561, Sept. 2010.

Zehnder, A.J.B. (2002). Wasserrssourcen und Bevolkerungsentwicklung. *Nov Acta Leopoldina* NF 85(323): 399-418.

Fotografía de Henry J. Vaux

Seguridad alimentaria y nutricional en Argentina

Viñedos en Maipú, provincia de Mendoza, Argentina © Shutterstock

Argentina

[1] Eduardo Bianchi
[2] María Cristina Añón
[3] Eduardo Pagano
[4] Martín Piñeiro
[5] Carolina Szpak
[6] Eduardo Trigo
[7] Sergio Vaudagna

Resumen

La República Argentina es un país de gran extensión territorial y variedad climática, contando con una gran riqueza de recursos naturales, entre los que se cuentan los productos generados por la actividad agropecuaria. El país es un importante productor de alimentos y es también un relevante exportador a nivel mundial. En este capítulo se describen las principales características que hacen de la Argentina un gran productor de alimentos. Asimismo, se revisa la situación demográfica actual y su tendencia futura y se describe el estado de la seguridad alimentaria y nutricional de su población. También se detalla el entorno institucional en el que se desenvuelven las investigaciones en este campo, señalando sus fortalezas y sus debilidades.

Se evalúa la situación del agua, del suelo, de la matriz energética y de los bosques con respecto a su actual grado de depredación, así como los impactos potenciales del cambio climático. La tecnología y la innovación vinculadas al sector agropecuario y a la producción de alimentos son también analizadas, con énfasis en la situación de la biotecnología en el país. Se aborda asimismo la posibilidad de aumentar la eficiencia del sistema alimentario, así como los aspectos relacionados con la salud humana, en particular con respecto a la nutrición de la población del país. Si bien las cuestiones de políticas públicas recorren todo el capítulo, se dedica una sección especial para destacar aquellas políticas que son más relevantes y más urgentes para que el sector agropecuario cumpla un rol clave en un proceso de desarrollo económico general, sustentable e inclusivo.

Argentina es un gran productor y exportador de alimentos de origen agropecuario, pero aún con más de 8 millones de habitantes en condiciones de pobreza, de los cuales **un millón y medio carece de seguridad alimentaria y nutricional**

I. Características nacionales

a. Extensión territorial, relieve, heterogeneidad ambiental y tierras cultivables

La República Argentina se encuentra al sur del continente americano, ocupando un territorio de 3.761.274 kilómetros cuadrados, de los cuales tres cuartas partes están en el continente americano y el resto en la Antártida. Así, la Argentina se extiende en forma longitudinal desde más al norte del Trópico de Capricornio hasta el polo sur. Dado que la Argentina es un país de gran extensión territorial, en su superficie se manifiestan las más variadas formas de relieve. Si bien predominan las llanuras, que abarcan algo más de la mitad de la superficie total, hay también montañas y mesetas. Las llanuras se extienden principalmente sobre el este del territorio, mientras que las áreas montañosas ocupan el sector occidental y la meseta de mayor extensión, la patagónica, se encuentra en el sur del país.

Esta gran superficie contiene una sucesión de climas que van de los tropicales en el norte y el oeste; los subtropicales en el norte y el este; los templados en el centro; los templados fríos en el sur continen-

tal y los fríos en el área insular y en la Antártida. Esta diversidad de climas favorece la presencia de recursos naturales de gran riqueza y variedad. De este modo, en la Argentina se obtienen productos característicos de climas tropicales, como algodón, arroz, caña de azúcar, tabaco, yerba mate y cítricos, y también de climas mediterráneos, como vid, olivos o manzanas, debido a la disposición de las montañas, la circulación de los vientos y la red hídrica. Sin embargo, el país es principalmente conocido por su llanura pampeana o "pampa", una inmensa planicie fértil de 700 mil km² que ocupa el centro-este del territorio. La cobertura prácticamente total por un espeso manto sedimentario de escasa pendiente y la presencia de climas húmedos, conjuntamente con la disponibilidad de agua subterránea a escasa profundidad, han permitido el desarrollo de suelos muy aptos para la agricultura y la ganadería, convirtiendo a esta enorme extensión llana en un factor preponderante en el desarrollo económico de la Argentina.

b. Características demográficas y tendencias futuras

A pesar de su gran extensión territorial, la Argentina está relativamente poco poblada, contando con 43,6 millones de habitantes en 2016 según estimaciones oficiales, registrando una densidad poblacional de 15 habitantes por kilómetro cuadrado, considerando sólo su superficie en el continente americano. Una de las características de la estructura demográfica argentina es el fuerte desnivel de la densidad poblacional entre sus diferentes regiones. Debido a factores históricos y económicos, casi la mitad de la población del país se concentra en la Ciudad de Buenos Aires y el aglomerado urbano que la rodea (Gran Buenos Aires).

Los índices vitales de la Argentina presentan un cuadro similar al de las naciones desarrolladas, con un descenso de la tasa de natalidad y una contracción del crecimiento vegetativo. En el último quinquenio, la población argentina ha registrado una tasa anual media de crecimiento de 1%, proyectándose que el ritmo de crecimiento de la población se irá desacelerando en los próximos años, llegando a casi 57 millones de habitantes durante el presente siglo. El cambio poblacional estará dado fundamentalmente por el componente vegetativo, ya que el aporte migratorio proyectado es muy bajo.

El cambio más notable de la población en las próximas décadas será su marcado envejecimiento, con una expansión progresiva de la población adulta y anciana, acompañada por la reducción de la población joven e infantil. Como consecuencia de este proceso, la edad mediana aumentará de 30 a 46 años. La tercera edad (de 65 a 79 años) duplicará su participación relativa a lo largo del siglo, mientras que la cuarta edad (más de 80 años) será el segmento de mayor crecimiento relativo, en el contexto de un importante aumento de la esperanza de vida a lo largo del presente siglo. Este fenómeno representará un serio desafío para el financiamiento de los sistemas de salud y seguridad social, ya que se reducirá en términos relativos la población económicamente activa.

c. Pobreza y seguridad alimentaria

En la Argentina, la pobreza ha sido una preocupación desde hace varias décadas. Los años 90 dieron lugar a fuertes incrementos en la tasa de desempleo y, con ello, se incrementó la vulnerabilidad de amplios sectores de la sociedad. La crisis de fines de 2001 implicó una importante caída del

[1] Eduardo Bianchi, Coordinador del capítulo. Investigador-Profesor, Escuela Argentina de Negocios (EAN), eduardodbianchi@gmail.com **[2] María Cristina Añón,** Doctora en Ciencias Bioquímicas; Profesor Titular DE, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata; Investigador Superior, CONICET; Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CONICET, CIC, UNLP), mcacidca@gmail.com **[3] Eduardo Pagano,** Universidad de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales, INBA, Facultad de Agronomía, epagano@agro.uba.ar **[4] Martín Piñeiro,** Miembro del Consejo Argentino de Relaciones Internacionales (CARI) y del Grupo de Países Productores del Sur (GPS), martin.pineiro2@gmail.com **[5] Carolina Szpak,** Investigadora y docente, Escuela Argentina de Negocios (EAN), carolina.szpak@ean.edu.ar **[6] Eduardo Trigo** Grupo CEO S.A., ejtrigo@gmail.com **[7] Sergio Vaudagna,** Profesor, Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), vaudagna.sergio@inta.gob.ar

salario real, un significativo aumento en el nivel de desempleo y un mayor nivel de pobreza. En consecuencia, en los últimos 15 años la pobreza ha sido un tema de la agenda económica y política, verificándose dificultades para disminuirla, pese a la presencia de políticas de carácter inclusivo y fuertes programas de asistencia social. Así, existe un núcleo duro de la población en situación de marginalidad, que persiste aún en épocas de bonanza económica.

Los datos relevados por la Universidad Católica Argentina durante 2015, considerando la pobreza desde una manera multidimensional, incluyendo ingresos, alimentación segura, protección de la salud, acceso a servicios básicos, vivienda digna, acceso a la educación y al empleo y seguridad social, estiman que en ese año casi 20 millones de personas tenían al menos una carencia en los ámbitos mencionados (47,7% de la población), 11,4 millones mantenían al menos dos de esas carencias (26,4% de la población) y unos 6,7 millones tenían al menos tres de dichas carencias (15,1%). Por otro lado, según datos de organismos oficiales para el segundo trimestre de 2016, las personas en situación de pobreza –medida en términos de ingreso– alcanzaban 32,2% de la población y 23,1% de los hogares. Por su parte, alrededor de 6,3% de la población se encontraba en situación de indigencia, equivalente a 4,8% de los hogares. En términos absolutos había 8,8 millones de personas en condiciones de pobreza y 1,7 millones en situación de indigencia.

De acuerdo con estos estudios, un hogar se considera pobre si los ingresos de sus componentes no tienen la capacidad de satisfacer un conjunto de necesidades alimentarias y no alimentarias consideradas esenciales. Por su parte, un hogar es considerado indigente si los ingresos son insuficientes para cubrir una canasta de alimentos capaz de satisfacer un umbral mínimo de necesidades energéticas y proteicas. En este sentido, entonces, en el primer cuatrimestre de 2016 había en la Argentina 1,7 millones de personas que carecían de seguridad alimentaria.

En términos geográficos, los hogares más afectados son los localizados en el área metropolitana de Buenos Aires y en las grandes áreas metropolitanas del interior del país. En términos de estratificación según la educación, los hogares más vulnerables son aquellos con jefe de familia sin educación secundaria completa, con empleo informal y con niños.

Mapa 1. Posición geográfica de Argentina

d. Producción agroindustrial

El sector agroindustrial ha sido y sigue siendo un componente muy relevante de la economía argentina. Actualmente, las actividades primarias y de procesamiento contribuyen con alrededor de 20% del Producto Interno Bruto y 45% del Valor Agregado Bruto en bienes. A su vez, representan 8% del empleo total directo y 36% cuando se considera el empleo indirecto vinculado a las cadenas de valor agroindustriales.

Así, la Argentina es un importante productor de cereales, tales como trigo, maíz, sorgo, arroz, cebada; de oleaginosas, como soja y girasol; de cultivos industriales, como algodón, azúcar, yerba mate, tabaco y té; y de frutas y hortalizas. El país es también relevante en la producción animal, principalmente en carne vacuna y lácteos. En varios de estos productos, la Argentina es un importante

productor a nivel mundial y, en consecuencia, también un importante exportador. Los dos principales productos son, sin duda, la soja y la carne vacuna.

La producción de soja es muy competitiva en la Argentina, habiéndose adaptado muy bien a los diferentes sistemas ecológicos de la pampa y de las regiones del noreste y del noroeste. Desde la introducción de la soja transgénica en 1996, conjuntamente con la siembre directa, se registró una expansión vertiginosa del área sembrada con soja, llevando al país a convertirse en uno de los principales productores y exportadores de soja y sus derivados. Así, en la Argentina la participación del área plantada con soja en comparación con los otros cultivos, principalmente cereales, es mucho mayor: alrededor de 70%.

La producción de carne vacuna es también muy relevante, ubicándose segunda en importancia después de la soja. La producción primaria está altamente atomizada, con una gran participación de pequeñas y medianas empresas, contando actualmente con un *stock* ganadero de alrededor de 55 millones de cabezas. La mayor parte de la producción se realiza en sistemas basados en pasturas extensivas, ya sea naturales o cultivadas, en las que el ganado es alimentado.

La base de esta expansión ha sido tanto la incorporación de nuevas tierras a la producción, principalmente a la agricultura, como el incremento de la productividad. En ambos casos fue el resultado de la adopción de nuevas tecnologías y de innovaciones organizacionales y de gestión. En efecto, el campo argentino ha experimentado profundas modificaciones en las últimas décadas. Actualmente atraviesa por un proceso de cambio de paradigma tecnológico, organizacional y productivo, en el marco de la revolución biológica. Las innovaciones de procesos en la siembra directa de cultivos y praderas, asociadas a un mayor uso de variedades genéticamente modificadas, han producido un crecimiento exponencial de la producción agrícola.

Conjuntamente con la adopción de estos paquetes tecnológicos, la aparición de nuevas empresas proveedoras de insumos y servicios específicos ha determinado un modelo de trabajo en red entre productores, contratistas, trabajadores y proveedores, muy diferente al modelo organizacional tradicional del campo argentino.

e. Tendencias de la urbanización

El proceso de urbanización en la Argentina se ha desarrollado aceleradamente desde las primeras décadas del Siglo XX, con una tendencia desde mediados de ese siglo a la reducción de la población rural en términos absolutos. La tasa actual de urbanización es de 90%, ubicando al país entre las naciones más urbanizadas del mundo.

Su sistema urbano es muy dispar en términos de densidades poblacionales, altamente polarizado en torno a las grandes ciudades y, particularmente, en la Ciudad de Buenos Aires y la Región Metropolitana de Buenos Aires, al mismo tiempo que amplias regiones del país están despobladas. Mientras que en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires hay 14.450 habitantes por kilómetro cuadrado, en gran parte del país la densidad poblacional es de menos de 15 habitantes. Existe también una serie de ciudades intermedias y de pequeños núcleos poblacionales, en este último caso con frágiles interconexiones regionales y notables diferencias en la capacidad para proveer bienes y servicios a sus habitantes y a sus entornos rurales.

f. Impactos de la migración

La inmigración masiva hacia la Argentina fue un factor fundamental en la transformación del país en el Siglo XIX. Entre 1830 y 1950, el país recibió 11% del total de europeos que abandonó su continente. En las décadas siguientes cesó el flujo migratorio desde Europa, mientras que creció la inmigración desde los países limítrofes (Chile, Bolivia, Paraguay, Uruguay) y desde Perú. Así, desde la segunda mitad del Siglo XX, la inmigración proveniente de estos países conforma la corriente migratoria más dinámica hacia el país. Si bien el peso que tienen actualmente los inmigrantes sobre la población argentina es bajo, la mayor parte de la población extranjera es originaria de dichos países. De acuerdo con el último censo de 2010, la población extranjera residente en la Argentina era de alrededor de 1.800.000 personas, equivalente a 4,5% de la población total del país. De esta población extranjera, 75% provenía de los países limítrofes y de Perú.

Si bien el patrón de asentamiento de estos inmigrantes es diferenciado según la nacionalidad y de acuerdo con el momento histórico de la corriente migratoria, puede afirmarse que esta

corriente migratoria desde los países limítrofes y de Perú viene a cubrir parte de la demanda de trabajo de calificación media y baja que se origina en los mercados laborales urbanos del país, principalmente en el área metropolitana de Buenos Aires. Sin embargo, la inserción de estos trabajadores se realiza principalmente en sectores productivos en los que predomina el empleo no registrado o trabajo informal, uno de los principales problemas que aqueja al mercado laboral argentino en general. Así, la mayoría de los inmigrantes asalariados, al igual que los trabajadores argentinos que se desempeñan en los mismos sectores, no tienen cobertura en la seguridad social, careciendo de los derechos y beneficios de una relación laboral formal.

g. Principales exportaciones, importaciones y mercados

La Argentina es un importante exportador de productos agroindustriales. En 2016 las mismas alcanzaron alrededor de US$ 40 mil millones, representando casi 67% de las exportaciones totales del país, incluyendo productos primarios sin procesar (por US$ 16 mil millones) y también manufacturas de origen agropecuario (por US$ 23 mil millones). Tres cuartas partes de las exportaciones agroindustriales corresponden a las cadenas productivas de soja, maíz, trigo, carne vacuna, girasol, lácteos y cebada. Las ventas externas del complejo sojero (porotos, harina, aceites y biodiésel) representan casi la mitad de las exportaciones agroindustriales y 30% de las totales del país.

Un alto nivel de concentración de las exportaciones se advierte también a nivel de productos más específicos. Así, la mayor parte de las exportaciones agroindustriales está compuesta por porotos de soja, harina de soja, aceite de soja, maíz, trigo, carne vacuna, leche en polvo y cebada, frutas, preparaciones de hortalizas y frutas, y crustáceos y langostinos (**Tabla 1**).

Los mercados de exportación de productos agroindustriales muestran también un alto grado de concentración, con los países del MERCOSUR (Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela), la Unión Europea y China como los principales destinos. A los países del MERCOSUR, la Argentina les vende principalmente: trigo, aceite de soja, maíz, harina y pellets de soja, leche entera y cebada cervecera. Las exportaciones a la UE están fuertemente concentradas en harina y pellets de soja, y carne vacuna. En tanto, los principales productos despachados a China son porotos de soja, carne vacuna congelada y cebada.

Tabla 1: Exportaciones agroindustriales de Argentina, 2016. Principales productos

Productos	Millones USD	% Sobre Total
Complejo sojero	18.400	47
Porotos	*10.000*	*26*
Harina	*4.000*	*10*
Aceites	*3.200*	*8*
Biodiésel	*1.200*	*3*
Maíz	4.100	11
Trigo	1.800	5
Carnes	1.500	4
Preparaciones hortalizas y frutas	1.200	3
Camarones y langostinos	1.000	3
Frutas frescas	900	2
Cebada	600	2
Lácteos	600	2
Subtotal	30.100	77
Total agroindustriales	**39.000**	**100**

Fuente: Elaboración propia sobre la base del INDEC.

En años recientes, también se han destacado las exportaciones de biodiésel, convirtiendo a la Argentina en uno de los principales exportadores mundiales, siendo los países de la Unión Europea y los Estados Unidos de América los destinos más importantes.

Las importaciones de alimentos por parte de la Argentina son, en comparación, poco significativas, habiendo alcanzado en 2016 los US$ 2 mil millones. Los principales productos comprados al exterior son banano, café, atún y cacao.

II. Marco institucional

a. Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria y Agroalimentaria

En Argentina, el Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria/Agroalimentaria está integrado por instituciones de carácter nacional y público, entre las cuales se destacan el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), centros del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y universidades nacionales. En investigación agropecuaria existen también capacidades a nivel privado, como el caso de la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) y articulaciones público-privado.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) es un organismo estatal descentralizado con autarquía operativa y financiera, dependiente del Ministerio de Agroindustria de la Nación. Creado en 1956, su consejo directivo está compuesto por representantes de los sectores público y privado, garantizando una activa participación de los sectores productivos y académicos en la fijación y priorización de las políticas y las estrategias globales de la entidad. El INTA está integrado por 15 Centros Regionales, 52 Estaciones Experimentales Agropecuarias, 359 Unidades de Extensión y 6 Centros de Investigación con 22 Institutos de Investigación, presentando una amplia cobertura nacional. Los Programas Nacionales y las Redes Nacionales son los instrumentos programáticos organizados por disciplinas o por cadenas de valor. En relación con la inocuidad y calidad de los alimentos, el INTA cuenta con un programa transversal a las diferentes cadenas de valor que aborda esas temáticas. El Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor está conformado por tres grandes proyectos que incluyen las siguientes áreas: desarrollo y optimización de procesos agroindustriales para el agregado de valor; optimización de la calidad integral y otras estrategias para el agregado de valor a los alimentos; y procesos tecnológicos para agregar valor en origen en forma sustentable.

El INTA posee un centro especializado en tecnología de alimentos: el Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA). Sus actividades de investigación y desarrollo se enmarcan en cuatro áreas: Protección de Alimentos, Bioquímica y Nutrición, Procesamiento de Alimentos y Análisis Físicos y Sensoriales. El INTA se relaciona con diversas instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales, con las que participa en redes de conocimiento.

Otra institución importante del sector de ciencia y tecnología de Argentina es el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), cuyo objetivo principal es la generación y transferencia de innovación tecnológica a la industria, asegurando que la calidad de los procesos, bienes y servicios producidos en el país se ajusten a las normas y tendencias mundiales. En relación con los alimentos, el INTI cuenta con cuatro centros especializados: Agroalimentos, Carnes, Cereales y Oleaginosas, y Lácteos. Tienen por objetivo contribuir al desarrollo tecnológico de la industria de alimentos, mediante el apoyo técnico y la transferencia de tecnología al sector productivo, promoviendo la innovación, la optimización de la calidad y de la inocuidad de los productos alimenticios, como así también la eficiencia de los procesos productivos, sin dejar de atender el medio ambiente.

Resulta también importante destacar la conformación de la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET. Esta red tiene como objetivo general desarrollar y analizar información, con base científica-tecnológica, de la situación actual en materia de Seguridad Alimentaria para que sirva como base para la adopción de políticas públicas. Para

ello, la Red de Seguridad Alimentaria estimula y promueve la interacción del CONICET con instituciones sanitarias nacionales e internacionales que gestionan el riesgo desde la Seguridad Alimentaria. A su vez, brinda asistencia técnica para evaluar y fundamentar los temas prioritarios para el país en materia de seguridad alimentaria.

b. Universidades e institutos de investigación

La República Argentina cuenta actualmente con 54 universidades públicas y 49 privadas, con una importante concentración de establecimientos universitarios nacionales en el área metropolitana de Buenos Aires. A nivel de pregrado, un número importante de universidades públicas y privadas cuentan con carreras en las áreas de alimentos y nutrición, tales como: Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Licenciatura en Ciencias de la Alimentación, Ingeniería en Alimentos y Licenciatura en Nutrición. Resulta evidente una diferenciación en el perfil de las carreras que se ofrecen en estas áreas en el ámbito público y en el privado; en el primer caso existe una marcada tendencia al dictado de carreras más relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Ingeniería de los Alimentos, particularmente en Unidades Académicas de Ciencias Exactas, Ciencias Agropecuarias, Ciencias Veterinarias e Ingeniería, en tanto que en el segundo caso predomina la Licenciatura en Nutrición, particularmente en las Unidades Académicas relacionadas con Ciencias de la Salud.

A nivel de posgrado, las universidades públicas cuentan con el dictado de Maestrías en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Tecnología e Higiene de los Alimentos, Tecnología de Alimentos, Inocuidad y Calidad de los Alimentos y Agronegocios y Alimentos. En cuanto a los doctorados sólo tres universidades públicas cuentan con títulos específicos en Alimentos y Nutrición; en las restantes, los títulos son de carácter disciplinar (Doctorado en Química o Bioquímica o Ingeniería, o en Medicina, etcétera), aunque la formación se haya realizado en el campo de los alimentos, la seguridad alimentaria o la nutrición.

La infraestructura del sistema universitario argentino –público y privado–, a nivel de grado, es muy variable, requiriéndose en términos generales de inversión, particularmente en lo referente a edificios y equipamiento de última generación disponibles para los alumnos.

El sistema universitario nacional cuenta con un número importante de grupos de investigación en el área de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de Alimentos, que incluye grupos de estudio en las áreas de seguridad alimentaria y nutricional. El grado de desarrollo de los mismos es variable al igual que la infraestructura que ellos disponen. Muchos de estos grupos se encuentran localizados en el ámbito exclusivamente universitario, en tanto que otros, particularmente los más consolidados, dependen de una universidad y del CONICET u otros organismos provinciales como la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. La mayoría de los grupos consolidados que desarrollan sus actividades en el área de alimentos son multidisciplinarios, integrados por bioquímicos, ingenieros, químicos, agrónomos, biotecnólogos, etcétera. Estos grupos desarrollan actividades experimentales, a nivel de laboratorio y planta piloto, y estudios teóricos de modelado. Las líneas de investigación de interés van modificándose acorde a los últimos desarrollos en los ámbitos nacional e internacional, así como de la incorporación de nuevas tecnologías y equipamiento. Muchos de estos centros cuentan con proyectos de investigación relacionados con Nutrición y Seguridad Alimentaria, enfocados desde diferentes puntos de vista.

Un estudio reciente solicitado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva revela que en el periodo 2009-2014, las publicaciones con mayor impacto a nivel internacional corresponden al área de Ciencia de los Alimentos, que incluye al menos parcialmente las temáticas de interés. Esta área combina un número bajo de publicaciones respecto de las publicaciones totales del país con un impacto muy alto.

Tanto las universidades públicas como las privadas y los grupos/centros/institutos de investigación forman recursos humanos capacitados con las habilidades requeridas actualmente. Cabe señalar que a pesar de la importancia que posee el sector agroalimentario para el país, el número de alumnos que eligen carreras relacionadas con

Alimentos, Inocuidad y Nutrición no son numerosos en comparación con las carreras tradicionales. Igual tendencia se observa a nivel de número de investigadores involucrados con las áreas mencionadas. Se considera que en los próximos años el desarrollo programático y los contenidos de las diferentes carreras que tengan como objetivo formar profesionales en estas áreas deberán ser profundamente modificados, a efectos de proveer a los futuros egresados de nuevas herramientas aptas para un mundo muchos más tecnológico, que probablemente requerirá de un menor número de puestos de trabajo.

Una debilidad notoria en Argentina es la escasa participación del sector privado en el financiamiento de actividades científico-tecnológicas, así como en la demanda de nuevos desarrollos/estudios de interés para el sector industrial. Este hecho es relevante en el sector alimentario, incluyendo las áreas de inocuidad y nutrición.

c. Perspectivas futuras

Argentina es un país con numerosas oportunidades en el sector agroalimentario, particularmente si continúa aplicando nuevos desarrollos tecnológicos e incrementa el valor agregado de sus productos. Para ello requiere de un sistema de formación de recursos humanos, tanto a nivel de grado como de posgrado, moderno y eficiente. Se necesita inversión, tanto pública como privada, para mejorar la infraestructura y equipamiento de las universidades. Además es imperioso realizar modificaciones profundas a nivel curricular para adaptar las diferentes carreras a los cambios tecnológicos que enfrenta y enfrentará el mundo en las próximas décadas y, así, poder otorgar a los egresados las herramientas requeridas para su posterior inserción laboral. Estos nuevos desarrollos programáticos deben tomar en cuenta la necesidad de interacción con otras disciplinas y la formación interdisciplinar. Asimismo, se necesitará mantener y reforzar el financiamiento del sector de Ciencia y Técnica e incrementar sustancialmente la contribución del sector privado, tanto a nivel financiero como de demanda de nuevos conocimientos y desarrollos, al igual que las posibilidades de interacción.

III. Características de los recursos y el ecosistema

a. El agua y los desafíos para los próximos 50 años

La Argentina es considerada un país abundante en agua, aunque presenta una distribución dispar de sus recursos hídricos a lo largo de su territorio, distinguiéndose una zona rica en disponibilidad de agua (84% de los recursos hídricos del país), que representa un cuarto del espacio geográfico, conteniendo 70% de la población total y 80% de la producción agropecuaria del país. Las otras tres cuartas partes del territorio constituyen zonas áridas y semiáridas, donde habita 30% de la población total y donde la producción agropecuaria requiere de riego.

Se estima que el país dispone de una oferta hídrica media anual de alrededor de 20.000 m³ por habitante y una precipitación media anual de 600 mm. La producción de agua potable promedio por habitante es de 400 litros por día, aunque dadas las pérdidas en la red y conexiones clandestinas, este valor alcanza los 250 litros/día por habitante.

En términos de uso económico y social del agua, 80% de la población cuenta con conexión domiciliaria a una red de agua potable, mientras que 47% presenta una conexión domiciliaria a red de cloacas sanitarias; la cobertura alcanza 90% cuando se consideran sistemas de saneamiento mejorado. Sólo 12% de las aguas residuales recolectadas son tratadas antes de su vuelco a los espacios hídricos receptores. Es importante destacar la relación existente entre los servicios básicos de saneamiento del agua y la salud, en donde Argentina tendría 15% aproximadamente de la población con carencia en el acceso a servicios básicos de saneamiento. Así, a pesar de ser un país rico en agua, algunos sectores de la población no pueden cubrir las necesidades básicas de este recurso. En las áreas metropolitanas de las ciudades más grandes faltan redes de abastecimiento y hay contaminación de los recursos superficiales y subterráneos, mientras que en el caso de las poblaciones rurales en zonas áridas y semiáridas la capacidad de abastecimiento de agua está comprometida.

En cuanto a la utilización del agua para la actividad agrícola, la Argentina presenta un promedio de extracciones de agua para este fin menor a 5%, muy por debajo de una situación de estrés hídrico. No obstante, el uso del agua en la agricultura presenta algunos inconvenientes en ciertas zonas, tales como la excesiva salinidad del agua, mal drenaje de los suelos, atraso tecnológico del sistema de riegos y baja eficiencia de uso del agua.

Como contrapartida a la riqueza del país en este recurso, se señala que la oferta total de agua en Argentina está crecientemente condicionada por la contaminación de ríos, lagos y acuíferos por fuentes difusas y concentradas. Por ejemplo, el vertido de efluentes líquidos sin tratamiento descontaminante afecta a las cuencas de los ríos Matanza-Riachuelo y Reconquista en el Área Metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires, así como en otras grandes ciudades del interior del país, que muestran de esta forma un importante proceso de contaminación.

Por otro lado, el cambio climático agrega nuevos y crecientes desafíos. Uno de ellos es el aumento de las precipitaciones medias anuales en todo el país y de la frecuencia de precipitaciones extremas. Otro desafío es el incremento de las temperaturas en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo, con retroceso de los glaciares, aumento de los caudales de los ríos y mayor frecuencia de inundaciones.

b. Suelo

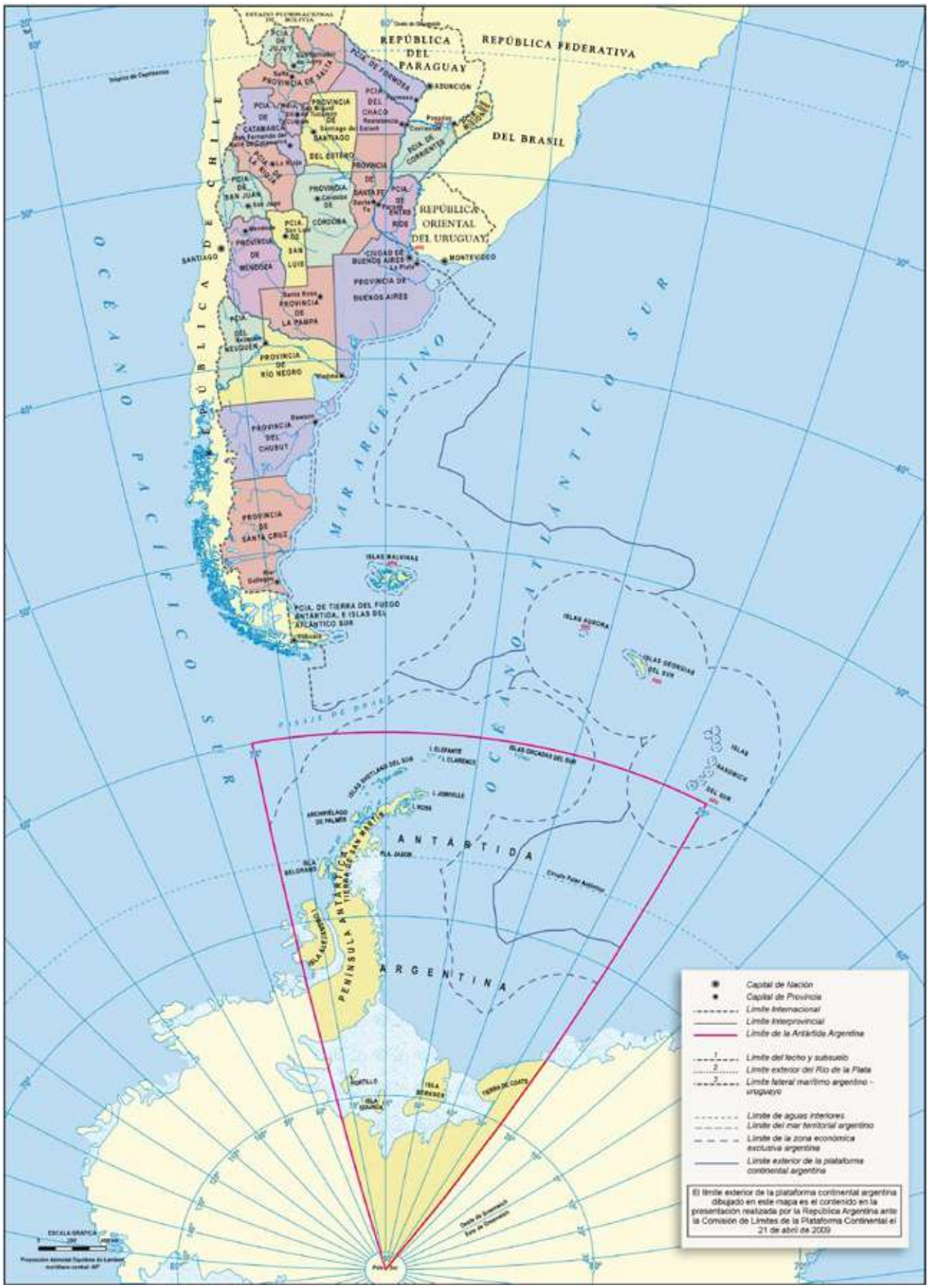
La superficie agrícola de Argentina alcanza aproximadamente 150 millones de hectáreas. Cerca de 50 millones de hectáreas son áreas cultivadas, distribuyéndose principalmente entre cultivos anuales (soja, trigo, sorgo) con casi 30 millones de hectáreas; pasturas cultivadas destinadas a la producción de ganado con 12 millones de hectáreas y el resto destinado a otros cultivos industriales (algodón, azúcar, yerba mate, tabaco y té) y producción de frutas y hortalizas.

Desde 1990, la Argentina cuenta con un Atlas del Suelo, en el que se clasifican los suelos de acuerdo con su capacidad de uso. El área total estimada de los mejores suelos para la producción de cultivos, clasificados en las clases I, II y III, es de aproximadamente 46 millones de hectáreas. Dado que las nuevas tecnologías permiten cultivar algunos de los suelos clasificados en la clase IV (con algunas restricciones), se estima que podrían agregarse 8 millones de hectáreas de este último tipo de suelo, con lo que el área total disponible sería entonces de 54 millones de hectáreas.

Históricamente, la agricultura se desarrolló en los mejores suelos. No obstante, el avance tecnológico permitió una expansión a tierras de menor rendimiento tanto en la zona pampeana como en el noreste y noroeste del país. Este incremento de tierras, si bien supone una mejora económica-productiva para la región, trae aparejados otros aspectos, además de sociales, relacionados con la erosión del suelo. Así, la expansión agrícola pampeana se produjo a expensas de pasturas y remanentes de pastizales naturales, mientras que la expansión hacia el noreste se hizo a expensas de bosques nativos. Por ejemplo, la ecorregión del Gran Chaco se ha visto particularmente afectada por tasas de deforestación mayores que los promedios continentales y mundiales (0,82% por año en Argentina, 0,51% para América del Sur y 0,2% a nivel mundial), a medida que se introducía la soja transgénica.

De esta forma, se produjo una conversión de tierras naturales a cultivos y con ello se incrementó el proceso erosivo. Este proceso de erosión impacta negativamente sobre los cauces, ambientes ribereños y sumideros, que se traduce en mayores tasas de sedimentación y colmatación, eutrofización, disminución de la capacidad de regulación del régimen hidrológico y, por lo tanto, mayor intensidad de inundaciones. Asimismo, la tierra incorporada al proceso productivo agropecuario también ha sufrido la contaminación por residuos de pesticidas y otros agroquímicos.

Entre los desafíos de Argentina se encuentran el establecimiento de un sistema nacional de monitoreo de la salud del suelo, el aumento de la inversión en actividades que promuevan el manejo sostenible del mismo, la generación de programas para la reducción de su degradación y la recuperación de suelos degradados. En este sentido, cobran especial relevancia las nuevas tecnologías a fin de reducir la toxicidad e impacto ambiental de la actividad agropecuaria.


REPÚBLICA DEL PARAGUAY
REPÚBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
ASUNCIÓN
MONTEVIDEO
SANTIAGO
MAR ARGENTINO
OCÉANO PACÍFICO SUR
OCÉANO ATLÁNTICO SUR
ANTÁRTIDA ARGENTINA
PENÍNSULA ANTÁRTICA
Capital de Nación
Capital de Provincia
Límite Internacional
Límite Interprovincial
Límite de la Antártida Argentina
Límite del lecho y subsuelo
Límite exterior del Río de la Plata
Límite lateral marítimo argentino - uruguayo
Límite de aguas interiores
Límite del mar territorial argentino
Límite de la zona económica exclusiva argentina
Límite exterior de la plataforma continental argentina
El límite exterior de la plataforma continental argentina dibujado en este mapa es el contenido en la presentación realizada por la República Argentina ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental el 21 de abril de 2009

c. Recursos energéticos

La Matriz Energética Argentina, que señala la disponibilidad e incidencia de cada fuente energética en la oferta total, muestra que la mayoría de la energía que consume el país es de origen no renovable (cerca de 90%), primordialmente compuesta por gas natural y petróleo, mientras que 8% corresponde a energía renovable. Cabe señalar que esta composición adquiere relevancia de cara a los aspectos medioambientales, dado el vínculo entre combustibles fósiles y el calentamiento global.

Como contracara de esta situación, el país cuenta con oportunidades energéticas que requieren desarrollo, pero cuyas tecnologías se encuentran disponibles. La primera oportunidad reside en el grado de insolación de buena parte del territorio argentino, lo que permitiría la utilización de energía solar. Por otro lado, el área costera y particularmente la región patagónica cuentan con vientos pasibles de usarse para la obtención de energía eólica. La tercera opción reside en la envergadura de la actividad agropecuaria nacional, en donde la biomasa de los cultivos muestra una enorme potencialidad para la obtención de biocombustibles como biodiésel y bioetanol, así como el biogás.

La importancia que el país le asigna a las energías renovables a través de normas y programas que incentivan su uso, tales como el Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía y, recientemente, el Programa RenovAr, que inició un proceso de convocatoria para la incorporación al sistema eléctrico de fuentes de energía renovables, hace prever que en el futuro las energías renovables aumentarán su presencia en la matriz energética del país.

d. Forestación

Dada la extensión de su territorio como la diversidad de climas, la Argentina posee una importante riqueza forestal. Este activo favorece la regulación del clima, la biodiversidad, la protección de cuencas hídricas, la conservación del suelo, la provisión de agua y el mantenimiento de los ecosistemas. El país cuenta con un patrimonio de 1.2 millones de hectáreas de plantaciones forestales y 50 millones de hectáreas de bosques nativos. En los bosques implantados dominan especies de rápido crecimiento como pino y eucalipto. En cambio, en los bosques nativos, se detectan árboles autóctonos como quebracho colorado, algarrobo y quebracho blanco.

El país se caracteriza por poseer ventajas comparativas para la producción forestal. Se calcula que la tasa de rendimiento promedio es de 25 metros cúbicos por año. En las mejores zonas del país y con una gestión correcta, se obtienen rendimientos mayores: 33 metros cúbicos por año en coníferas, duplicando el promedio de los principales países, y 43 metros cúbicos por año en eucaliptos.

Entre los desafíos que enfrenta la actividad forestal en términos de sustentabilidad ambiental, se encuentra incrementar las hectáreas de bosques implantados y trabajar en líneas de investigación que busquen el mejoramiento genético de especies. También es prioritario superar la tendencia a la reducción de la superficie del bosque nativo en manos de otras actividades, particularmente cuando la deforestación no se encuentra correctamente gestionada o resguardada. Para todo ello, debe mantenerse el estatus sanitario conseguido. Asimismo es estratégico avanzar en un uso final de los productos y subproductos generados a lo largo de la cadena de valor, en especial, en lo que refiere a los residuos de procesamiento mecánico de la madera y desechos forestales de la extracción de montes, los cuales son utilizables como biomasa forestal para la generación de energía.

Las características de la Argentina ubican al país entre las regiones del mundo con mayores ventajas naturales por el rápido crecimiento de sus plantaciones y su potencial productivo, con posibilidades de aumentar las hectáreas forestadas, generando un significativo impacto económico y ambiental.

e. Agricultura, medio ambiente y cambio climático

En los últimos años ha habido retrocesos en materia de medio ambiente. La contaminación del aire y del agua, los residuos y la deforestación se han convertido en problemas serios, conjuntamente con la mayor utilización de agroquímicos.

El cambio estructural desde una agricultura de pastoreo tradicional al cultivo intensivo trajo aparejado externalidades ambientales significativas. La introducción de la siembra directa implicó

nuevas posibilidades en áreas que se encontraban cerradas a los cultivos por restricciones hídricas, convirtiéndolas en tierras productivas. Sin embargo, la expansión de la frontera agrícola se ha realizado también en gran medida a partir de la deforestación, principalmente destinando las nuevas áreas al cultivo de la soja. Así, entre 1990 y 2015, se desmontó casi 20% del área forestal, en especial en el norte del país. La tasa de deforestación en esta región alcanzó tasas alarmantes. Entre 2001 y 2014, la Argentina perdió alrededor de 50.000 km² de áreas boscosas, un tamaño equivalente a la superficie de Dinamarca o Bélgica.

Los bosques cumplen un rol crítico en la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad, la fertilidad del suelo, la protección de las cuencas y la prevención de inundaciones. La deforestación en las cuencas superiores de los principales ríos está relacionada con las inundaciones ribereñas, que son responsables de la mitad de los daños por desastres naturales en el país.

El cambio climático también hace sentir sus efectos en el país. Desde 1960, las precipitaciones anuales promedio han aumentado 3,5% por década, mientras que la participación de eventos de precipitaciones intensas se ha incrementado 1,7% también por década, con sus consecuencias sobre las inundaciones. En la mayor parte del país, la temperatura aumentó casi medio grado Celsius desde 1960, mientras que en la región sur del país la suba de la temperatura ha llegado a 1° C.

Las proyecciones sugieren que el país en su totalidad experimentará un aumento de las temperaturas medias, conjuntamente con un incremento en las precipitaciones. Por su parte es probable que el cambio climático altere la productividad agrícola en forma sustancial. Así, algunos cultivos como el maíz verán disminuir sus rindes, mientras que otros, como la soja, podrían beneficiarse de los cambios climáticos previstos, proyectándose en este caso un incremento de la productividad de alrededor de 35%, debido a la mayor disponibilidad de agua en el mes de febrero. En este marco, y de acuerdo con lo sucedido en el pasado, la degradación y la conversión de tierras son amenazas ambientales inquietantes.

De esta manera deben sopesarse adecuadamente las repercusiones de la actividad agropecuaria sobre el medio ambiente y la salud pública, teniendo en cuenta, además, que la degradación ambiental recae desproporcionadamente en las poblaciones de menores ingresos.

IV. Tecnología e innovación

a. Rol de la biotecnología

La innovación es fundamental en la Argentina, cuya industria está basada en gran parte en pequeñas y medianas empresas y en el empresario innovador. El empresario agropecuario presenta la misma idiosincrasia, caracterizándose por su nivel de capacitación técnica y por su rapidez en la adquisición de nuevas tecnologías. Entre éstas, la biotecnología ocupó un lugar trascendental en los últimos años.

El advenimiento de la biotecnología aplicada a la actividad agropecuaria a finales de los años 80 tuvo un terreno fértil donde prosperar. En aquellos primeros momentos dos temas aparecían como promisorios: por un lado, la transformación genética de plantas y, por el otro, la obtención de plantas mediante el cultivo de tejidos. La innovación se realizaba a partir de una empresa capaz de apropiarse de las herramientas para la transgénesis y de aquellas necesarias para la regeneración de plantas a partir de células somáticas, ya sea para apoyar la transgénesis o para la obtención de clones comerciales. En cuanto a la biotecnología animal, inicialmente el interés estuvo relacionado con la reproducción, principalmente con las técnicas de conservación de semen y el trasplante de embriones.

i. Biotecnología agrícola

Si bien desde principios de los años 90 se dispuso de materiales obtenidos por cultivos de tejidos para la provisión de empresas frutihortícolas, el momento clave para la historia de la biotecnología argentina lo marcó la aparición en el mercado del primer evento transgénico: la soja resistente al herbicida glifosato, cuya siembra comenzó en 1996 y que, en cuatro años, llegó a alcanzar casi la totalidad de la superficie sembrada de este cultivo. Luego apareció el maíz resistente a insectos lepidópteros y coleópteros con el gen incorporado de la toxina de *Bacillus thuringiensis*. Estas dos

especies, junto con el algodón, representan en la Argentina la totalidad de los organismos genéticamente modificados en producción, en todos los casos superando ampliamente el 90% de uso. Actualmente, existen numerosas variantes y combinaciones, pero todas están relacionadas con la resistencia a herbicidas e insectos. Recientemente, se han aprobado para comercialización una papa resistente a virus y una soja resistente a sequía. Estos dos casos son interesantes por dos motivos: los eventos no son de resistencia a herbicidas o insectos y ambos son de desarrollo nacional.

ii. Biotecnología animal

Son numerosos los aspectos que la biotecnología animal puede aportar a la producción. Sin embargo, al igual o en mayor medida que lo que sucede con la biotecnología de plantas, los reparos que la sociedad impone dificultan la aparición de materiales obtenidos a partir de estas herramientas. La clonación y la transgénesis son los dos temas en los que se pone mayor interés.

iii. Plagas y enfermedades

Debido al uso intensivo de materiales que portaban idénticas características de resistencia a insectos (gen Bt) y herbicidas (glifosato), fueron apareciendo resistencias en plagas animales y malezas. La utilización de refugios y la rotación de cultivos, aconsejables respectivamente, no tuvieron gran aceptación por parte de los productores y esta situación pone en riesgo estas tecnologías. La respuesta técnica para paliar estas deficiencias se basa en la generación de transgénicos resistentes a otros herbicidas (2,4-D, por ejemplo) y el apilamiento de genes. Si bien estas alternativas logran una respuesta en el corto plazo, no resuelven –o tal vez acrecientan– los cuestionamientos de algunos sectores de la sociedad.

b. Perspectivas para nuevos productos agropecuarios

Históricamente se ha hablado de las tres "olas de la biotecnología agrícola". Las promesas que la biotecnología ofrecía a la sociedad comprendían una primera ola de materiales genéticamente modificados que apuntaban al aumento de los rendimientos, con los ya mencionados eventos de resistencia a insectos y herbicidas; una segunda ola donde los genes incorporados generarían una mejora en la calidad nutricional de los materiales destinados a consumo humano y una tercera ola donde la transgénesis haría de las plantas verdaderas usinas fabricantes de productos destinados a la industria alimenticia (*"agro farming"*) y farmacéutica (*"agro pharming"*). Si bien existen algunos casos puntuales, como la soja con aceite de mejor calidad o el conocido arroz dorado, el interés del desarrollo biotecnológico se ha detenido en la primera ola, donde el beneficiado inmediato es el productor agrícola. Parte de la visión crítica que tiene la sociedad hacia los transgénicos se basa en que el consumidor, en su evaluación de riesgo-beneficio, no percibe ventajas en los transgénicos y sí muchas dudas.

En la actualidad, tres son las áreas en las que la biotecnología tiene oportunidades para la Argentina.

i. La transgénesis

La innovación tendría que darse explorando genes que tengan una mejor aceptación por el consumidor. Es decir, aquellos que estén incluidos en la segunda y tercera olas. Es posible que un cultivo que genere granos con mayor disponibilidad de hierro o que produzca insulina humana sea mejor recibido por la sociedad.

ii. Las nuevas técnicas de mejoramiento

Como alternativa a la transgénesis, recientemente han surgido metodologías que, si bien suponen manipulación de ADN, al no incorporar genes foráneos no generan organismos genéticamente modificados, tal como se definen actualmente. Entre ellas, la edición génica mediante la tecnología CRISPR/Cas9 parece ser la de mayor potencial. El menor costo relativo y las menores trabas de regulación comercial hacen a estas técnicas interesantes para su abordaje.

iii. El mejoramiento basado en secuenciación y marcadores moleculares

Las técnicas de secuenciación se han hecho disponibles para una gran cantidad de grupos de investigación en diferentes países. Actualmente, lograr la secuenciación del genoma completo de una especie no ofrece dificultad para grupos formados y empresas de mediano desarrollo. Por ello, el me-

joramiento basado en marcadores moleculares se ha vuelto una alternativa muy poderosa. La exploración de rasgos en bancos de germoplasma y el seguimiento de éstos en la descendencia, permite lograr materiales con similares características a los logrados mediante transgénesis o edición génica. Ello es de fundamental importancia cuando se trata de rasgos cuantitativos, basados en multitud de genes, como el rendimiento, la resistencia a la sequía o la calidad de la carne.

c. Oportunidades y obstáculos para nuevas tecnologías de manejo

Las oportunidades se basan en que la ciencia argentina está desarrollada y es competitiva a nivel global. El capital intelectual es muy grande, con la capacidad para encarar las tecnologías más complejas. Sin embargo, es necesario abordar dos puntos clave. El primero es lograr una adecuada interacción entre los centros de investigación y las empresas, para que los esfuerzos creativos se destinen a resolver problemáticas relacionadas con la producción. El segundo es el desarrollo y la modernización del equipamiento y la instrumentación de fuentes de financiamiento que apunten a la incorporación de tecnología.

Por lo que respecta a la biotecnología agrícola, las amenazas están muy ligadas a las que afronta la industria semillera nacional. La falta de crecimiento tecnológico, por un lado, y el no reconocimiento del valor del germoplasma, por el otro, pueden llevar a la absorción de estas empresas por multinacionales, situación que se ha registrado en los últimos años, provocando la reducción significativa del número de obtentores nacionales. La mayoría de estas empresas son pequeñas y medianas, realizan mejoramiento tradicional y están poco tecnificadas. Si estas empresas no son asistidas para que puedan dar el salto tecnológico, corren el riesgo de desaparecer.

Actualmente, para poder competir, las empresas grandes necesitan saltar del mejoramiento asistido por marcadores utilizando "Polimorfismo de un Solo Nucleótido" (SNP) a la selección genómica amplia. A fin de sobrevivir, muchas empresas necesitarán empezar a incursionar en la selección asistida por marcadores, aun los más básicos. Las empresas semilleras nacionales que comercializan materiales transgénicos incorporan los eventos de empresas multinacionales. No hay desarrollo de eventos nacionales que estén disponibles en el mercado. La alternativa de crecimiento y competitividad se basa en las Nuevas Técnicas de Mejoramiento (NBT) y en el mejoramiento molecular. Para sostener estas iniciativas, será necesario dotar al país de plataformas de secuenciación y de análisis de datos en cantidad representativa. Actualmente, la capacidad instalada es sustancialmente menor a la de otros países del continente.

Una situación similar se registra en la biotecnología animal. El mejoramiento que se lleva a cabo en las principales razas necesita un apoyo sustancial en técnicas de secuenciación y, fundamentalmente, en el análisis de datos.

d. Desarrollo de los recursos marinos

La Argentina tiene contacto con aguas oceánicas por el este, presentando un amplio espacio marítimo con características naturales que permiten la existencia de una diversidad de recursos pesqueros. Las especies más importantes, en cuanto al volumen de sus capturas, son la merluza, el calamar y el langostino. Una parte considerable es destinada a la exportación, representando un ingreso de aproximadamente US$ 1.500 millones por año. El consumo per cápita se estima entre siete y ocho kilos anuales, muy por debajo del consumo de carne vacuna.

En los últimos años se ha puesto en marcha "Pampa Azul", una iniciativa estratégica de investigaciones científicas en el Mar Argentino que incluye actividades de exploración y conservación, de innovación tecnológica para los sectores productivos vinculados al mar y de divulgación científica dirigida al público en general.

V. Aumentando la eficiencia de los sistemas alimentarios

a. Tecnología aplicada a la producción agropecuaria

Los cambios tecnológicos y organizacionales en las cadenas de valor de los principales cereales y oleaginosas, como también las mejores condiciones internacionales registradas en las dos últimas décadas, resultaron en importantes aumentos de

la productividad de estos cultivos. Los rendimientos han aumentado sostenidamente sobre la base de paquetes tecnológicos que involucraron semillas de altos rindes, agroquímicos, siembra directa, maquinaria de precisión para la siembra y la cosecha y un mejor manejo de los cultivos y de los productos a lo largo de la cadena de valor. Así, la productividad de los cultivos anuales creció a tasas mucho mayores que la producción ganadera, resultando en mayores márgenes relativos por hectárea y contribuyendo a la expansión del área plantada con cereales y oleaginosas.

Argentina es uno de los países líderes en el uso de estos paquetes tecnológicos, con casi 23 millones de hectáreas dedicadas a la soja, el maíz y el algodón genéticamente modificados. Desde que el proceso de introducción de estas tecnologías en el país comenzara en 1996, con la adopción de la soja tolerante al glifosato, se han aprobado otros 20 eventos: 15 en maíz, tres en algodón y dos en soja. Así, el área plantada con estos cultivos genéticamente modificados alcanza 100% del total en el caso de la soja, 86% del total en el caso del maíz y 99% del total en el caso del algodón. La dinámica de la adopción de estas tecnologías por parte de la Argentina no tiene casi precedentes en el mundo. La similitud de condiciones agro-ecológicas facilitó la transferencia de las nuevas tecnologías.

b. Los cambios tecnológicos en la agricultura

Sin embargo, el grado de utilización de estos paquetes tecnológicos no es homogéneo entre los actores de la actividad agropecuaria. Hay diferencias o brechas significativas entre los niveles de productividad de los diferentes productores y, consecuentemente, es posible obtener importantes ganancias de productividad si se reducen estas diferencias. Adicionalmente, existen tecnologías que actualmente están presentes en países adelantados y que podrían adoptarse para su uso en el país.

En el primer caso, se ha estimado que el cierre de las actuales brechas tecnológicas repercutiría en importantes aumentos de productividad. La **Tabla 2** muestra las ganancias de productividad por tipo de producto derivadas del cierre de la brecha entre niveles de tecnología altos (NTA) y niveles de tecnología bajos (NTB), por un lado, y entre NTA y niveles de tecnología medios (NTM), por el otro. Así, por ejemplo, el cierre de brechas tecnológicas altas y bajas podría traducirse en aumentos de productividad de 155% en carne vacuna, 109% en girasol y 100% en trigo, mientras que el cierre de la brecha entre tecnologías altas y medias repercutiría, por ejemplo, en aumentos de productividad de 62% para carne vacuna, 36% para girasol y 34% para sorgo.

Tabla 2. Ganancias de productividad por cierre de brechas tecnológicas
En % de rendimiento por hectárea por año

Productos	Brecha NTB-NTA	Brecha NTM-NTA
Cebada	54%	21%
Carne vacuna	155%	62%
Algodón	50%	20%
Maíz	70%	30%
Maní	80%	33%
Arroz	60%	19%
Sorgo	66%	34%
Soja	67%	21%
Caña de azúcar	44%	25%
Girasol	109	36%
Trigo	100%	29%

Fuente: Trigo (2016).

Por otro lado, hay una serie de tecnologías con desarrollo avanzado y que se estima alcanzarán las condiciones para su comercialización durante la próxima década y que podrían afectar la evolución de la producción y la productividad de la agricultura en Argentina. La **Tabla 3** presenta ejemplos de estas tecnologías.

Las mejoras tecnológicas, ya sea a través del cierre de brechas entre productores o la incorporación de nuevos paquetes, dependen crucialmente de las políticas gubernamentales que afectan estas decisiones. Entre ellas, el incentivo para invertir en estas tecnologías, la existencia de programas que faciliten la difusión y la transferencia tecnológica y los marcos regulatorios adecuados para estas actividades.

Otros aspectos que pueden influir en la evolución de las perspectivas de nuevas tecnologías para la agricultura son el marco regulatorio relacionado con la bioseguridad y los temas de propiedad intelectual. Las regulaciones sobre bioseguridad son muy importantes cuando se utilizan cultivos genéticamente modificados. Los temas de propiedad intelectual, por su parte, están relacionados esencialmente con el mercado de semillas. A pesar de que la Argentina tiene un sistema de protección intelectual operativo, la situación predominante en el mercado de semillas es la presencia de un mercado ilegal que reduce significativamente la capacidad de proteger las innovaciones y de recuperar las inversiones de investigación y desarrollo.

VI. Consideraciones de salud

a. Enfermedades transmitidas por alimentos

El cuerpo humano está constantemente expuesto a sustancias tóxicas de diferente origen y sujeto a desequilibrios metabólicos que perturban la condición saludable, pudiendo desencadenar enfermedades agudas o crónicas. Uno de los problemas de salud más relevantes a nivel mundial son las enfermedades transmitidas por alimentos, conocidas como ETA, las cuales son provocadas por el consumo de alimentos o agua contaminados con microorganismos o parásitos o por sustancias tóxicas producidas por los mismos. En la actualidad se conocen más de 250 ETA cuya causa puede ser infecciosa o tóxica. Los grupos más vulnerables a estas enfermedades en la Argentina son los niños menores de 5 años, los ancianos y las mujeres embarazadas.

Argentina posee un marco normativo para el control y prevención de enfermedades y problemas de salud asociados con los alimentos, así como un conjunto de organismos responsables en el tema. El Código Alimentario Argentino (CAA), vigente en todo el territorio nacional, es el reglamento técnico que establece las disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial que deben cumplir los establecimientos, las personas físicas o jurídicas y los productos que se enmarcan en su órbita. Describe, por lo tanto, las condiciones en las que deben llegar los alimentos al consumidor para que éstos sean seguros. El mismo consta de 22 capítulos que incluyen disposiciones referidas a condiciones generales de las fábricas y comercios de alimentos, conservación y tratamiento de los alimentos, empleo de utensilios, recipientes, envases, envolturas, especificaciones sobre los diferentes tipos de alimentos y bebidas, coadyuvantes y aditivos, normas para rotulación y publicidad de los alimentos.

Por otro lado, la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) es un organismo descentralizado, dependiente del Ministerio de Salud de la Nación, que colabora con la protección de la salud humana, garantizando que los medicamentos, alimentos y dispositivos médicos posean eficacia, seguridad y calidad. En el caso particular de alimentos, lo hace a través del Instituto Nacional de los Alimentos (INAL), siendo que INAL-ANMAT poseen un sistema de vigilancia alimentaria y pueden participar como actores extra-sectoriales del sistema de vigilancia por laboratorios que integra el Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud del Ministerio de Salud de la Nación. Además, en el ámbito del CONICET se ha implementado recientemente una Red de Seguridad Alimentaria, cuyo objetivo general es desarrollar y analizar información referida a la seguridad alimentaria.

Argentina posee, en términos de inocuidad de alimentos en la cadena de producción de los mismos, una realidad variada: coexisten las grandes empresas con sistemas de gestión de calidad y de

Tabla 3. Ejemplos de nuevas biotecnologías

Productos	Tecnologías
Maíz	• Mejora en la tolerancia a herbicidas • Resistente a insectos y mayor rendimiento • Tolerancia al estrés (1ra generación de tolerancia a las sequías)
Soja	• Mejora en la tolerancia a herbicidas • Resistencia a los insectos • Mayores rendimientos • Mayor aceite oleico • Enriquecido con Omega-3 • Baja en grasas saturadas
Arroz	• Tolerancia a los herbicidas • Arroz dorado 1 (contenido Beta-caroteno) • Arroz dorado 2 (contenido Beta-caroteno)
Trigo	• Tolerancia a los herbicidas • Tolerancia a la sequía

Fuente: Trigo (2016).

certificación internacionales, con las pequeñas y medianas empresas que han comenzado a trabajar con buenas prácticas de manufactura y análisis de peligros y puntos críticos de control; y con productores artesanales y regionales, ferias y mercados, con un acceso restringido a estos sistemas. Por ende, se requiere fortalecer esta rama de actividad, en el marco de un sistema federal de vigilancia articulado y eficaz.

b. Sobrepeso y obesidad

La Argentina, al igual que el resto de América Latina y el resto del mundo, debe afrontar otro serio problema de salud pública relacionado con el exceso de peso y la obesidad. El último mapa mundial de sobrepeso, dado a conocer recientemente por la Organización Mundial de la Salud, da cuenta que América del Norte y Europa son los continentes con mayores problemas de obesidad. En América del Sur, Argentina se encuentra entre los países que presentan una mayor proporción de individuos con sobrepeso, 63,9%, en tanto que la población de obesos alcanza 23,6%. Estos valores son preocupantes, dado que en el término de una década la obesidad en Argentina se incrementó más de 60% (el valor correspondiente a 2005 fue de 14,6%).

Al igual que en el resto del mundo las causas del sobrepeso y la obesidad son los cambios en los hábitos de la población, particularmente aquellos relacionados con un incremento marcado del sedentarismo en detrimento de la actividad física y un cambio en la dieta reflejado en un aumento de la ingesta de alimentos procesados, comidas rápidas y, fundamentalmente, bebidas azucaradas y galletas dulces. Adicionalmente, los argentinos consumen cantidades insuficientes de frutas y verduras (alrededor de la mitad de los valores recomendados). Una de las poblaciones más vulnerables es la de niños y adolescentes: uno de cada tres adolescentes entre 13 y 15 años padece sobrepeso u obesidad. Según la OMS, Argentina presenta un alto porcentaje de obesidad en niños menores de 5 años, con una tasa de prevalencia de 7,3%. La obesidad es una enfermedad prevalente en todos los niveles de ingreso, por lo que constituye una problemática de salud pública.

Sin lugar a dudas, más allá de lo realizado hasta el presente, Argentina enfrenta el desafío de reducir las enfermedades trasmitidas por alimentos y modificar drásticamente la conducta alimentaria de la población para disminuir el serio problema de sobrepeso y obesidad que enfrenta. Sería necesario disponer de estadísticas fidedignas que incluyan todas las clases sociales y regiones del país, así como buscar formas novedosas para educar a la población respecto a la incidencia de la alimentación en la salud y cambiar, no sólo sus hábitos alimentarios, sino su estilo de vida.

Cabe agregar que la obesidad forma parte del síndrome metabólico y constituye un factor de riesgo, por lo que es una indicación de la predisposición de un individuo a padecer diferentes enfermedades no transmisibles, particularmente enfermedades cardiovasculares, diabetes *mellitus* tipo 2, apnea del sueño, osteoartritis, algunas formas de cáncer y padecimientos dermatológicos y gastrointestinales. Según datos oficiales, las enfermedades no transmisibles dan cuenta de algo más de 70% de las muertes, en particular las enfermedades cardiovasculares (40,2% de las muertes), seguidas por el cáncer. Además, estas enfermedades son también la principal causa de años de vida potencialmente perdidos y requieren de la utilización de importantes recursos sanitarios.

En los últimos años, la población ha adquirido un mayor grado de conciencia sobre la incidencia de una buena alimentación en la reducción de contraer enfermedades crónicas. El sector productivo ha acompañado esta concientización con la introducción en el mercado de diferentes alimentos funcionales, particularmente en la cadena láctea y de productos panaderos. No obstante, la legislación no ha acompañado este proceso, no existiendo hasta el presente una normativa específica referente a alimentos funcionales y posibles alegatos de función y de salud. En el sector científico-tecnológico, son muchos los grupos de trabajo que se dedican a la búsqueda de nuevos alimentos y/o componentes bioactivos y al estudio de las bases fisiológicas que demuestran su acción benéfica para la salud del consumidor.

c. Incentivos al cambio en los patrones de consumo y nutrición personalizada

A fin de favorecer cambios en los patrones de consumo, desde el Estado se están promoviendo acciones que buscan actuar de manera directa sobre las empresas de la cadena de valor de los alimentos y también sobre los consumidores. Los Ministerios de Salud y de Agroindustria de la Nación realizaron un acuerdo con la Coordinadora de Industrias de Productos Alimenticios (COPAL) con el objeto de promover una alimentación saludable y equilibrada. Particularmente se trabajará para reducir nutrientes críticos en la producción de los alimentos, como grasas, azúcares y sodio. También se propenderá a la generación de una oferta de porciones más chicas en ciertos alimentos que son nocivos en exceso, especialmente para los niños. Uno de los aspectos importantes para trabajar es reducir el consumo per cápita de carne vacuna, un componente importante del patrón de consumo de los argentinos que, actualmente, se ubica en 70 kilogramos por habitante.

En relación con el consumidor, se busca trabajar en la educación como un factor clave de éxito y, por tanto, incorporar estos temas en las escuelas, así como en la información brindada a la sociedad en general, a través de las etiquetas de los alimentos y en las prácticas de publicidad responsables. Concretamente en las escuelas se comenzó a promover la incorporación de educación alimentaria y nutricional en la currícula escolar, además de regular la incorporación de una oferta de alimentos saludables en los quioscos y comedores escolares.

Con una visión de más largo plazo y de mayor complejidad, cabe señalar los avances que se están gestionando en otras naciones y a los que debe propender Argentina. Más allá de los efectos fisiológicos que puedan ejercer los componentes de la dieta, la base genética de cada individuo es fundamental. En los países con mayor grado de desarrollo se han hecho progresos sumamente importantes que relacionan genes con enfermedades y el efecto de componentes alimentarios sobre la expresión o silenciamiento de dichos genes. El objetivo final de estos estudios es llegar a una nutrición personalizada en función de la carga genética de cada individuo. Argentina está aún lejos de poder plasmar este tipo de nutrición. Un desafío muy importante es que estos desarrollos estén disponibles para la totalidad de la población y que no se conviertan en una posibilidad para unos pocos.

VII. Consideraciones de políticas

a. Políticas para una agricultura más eficiente y ambientalmente sustentable

El sector agropecuario argentino es tradicionalmente competitivo, destacándose particularmente en algunos productos como soja, trigo y maíz y sus

derivados, así como en carne vacuna. Por su parte, la demanda mundial de productos de origen agropecuario se está extendiendo por varios motivos, entre los que se encuentran el incremento de la demanda de alimentos, principalmente por incorporación de parte de la población mundial a segmentos de mayores ingresos, el uso de fuentes vegetales para la producción de energía y también su utilización a través de la biotecnología, por ejemplo, en la producción de insumos industriales y en la industria alimenticia. Este escenario genera buenas perspectivas para la actividad productiva del país, pero al mismo tiempo plantea el desafío de un trabajo conjunto entre el sector público y el privado.

En el país se replica una estructura del mercado a nivel global que se ha vuelto más compleja y concentrada en grandes jugadores. Esta última característica favorecería la realización de un salto tecnológico sustancial, pero requiere que la Argentina deba insertarse en las cadenas de valor agroindustriales a fin de no quedar relegada a la mera provisión de materia prima o productos de primera transformación, tal como se observa mayormente hasta el momento. Una característica fundamental de este reto es que sea logrado de manera equilibrada, es decir, en un proceso equitativo de distribución de la renta y sustentable ambientalmente; al tiempo que tenga arraigo en la economía local, a fin de generar derrames hacia otros sectores productivos.

Para ello, si bien deben desarrollarse políticas de tinte tradicional que buscan mejorar la rentabilidad, incorporar con mayor grado de simetría de acceso a mercados a las explotaciones familiares y mejorar la transparencia en la formación de precios, entre otros aspectos, también es necesario un conjunto de políticas tendentes a trabajar sobre la sostenibilidad ambiental y responsable de la actividad, al tiempo que se logre escalar en la agregación de valor dentro de la cadena global de valor de origen biológico.

Los objetivos de estas políticas se focalizan en:

a. Favorecer un desarrollo sustentable a fin de promover el aumento de la oferta agroindustrial para ser dirigida tanto al mercado interno como al externo. Este incremento debe ir de la mano de un mejoramiento en el nivel de vida de los pequeños productores. Para ello es necesario fomentar mecanismos que aseguren el logro de precios competitivos y transparentes, la libertad de comercialización, la facilitación y ampliación del acceso al crédito, el aumento de la oferta de seguros contra pérdidas de la producción, la difusión efectiva de las herramientas de asociativismo y sus ventajas y la adopción de buenas prácticas con la incorporación de tecnología correspondiente.
b. Mejorar la competitividad gracias a la incorporación de tecnología y conocimiento, la promoción impositiva y el mejoramiento de la logística e infraestructura.
c. Avanzar en una inserción internacional a través de las cadenas globales de valor, pero superando la etapa actual de proveedor de materia prima y productos de primera transformación. Para ello cobran relevancia las buenas prácticas agrícolas, como la consolidación de la formalización de algunas tareas o eslabones productivos, así como un marco regulatorio adecuado a las normas internacionales. Todo esto debe acompañarse de una política comercial que mejore las condiciones de acceso a mercados de la Argentina.

i. Financiamiento

A fin de lograr estos objetivos existen distintos tipos de políticas en que debe trabajarse. La profundización y acceso al sistema financiero es fundamental para la sostenibilidad de la producción agropecuaria y el crecimiento y modernización de la misma. Para ello se vuelve necesario mantener y perfeccionar las líneas de crédito existentes para inversión y capital de trabajo, facilitando las condiciones crediticias, e implementando nuevas líneas, asociadas a aspectos tecnológicos y ambientales, así como a la actividad conjunta del productor y no sólo la financiación de un producto. A fin de favorecer el acceso al crédito se plantea la necesidad de cambiar la regulación actual, en especial para incentivar el acceso de pequeños productores y contratistas rurales. Ello debe complementarse con el desarrollo de nuevos instrumentos financieros, como la facilitación de la salida a la bolsa de empresas agroindustriales y herramientas de garantía recíproca.

ii. Competitividad

En cuanto a avanzar en la búsqueda de competitividad, ello no sólo implica sostener un tipo de cambio competitivo y limitar las distorsiones de impuestos sobre el producto final, sino trabajar en distintos aspectos de la cadena de valor, incluyendo la infraestructura y logística (transitabilidad de caminos, sistema de transporte ferroviario, navegabilidad y sistema portuario, obras energéticas, obras para contención de inundaciones, etcétera), aspectos sanitarios y fitosanitarios, mayor y mejor acceso a la información de mercados, mercados de referencia para productos no tradicionales y minimización del abuso de posición dominante por parte de grupos concentrados, entre otros aspectos. Algunos de estos puntos se vuelven particularmente relevantes para los pequeños productores y su sostenibilidad y crecimiento en el tiempo.

iii. Legislación ambiental

En términos de legislación ambiental, se requiere dictar una Ley de Presupuestos Mínimos de Ordenamiento Territorial Ambiental, especificando una estrategia de uso, manejo y resolución de conflictos relacionados con el suelo y los recursos naturales relacionados al mismo. Es necesario también avanzar en una Ley de Uso del Agua, a fin de regular el uso del recurso de una manera amigable con el medioambiente y reduciendo los conflictos latentes entre jurisdicciones provinciales y municipales. Una situación similar debería ocurrir con el uso del suelo. En este último caso se requiere regular una normativa de Manejo y Aplicación de Fitosanitarios que otorgue un marco de aplicaciones más seguras, cuidando el medio ambiente. En la actividad forestal es necesario trabajar en la implementación de la Ley de Bosques Nativos N° 26.331 en las distintas regiones del país, a fin de facilitar su implementación, así como fomentar el desarrollo forestal particularmente en áreas sensibles a la erosión. La regulación del avance de la frontera agropecuaria y una planificación de la misma es tarea prioritaria de cara a la preservación del medioambiente.

iv. Investigación, innovación y desarrollo

También se requiere trabajar sobre el componente de investigación, innovación y desarrollo. En este sentido, el país requiere desarrollar legislación específica, a fin de brindar estímulos crediticios e impulsar la inversión de capital de riesgo para el desarrollo de nuevas tecnologías. Desde un punto de vista operativo, debería poder concederse a las instituciones públicas de investigación, innovación y desarrollo, instrumentos legales modernos que brinden agilidad, flexibilidad y autonomía en la gestión de recursos para trabajar en forma conjunta con otras asociaciones relacionadas a la cadena de valor agroindustrial (consorcios público-privados y entidades de propósito especial), instrumentar subvenciones e incentivos fiscales para la radicación y funcionamiento de parques tecnológicos e incentivos a los registros de patentes. A fin de agilizar la incorporación de temáticas que se vienen gestionando en otras latitudes y que facilitarían la producción medioambientalmente responsable y de agregación de valor, es importante trabajar en la promoción de la internacionalización de estas instituciones como forma de incorporar nuevos conocimientos y permitir una transferencia más rápida de tecnología.

Entre los temas que requieren especial atención se encuentra fortalecer la investigación de avanzada (biotecnología, nanotecnología, ciencias de la tierra) en sistemas sustentables de producción, productos competitivos de la biomasa y modelos de producción que combinen alta productividad con un uso eficiente de recursos, al tiempo que mantengan una resistencia a plagas, enfermedades y al cambio climático.

v. Matriz energética

Uno de los aspectos tecnológicos pasibles de ser desarrollados es el componente de agro-energía. Esta reconversión paulatina de la matriz energética hacia fuentes de energía renovables requiere de una política que priorice la producción de energías limpias, también la promoción de la producción de etanol hidratado; acoplar el rol del Estado en la adecuación de las licitaciones públicas de energía eléctrica, teniendo en cuenta la valoración de los atributos ambientales, eléctricos y económicos de la utilización de la bioelectricidad. Fuentes del sector proponen instituir un programa de contratación diferencial de subastas por fuentes y/o regiones como factor clave para permitir la generación a partir de biomasa.

vi. Alimentos y salud humana

Otro punto a trabajar es el correspondiente a la protección agroalimentaria. Para ello debe fortalecerse en recursos económicos y humanos a los organismos de control, acondicionarlos y actualizarlos acorde a lo normado internacionalmente, pero al mismo tiempo, que permitan el acceso a mercados de pequeños productores. El acceso efectivo a la información actualizada, así como a los procedimientos de control y la aplicación de buenas prácticas es un aspecto clave en el proceso.

Para poder avanzar sostenidamente en todos estos puntos, se vuelve fundamental contar con recursos humanos capacitados tanto desde aspectos teóricos como de gestión. Para ello tanto el Estado como el sector privado deben destinar fondos al desarrollo y difusión de carreras técnicas y universitarias, así como especializaciones en temáticas relacionadas con el medioambiente y su aplicación en distintas producciones.

Desde el punto de vista del consumidor, hay dos aspectos que deben alcanzarse de manera masiva a fin de concientizar sobre los temas medioambientales y de salud en la responsabilidad asociada a la decisión de compra. La primera de ellas es la educación y para ello se requiere incorporar la información y el debate desde edades tempranas. La aplicación cotidiana de un consumo responsable desde pequeños debe ser masiva y estar al alcance de todos los niveles socioeconómicos. Por otro lado, el Estado puede actuar otorgando incentivos económicos a los consumidores que elijan consumir responsablemente. Las asociaciones civiles son otro carril alternativo, cada vez con mayor peso en la conciencia del consumidor. El desarrollo de indicadores por grado de responsabilidad empresarial en aspectos ambientales y en términos de productos saludables es un ejemplo de algunas iniciativas de este tipo de asociaciones que terminan influyendo en un sector más grande de la población.

Finalmente, se considera necesario promover la obtención de datos estadísticos y de calidad apropiada para ser empleados como base para las evaluaciones de riesgo, además de impulsar desde el Estado el relevamiento sistemático de información sobre la situación nutricional y de salud, y cómo influyen los hábitos alimentarios, a través de encuestas integrales de consumo a la población. Es necesario también promover el desarrollo de nuevos alimentos con mejora en el perfil nutricional e inculcar en la población hábitos de vida saludables para los distintos grupos etarios y personas que necesiten regímenes especiales, impulsar políticas públicas que promuevan la incorporación de nuevas tecnologías de procesamiento, tecnologías emergentes y actualizar la normativa correspondiente a alimentos, incorporando las nuevas tecnologías (procesamiento, nanotecnología, alimentos funcionales, etcétera).

b. Comercio internacional, seguridad alimentaria y gobernanza mundial

Las proyecciones sobre producción y consumo de alimentos a nivel mundial señalan que la divergencia geográfica entre producción y consumo aumentará. Por lo tanto, el comercio internacional será cada vez más importante como un mecanismo para equilibrar necesidades y disponibilidades. En este sentido, entonces, hay y habrá una creciente vinculación entre la seguridad alimentaria de muchos países, en particular aquellos que son importadores netos de alimentos, con las políticas comerciales de otros países que, en general, son los países exportadores netos de alimentos.

En el marco del fuerte aumento de los precios de los alimentos, en 2007-2008 se registró una proliferación de políticas destinadas a mejorar o impedir un empeoramiento de la seguridad alimentarias de muchos países. Varias de estas políticas fueron defensivas y algunas de ellas tuvieron impactos negativos en el comercio internacional, perjudicando aún más los problemas de seguridad alimentaria principalmente de los países importadores netos de alimentos. Ejemplos de estas políticas son los apoyos a la producción interna, impuestos a las exportaciones y restricciones cuantitativas –incluyendo prohibiciones– a las exportaciones. La Argentina fue uno de los países que adoptó algunas de estas políticas a fin de desvincular los precios internos del aumento de los precios internacionales de los alimentos. Muchas de estas medidas se dieron en el marco de los acuerdos de la Organización Mundial del Comercio y también fuera de ellos.

Esta fuerte relación entre comercio internacional y seguridad alimentaria, y dado la experien-

cia de lo sucedido durante la crisis alimentaria de 2007-2008, sugiere la necesidad de construir instrumentos institucionales que permitan un cierto grado de capacidad para una gobernanza global de la seguridad alimentaria y nutricional, restaurando así la confianza en el comercio internacional como una fuente adecuada de los alimentos. Un acuerdo entre países exportadores netos y países importadores netos, con compromisos de abastecimiento y de acceso a mercado, puede ser un camino hacia un acuerdo multilateral de seguridad alimentaria.

VIII. Conclusiones

El sector agropecuario es de vital importancia para la Argentina, no sólo por su impacto en la generación de riqueza interna, sino también por su rol relevante como país exportador neto de alimentos. A pesar de su importancia como productor de alimentos, actualmente hay alrededor de 9 millones de personas en condiciones de pobreza, de las cuales 1,7 millones carecen de seguridad alimentaria y nutricional.

El país es un importante productor de cereales, oleaginosas, cultivos industriales, de frutas y hortalizas, de carne vacuna y de lácteos, siendo también un exportador relevante a nivel mundial en algunos de estos productos. El sector agropecuario atraviesa actualmente por un proceso de cambio de paradigma tecnológico, organizacional y productivo, con el surgimiento de nuevos actores económicos, delineando un modelo organizacional muy diferente al tradicional.

Si bien el país cuenta con un sistema nacional de investigación agropecuaria y agroalimentaria de envergadura, se necesitan inversiones públicas y privadas para mejorar su infraestructura y equipamiento, y revertir la escasa participación del sector privado en el financiamiento de las actividades científico-tecnológicas vinculadas con estos temas.

La Argentina es un país abundante en agua, teniendo además una buena calidad del suelo. Sin embargo, la contaminación y el cambio climático están afectando la disponibilidad adecuada de estos recursos. La matriz energética, por su parte, es intensiva en energía de origen no renovable, si bien el país tiene muchas posibilidades objetivas de desarrollar fuentes alternativas de energía.

Los cambios tecnológicos y organizacionales en las cadenas de valor de los principales cereales y oleaginosas han implicado importantes aumentos de productividad de estos cultivos. Sin embargo, el grado de utilización de estos paquetes tecnológicos no es homogénea entre los actores de la actividad agropecuaria, circunstancia que permitiría obtener importantes ganancias de productividad si se reducen estas diferencias. Adicionalmente, el país podría adoptar tecnologías que están presentes en países más adelantados y que permitirían también un incremento de la productividad.

De esta manera, la Argentina tiene todas las posibilidades para un crecimiento sustentable de la producción de alimentos, basada en su alto nivel de competitividad y su vasta riqueza en recursos naturales y humanos. Estas posibilidades deben ser consolidadas a través de políticas de Estado de largo plazo que promuevan inversiones y un mayor financiamiento para la innovación, la investigación y el desarrollo. Es necesario desplegar una estrategia consensuada para la actividad agropecuaria y la producción de alimentos que implique un balance entre la sustentabilidad económica, social y medioambiental.

Estas posibilidades del país implican que la Argentina está en muy buenas condiciones para colaborar con el objetivo de la seguridad alimentaria y nutricional a nivel global.

Bibliografía

Anlló, G., R. Bisang y M. Campi (2013). *Claves para repensar el agro argentino.* Buenos Aires, EUDEBA.

Banco Mundial (2016). "Análisis Ambiental del País: Argentina", *Serie Informes Técnicos* Nº 9, mayo de 2016.

Bianchi, E., M. Piñeiro, M. Trucco y L. Uzquiza (2010). "Food Security Policies in Latin America", *Series on Trade and Food Security,* Policy Report 4, International Institute for Sustainable Development.

Geografía de la Argentina. CREDILIBRO, Ediciones Credimar, 1998.

González, Leandro M. (2015), "Proyecciones de la población argentina a lo largo del siglo XXI", *Notas de Población* Nº 101, julio-diciembre de 2015, Año XLII, pp. 37-58. Santiago, CEPAL, Nacional Unidas.

GPS (2015). *Objetivos y políticas para la agroindustria argentina 2015-2020.* Grupo de Países Productores del Sur, enero de 2015.

INDEC (2013). *Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040: total del país.* Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Interamerican Network of Academies of Sciencies (IANAS) & Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC (2012). *Diagnóstico del Agua en las Américas.* México, marzo de 2012.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2016). *Biotecnología argentina al año 2030: Llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo.* Libro digital, noviembre de 2016.

Ministerio de Planificación Federal (2011). *Plan Estratégico Territorial Avance II: Argentina Urbana. Lineamientos Estratégicos para una Política Nacional de Urbanización.* Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

OIM (2012). "El Impacto de las Migraciones en Argentina", *Cuadernos Migratorios* Nº 2, abril de 2012, Organización Internacional para las Migraciones, Oficina Regional para América del Sur.

Pascale Medina, C., M. Zubillaga y M. Taboada (Eds.). *Los suelos, la producción agropecuaria y el cambio climático: avances en la Argentina.* Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca.

Pellegrini, Pablo A. (2013). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina.* Editorial Universidad Nacional de Quilmes, 1ª edición.

Piñeiro, M., M. Myers y L. Uzquiza (2016). "Securing Global Food Supply: What Role for Latin American's Net Agricultural Exporters", The Dialogue and Group of Producing Countries from the Southern Cone (GPS).

Propato, T. y S. Verón (2015). La matriz energética argentina y su impacto ambiental, *Revista Ciencia Hoy,* Nº 144, julio de 2015.

Trigo, E. (2016). "Potential productivity increases in the Argentine agri-food production", Grupo de Países Productores del Sur (GPS), octubre de 2016.

UCA (2016). "Tiempo de Balance: Deudas Sociales Pendientes al Final del Bicentenario", Observatorio de la Deuda Social Argentina (OSDA), Universidad Católica Argentina.

Seguridad alimentaria y nutricional en Bolivia: Retos para administrar sus enormes riquezas

La quinua: el grano de oro heredado por los Incas, para alimentar al mundo.

Bolivia

[1] Einstein Tejada Vélez
[2] Marcelo Eduardo Arze García
[3] Mónica Moraes R.
[4] Franklin Bustillos Gálvez
[5] Daniela Raquel Larrazábal Vélez Ocampo
[6] Andrés Trepp del Carpio
[7] Lilibeth Leigue Arnéz
[8] Gonzalo Ávila Lara
[9] Jorge Blajos Kraljevic
[10] Carlos Arturo Mariscal Padilla
[11] Oscar Jesús Cabrera Coca
[12] Jaime Manuel Gutiérrez Guerra

Bolivia, a pesar de su gran diversidad biológica y biogeográfica, frente al cambio climático tendá el reto y la oportunidad de **invertir en ciencia y tecnología** que ayudarán a mitigar y a adaptarse a los futuros retos alimentarios

Resumen

Bolivia es un país que dispone de una amplia gama de incalculables riquezas, posibles de ser mensurables a partir de la abundancia y diversidad de sus recursos naturales, su cultura y sus tradiciones. Intensos contrastes existentes en su territorio y en su gente cincelan a este país, como un segmento del planeta generosamente favorecido por la diversidad. En territorio boliviano habitan poblaciones que, pese a contar con ese patrimonio, diferentes circunstancias marcaron episodios muy difíciles que atesoraron el espíritu de un pueblo que desarrolló destrezas y experiencias para sobresalir y adaptarse a la adversidad de situaciones extremas. Esto es especialmente evidente en el área rural, donde desde hace siglos los pequeños productores aprendieron a subsistir, producir y mantener a sus familias bajo arduas condiciones. No obstante, este inmenso escenario capaz de albergar potenciales sistemas productivos muy diversos y nutritivos, capaces de alimentar a mucha más población que a la que en este momento habita en el país, de manera sostenible y amigable con el medio ambiente, hoy día no está siendo manejado de manera planificada ni tecnológicamente apropiada. El crecimiento de la consciencia ecológica es un elemento crucial para alcanzar la subsistencia de las especies y los ecosistemas productivos en Bolivia, debido a la complejidad biológica donde interactúan cientos de especies en espacios reducidos; las acciones prioritarias para lograr la sustentabilidad agrícola no pueden separar los aspectos productivos de las consideraciones que promuevan el respeto de los otros recursos del ecosistema que caracteriza sus campos y especies productivas. Algunos escenarios potenciales para una mejor producción agrícola para las siguientes décadas están sentados sobre la base de la investigación científica, para generar capacidades de un mejor y óptimo aprovechamiento de nuevas formas de energía. El desarrollo de nuevos modelos de ordenamiento territorial y racional uso de los recursos permitirían concentrarse en estrategias de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático; así no solo se produce más, sino que se pierde menos de lo ya producido.

Introducción

Si se estableciera como punto de inflexión la situación ideal en la cual una población alcanza su estado óptimo de seguridad alimentaria y nutricional, cuando está respaldada por la soberanía alimentaria, entendida como el derecho que tienen los pueblos para controlar y decidir su propio sistema agroalimentario y productivo, pudiendo así acceder a alimentos sanos y nutritivos, culturalmente adecuados, producidos de forma sostenible y ecológica, frente a los datos que construyen la información actual de la situación real de la seguridad alimentaria en Bolivia, se podría llegar a inferir que su situación presente posiciona a este país dentro un rango de riesgo en los niveles de inseguridad alimentaria

nacional, agravada por una inadecuada nutrición que actualmente afecta ya a una cuarta parte de la población.

El habitante en Bolivia no solo está lejos de controlar el sistema agroalimentario que caracteriza a los factores de producción nacional, ya que la mención política de "agricultura familiar indígena originaria o campesina" no solamente carece de orientación agroecológica, sino que las numerosas leyes promulgadas no protegen su estabilidad alimentaria, ni el medio ambiente donde vive y produce. Dentro de las culturas extractivistas, los sistemas de pesca y recolección artesanal de alimentos en varias regiones del país mantienen procesos inequitativos que les resta autonomía. El comportamiento de las importaciones de productos alimenticios permite advertir que Bolivia tiende a depender de un mayor volumen y variedad de alimentos importados, tendencia que se ha agudizado durante los últimos años.

Esta situación provoca que los precios de varios alimentos que consumen los hogares bolivianos dependan cada vez más del comportamiento de los mercados internacionales; de esta manera, no se puede decir que el derecho humano a la provisión permanente de alimentos sanos, nutritivos, suficientes y culturalmente apropiados aún esté garantizado. Los procesos de parcelación extrema de la propiedad de las áreas productivas y la situación de degradación de la tierra que caracterizan al occidente del país, donde se concentra la mayor parte de los productores rurales, sumado a los crecientes procesos migratorios hacia los centros urbanos, son otras variables adicionales que coadyuvan crucialmente a agudizar la crisis de la producción campesina, por lo que su importancia como sector abastecedor de alimentos podría reducirse paulatinamente. En el plano regional, las regiones tropicales de llanura del país cuentan con tierras aptas para la agricultura que podrían consolidarse como más importantes para la producción agrícola en el país, cobrando mayor relevancia en la producción ganadera bovina, tanto de carne como de leche, así como en la producción avícola.

De ningún modo este documento integrador de generosas opiniones de expertos pretende ser una voz definitiva sobre la validez y alcances de uno u otro conceptos, sino que intenta constituir un espacio de análisis y discusión en los que participen los gobiernos y la sociedad civil. En poco tiempo podría convertirse en el tema más trascendental para definir la prolongación y sobrevivencia de la especie humana y de otros seres vivos. Definitivamente, Bolivia cuenta con todo el potencial y solo faltan actitudes, conocimientos y prácticas que, respetando los saberes ancestrales milenarios del medio, sean respaldados por el rigor de la ciencia y la investigación científica.

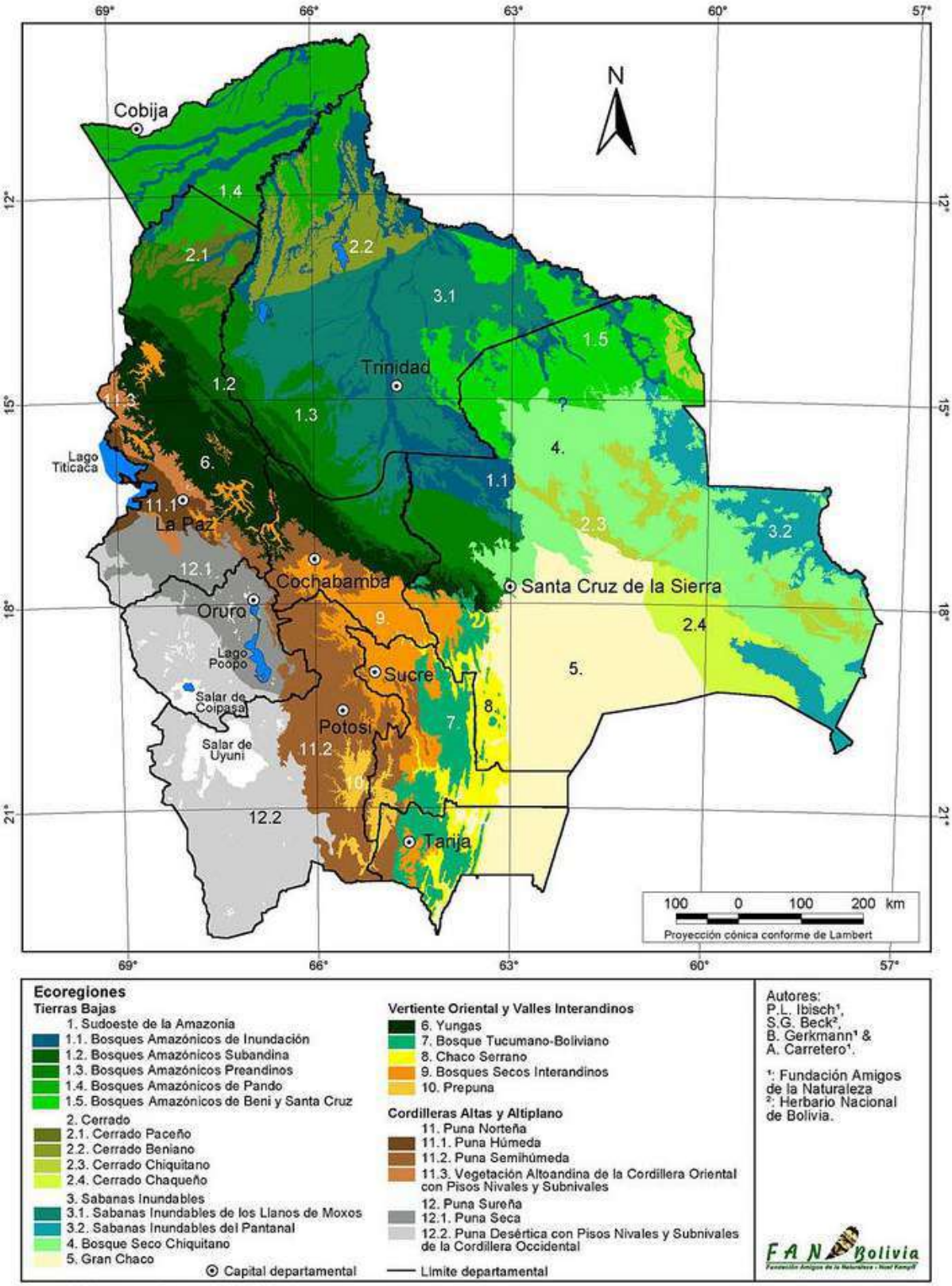
1. Características nacionales

1.1. Extensión física del país, recursos naturales y heterogeneidad ambiental y del paisaje

Bolivia es un país actualmente mediterráneo que limita al norte con Brasil, al sur con la Argentina, al oeste con Perú, al sudeste con Paraguay y al su-

[1] **Einstein Tejada Vélez** Académico de Número, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, einsteintejada@yahoo.com
[2] **Marcelo Eduardo Arze García** Director Ejecutivo de la Asociación Huellas, Bienestar y Naturaleza, marcelo.arze@planetahuellas.org
[3] **Mónica Moraes R.** Académica de Número, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia y Universidad Mayor de San Andrés, monicamoraes45@gmail.com
[4] **Franklin Bustillos Gálvez** Académico de Número, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, bustillosfrank@yahoo.com
[5] **Daniela Raquel Larrazábal Vélez Ocampo** Magister en Derecho Económico, dani.larrazabal.v.o@gmail.com
[6] **Andrés Trepp del Carpio** Académico de Número, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, treppcen@entelnet.bo
[7] **Lilibeth Leigue Arnéz** Expresidenta del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Bolivia, filial Cochabamba, lleigue@gmail.com
[8] **Gonzalo Ávila Lara** Presidente de la Fundación Universitaria Simón I. Patiño, g.avila@fundacionpatino.org
[9] **Jorge Blajos Kraljevic** Gerente General de la Fundación PROINPA, j.blajos@proinpa.org
[10] **Carlos Arturo Mariscal Padilla** Profesor y Exdecano, Facultad de Ciencias Pecuarias Universidad Autónoma del Beni, arturomariscal@uabjb.edu.bo
[11] **Oscar Jesús Cabrera Coca** Viceministro de Defensa Civil de Bolivia, oscarcabrerac@hotmail.com
[12] **Jaime Manuel Gutiérrez Guerra** Agrónomo experto en Evaluación Ambiental, jgutierrez_guerra@hotmail.com

Figura 1. Mapa ecológico de las regiones de Bolivia (Ibisch *et al.*, 2003)



Mapa de las ecoregiones de Bolivia.

doeste con Chile; tiene una extensión de 1,098,581 km². El territorio boliviano representa 0.2% de la superficie mundial. Debido a su gradiente altitudinal, que oscila entre 90 y 6,542 msnm, Bolivia es el octavo país con mayor riqueza biológica del planeta. Su territorio comprende cinco biomas, 23 regiones ecológicas y 205 ecosistemas. Sus bosques alcanzan alrededor de 3.5% de los bosques del mundo y, sin embargo, en el país se encuentran entre 45 y 55% de toda la diversidad biológica mundial (http://bolivianing.com/bolivia). Bolivia también se incluye entre los 10 países más diversos en vertebrados, con una aproximación de 3 mil especies. En este espacio geográfico megadiverso cohabita una de las reservas silvestres más grandes del mundo, distribuida en 422 especies de mamíferos (Bolivia posee la mayor población de jaguares y tapires a nivel mundial), 344 especies de reptiles, 642 especies de peces, 378 especies de anfibios, más de 1,450 especies de aves (http://labiodiversidadenbolivia.com).

Más de 17% del territorio boliviano son áreas protegidas y parques naturales. El enorme contraste de regiones a diferentes altitudes se debe a la Cordillera de los Andes, que en el territorio boliviano se divide en dos cadenas: la occidental y la oriental. A esta riqueza incalculable se suman los recursos genéticos que posee, dada su condición de país origen y su domesticación de especies útiles para la alimentación, medicina, industria y otras aplicaciones. Desde esa perspectiva, Bolivia es considerada un país inmensamente diverso, porque además cuenta con más de 20 mil especies de plantas, de las cuales 134 son especies maderables y más de 3,500 son especies botánicas de uso medicinal (http://www.bolivianland.net/).

1.2. Ecorregiones y medio ambiente, superficies

En Bolivia, las diferentes ecorregiones albergan gran diversidad biológica y son el resultado de grandes influencias biogeográficas en los Andes, la Amazonia, los Valles y el Gran Chaco, tanto en los aspectos antropológicos (Moraes & Beck, 1992; Navarro, 2002; Ibisch & Mérida, 2003; Navarro & Ferreira, 2007) como en las formas o costumbres de producción agropecuaria, que de muchas maneras también se ven afectadas por las influencias del cambio climático (Tejada, 2011). Con base en la interacción milenaria del hombre con el medio ambiente, se derivaron intensos mecanismos de adaptación, generando heterogéneos, tradicionales y seminaturales paisajes antrópicos en extensas planicies del Beni, áreas montañosas de los yungas de La Paz y en los Valles interandinos del lado Este de la cordillera (Navarro, 2002). Varios patrones de uso excesivo y colonización descontrolada afectaron el potencial productivo a largo plazo, en extensas áreas (Zonas alto Andinas del Este de la Cordillera y las tierras bajas del norte del Chaco), y por lo tanto reflejaron etapas de degradación y transformación del potencial vegetacional, como efectos directos de la presión permanente sobre los recursos (Killeen *et al*., 2005, 2008).

Los cinco enormes biomas de este país se subdividen en 23 ecorregiones, la mayoría agroproductivas (ver **Cuadro 1 y Figura 1**). Estas áreas comprenden el Altiplano y las Punas, dentro de las cuales aparece un gran rango de cadenas montañosas, planicies y montañas localizadas sobre los 3,500 m con un área de 254,392 km² equivalente a 23.2% del total de la superficie del país. Los valles cubren un área de 160,162 km², 14.6% de la superficie de Bolivia, incluyendo a los Yungas y las cabeceras montañosas. Las planicies aluviales (Regiones de Amazonas y del Chaco) tienen un área de 684,007 km², 62.2% del territorio nacional.

1.3. Territorio productivo y capacidad agropecuaria

El Censo Agropecuario 2013 de Bolivia empadronó 34,970,168 hectáreas (ha), que representan 32.4% de la superficie total (109,858,100 ha) y aportan a la seguridad y soberanía alimentaria del país. La superficie agrícola llega a 7,837,864 ha, de las cuales las hectáreas cultivadas en verano son 2,763,239; en segundo lugar están los pastos cultivados con 2,349,062 ha; en tercer lugar, las tierras en descanso con 1,635,898 ha y las tierras en barbecho con 1,089,665 ha. La superficie no agrícola alcanza a 27,132,304 ha. De este total, los bosques o montes tienen 13,775,113 ha, los pastos naturales 11,053,246 ha, otras tierras 2,153,726 ha y las plantaciones forestales 150,219 ha.

Entre los principales grupos de cultivo durante la campaña de verano 2013, 43.4% de la superficie fue cultivada con oleaginosas e industriales (999,369 ha con soya, y el resto con girasol, caña de azúcar y maní). Por otro lado, 31.9% de

Cuadro 1. Ecorregiones de Bolivia, altitud, superficie, y uso de la tierra

Región Ecológica	Altitud / Superficie	Uso de la tierra
1. Bosques de inundación amazónicos en Beni, Cochabamba, La Paz, Pando y Santa Cruz: Bosque amazónico llano, cuencas del Escudo Precámbrico. En franjas y cuencas de tamaños muy variables en las márgenes de los ríos.	100-500 m 63,588 km²	Uso de madera, colonización en crecimiento, uso de caucho y frutos silvestres. Los grandes ríos son las principales rutas de acceso en el Amazonas.
2. Bosques Amazónicos Subandinos de Santa Cruz: Zonas subandinas al norte del codo de los Andes en Bolivia.	500-1,000 m 23,529 km²	Aumento de la colonización, extracción de madera. Importante zona de hidrocarburos.
3. Bosques amazónicos pre-andinos en Beni y Pando: A 100 km de las últimas estribaciones andinas.	150-500 m 58,308 km²	Áreas de colonización; agricultura a pequeña escala de agricultores mecanizados a gran y pequeña escala (especialmente Chapare, Cochabamba, y Sara e Ichilo, Santa Cruz), del oeste del país, muchos bosques secundarios. Utilización forestal, importante zona petrolera.
4. Bosques amazónicos de Pando, Beni y La Paz: Llano amazónico: ligeramente ondulado al oeste, con afloramientos del Escudo Precámbrico hacia el oeste.	100-300 m 71,217 km²	Uso de madera, colonización en aumento y por tanto, agricultura. Grandes regiones tradicionalmente explotadas por recursos forestales no madereros: caucho y castaño. Área forestal extensa, peligro de deforestación (ver lado adyacente de Acre).
5. Bosques amazónicos de Beni y Santa Cruz: Planicies, penillanura precámbrica.	150-400 m 59,905 km²	Uso de madera, colonización y agricultura en aumento, hasta cultivos mecanizados de soya y girasol. Plantaciones de eucaliptos.
6. Cerrado de La Paz: Llanos de diferentes alturas y bajos, de suelos ácidos, afectados por lluvias e inundaciones, sobre todo por desbordamientos de ríos de agua clara.	180-500 to 1,000-2,000 m 9,837 km²	Muy poco ganado. Extensos y constantes cultivos de soya y girasol.
7. Cerrado de Beni y Pando: Sabanas planas y onduladas con diferencias de nivel de más de 20 m en el norte, inundaciones de lluvias por termitas lluvias; Suelos fuertemente degradados, erosionados y pobres en nutrientes, capas lateríticas con pisolitas.	100-200 m 27,171 km²	Poco ganado.
8 Cerrado Chiquitano de Santa Cruz: Llanos, paisajes de colinas y serranías, losas (inselbergs).	120-1,000 m 23,491 km²	Ganado. La alta frecuencia de incendios antropogénicos favorece la expansión de los campos de Cerrado a costa de los bosques.
9. Chaco-Cerrado de Santa Cruz: Llano con pocas y pequeñas colinas.	170-1,100 m 24,468 km²	Ganadería extensiva. Alta frecuencia de incendios antropogénicos.
10. Sabanas de inundación de los Llanos de Moxos en Beni, Cochabamba y Santa Cruz: Hierbas dominadas por gramíneas y ciperáceas; Plantas acuáticas y pantanosas (yomomo, curichi); Diferentes tipos de islas forestales, bosques abiertos (tajibales, palmares) y espinosos bajos (tusecales). Bosques de galería en la margen de los ríos.	100-200 m 94,660 km²	Ganadería, turismo. Impacto histórico en los ecosistemas por las culturas precolombinas de Moxos (Mojos), que establecen terraplenes, crestas, canales y diques.
11. Humedales del Pantanal en Santa Cruz: Especialmente llanuras con extensas áreas de inundación y grandes lagunas cerca del Río Paraguay. Suelos aluviales.	100-800 m 33,328 km²	Ganadería, turismo.
12. Bosque Seco Chiquitano en Santa Cruz: Llanos, serranías, losas (inselbergs - Escudo Precámbrico).	100-1,400 m 101,769 km²	Agricultura industrializada, ganadería a gran escala, explotación forestal, minería, transporte de productos petrolíferos (gasoductos).
13. Gran Chaco en Santa Cruz: Tarija y Chuquisaca: Llano con pocas colinas y pequeñas colinas.	200-600 m 105,006 km²	Ganadería, extracción de madera, leña, carbón, explotación de petróleo.
14. Yungas en Santa Cruz, La Paz y Cochabamba: Una región de bosques andinos casi perennes en la vertiente noreste de los Andes. Humedales parcialmente empinados al noreste de los Andes bolivianos (y peruanos).	1.000-4,200 m 55,556 km²	Agricultura (locoto-chile manzano, café, coca, cítricos), en la línea de vegetación arbórea especialmente papa, uso de leña, pastoreo, colonización en aumento.

Cuadro 1. Ecorregiones de Bolivia, altitud, superficie, y uso de la tierra (continuación)

Región Ecológica	Altitud/Superficie	Uso de la tierra
15. Bosque Tucumano-Boliviano: en Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca. Debido a la estacionalidad térmica y del agua (y temperaturas mínimas más bajas), se distinguen claramente de los bosques montanos húmedos al norte del Codo de los Andes, que en esta obra son considerados los Yungas (boliviano-peruanos).	800-3,900 m 29,386 km²	Uso de madera, actividad agrícola y aumento del pastoreo.
16. Chaco Serrano en Santa Cruz: Tarija y Chuquisaca: Cordilleras bajas de las últimas estribaciones de la cordillera oriental de los Andes, valles bajos, estribaciones.	700-2,000 m 23,176 km²	Agricultura, ganadería, explotación de petróleo.
17. Bosques Secos Interandinos en Cochabamba, Tarija, La Paz, Potosí y Chuquisaca: Gran variación en formaciones de plantas caducifolias que van desde los bosques secos en la región de los Yungas hasta los extensos valles del centro y sur del país.	500-3,300 m 44,805 km²	Agricultura, ganadería, uso de leña/madera; Problemas severos de erosión del suelo. Áreas pequeñas y en su mayor parte muy perturbadas en los bosques vírgenes prácticamente sin protección.
18. Prepuna en Tarija, Potosí y Chuquisaca: Valles semidesérticos más o menos anchos a seccionados, pequeñas llanuras.	2,300-3,400 m 8,516 km²	Ganadería (especialmente ovejas y cabras), un poco de agricultura, graves problemas de erosión del suelo.
19. Puna húmeda en La Paz: La vegetación natural está conformada por bosques siempre verdes (donde impera la especie de *Polylepis*) y ahora se encuentran en áreas menos pobladas. Fitogeográficamente es una región que muestra afinidades con la vegetación andina de alta montaña del norte de los Andes. Llano con colinas alrededor y al sur del Lago Titicaca, ubicada en las laderas de la Cordillera Real.	3,800-4,100 m 8,869 km²	Área de cultivo, crestas, ganado de ovejas y ganado. Explotación de minerales; turismo.
20. Puna semihúmeda en Cochabamba, Tarija, La Paz, Potosí, Oruro y Chuquisaca: Montañas bajas, altiplanos, valles. Bosques andinos destruidos casi por completo.	3,200-4,200 m 67,600 km²	Área ganadera de ovejas y ganado, cultivos fortuitos. Explotación de minerales; turismo.
21. Vegetación de la alta montaña Andina de la Cordillera Oriental con piso nival y subnival en La Paz y Cochabamba: Valles glaciares con lagunas, pendientes, picos, cumbres rocosas.	4,000-5,100 m 8,137 km²	Ganado de ovejas y camélidos, algunos bovinos. Turismo. Explotación de minerales; problemas de erosión del suelo.
22. Puna seca en La Paz, Oruro y Cochabamba: Altos índices de aridez que pueden inhibir el desarrollo de una extensa vegetación forestal en pisos bajos (sólo hay bosques o áreas de chaparral en pequeñas áreas con *Polylepis tarapacana* y *P. tomentella*). Montañas bajas, altiplanos, amplios valles del río Desaguadero.	3,500-4,100 m 35,973 km²	Zona de ganado de ovejas y camélidos.Quinoa cultivada localmente (*Chenopodium quinoa*) y cañahua (*Ch. pallidicaule*).
23. Desierto de la Puna con pisos nival y subnival de la Cordillera Occidental en La Paz, Oruro y Potosí: Limita con el desierto de Atacama. La mala cobertura vegetal por las bajas precipitaciones y las bajas temperaturas es característica; Sólo hay elementos bióticos presentes en un solo piso (*Nototriche turritella* en la Cordillera Occidental). Cerros / volcanes, serranías, extensas planicies, tierras altas, valles con poca vegetación, dunas, salares.	3,800-7,000 m 100,204 km²	Área ganadera de camélidos, ovejas y pocos bovinos. Explotación de minerales y halógenos; turismo.

Fuente: Modificado de Ibisch *et al.*, 2003.

la superficie se destinó para el cultivo de cereales (390,668 ha con maíz, y el resto sorgo en grano, arroz con cáscara, quinua y trigo). Los tubérculos y raíces con 7.5% de la superficie (170,447 ha con papa), las hortalizas con 3.9%, los frutales con 5.8%, los forrajes con 6.1% y los estimulantes con 1.4% (http://www.paginasiete.bo/economia). En Bolivia existen 872,676 Unidades Productivas Agropecuarias (UPA), de las cuales 28.1% se encuentra en el departamento de La Paz, 20.8%, en Cochabamba y 14.2% en Potosí (http://www.ine.gob.bo/pdf/boletin/).

1.4 Principales limitantes en la productividad agropecuaria nacional

1.4.1 Baja disponibilidad de riego

Apenas 7.1% de la superficie cultivada en Bolivia cuenta con sistemas de riego. La gran mayoría de la agricultura sigue siendo a secano, es decir, el desarrollo de distintos cultivos depende de las lluvias; esta limitación se empeora en el contexto del cambio climático que se expresa de diferentes maneras, como la sequía extrema que se vive durante esta gestión agrícola (2016-2017). Así, 286,536 UPA, que representan 32.9% del total de UPA censadas en el país, cultivaron 268,844 ha a través de distintos métodos de riego (INE, 2016). Según la Unidad de Problemática Rural y Agraria (UPRA), creada por el Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA), esto "explica en parte la baja productividad que caracteriza a la producción agrícola del país, así como la escasez de varios productos agrícolas en determinados momentos del año, situación que obliga a su importación masiva de manera temporal" (http://www.elpaisonline.com).

1.4.2 Baja inversión pública en agua y agricultura

Los montos de inversión pública destinados al sector agropecuario y al de recursos hídricos (agua) disminuyen continuamente. Según datos presentados por la Fundación Jubileo, con base en el Presupuesto General del Estado (PGE) 2016, el presupuesto asignado al sector agropecuario el año 2015 fue de US$ 447 millones, monto que bajó para 2016 a US$ 354 millones, lo cual representa una reducción de 21%. Para el año 2017, el PGE presentado por el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas vuelve a reducir el presupuesto del sector agropecuario, de los US$ 354 millones para 2016 a US$ 197 millones, que representa una reducción de 44%. Por su parte, el sector de recursos hídricos (agua) tenía asignado un presupuesto de US$ 70 millones en 2015 y sufrió una reducción en 2016 de 21%, por lo que este sector contó con US$ 55 millones este año. Según la presentación del MEFP, el presupuesto de 2017 para recursos hídricos será de US$ 24 millones, lo que significa otro recorte para este sector, ahora de más de 56%. Lo irónico es que todo esto sucede actualmente en un contexto de severa sequía y donde apenas 7% de la superficie cultivada en Bolivia cuenta con sistemas de riego (http://www.elpaisonline.com).

1.4.3 Características no equitativas del riego en Bolivia

La mayor parte de las explotaciones agropecuarias que utilizan riego se sitúa en las regiones de los valles y el Altiplano (94%), concentrando 68.1% del total de la superficie cultivada bajo riego (o sea, de ese 7.1%). Debido al peso que tienen las UPA con riego en las regiones de los valles y del Altiplano y al escaso desarrollo del riego en los llanos, el promedio de ha cultivadas con riego es extremadamente bajo (0.93 ha/cada unidad productiva). Finalmente, la UPRA resalta que "once cultivos concentran el 71.3% del total de la superficie cultivada bajo riego en el país" y que, por orden de importancia, son los siguientes: maíz, papa, alfalfa, soya, arroz, haba verde, cebolla, durazno, trigo, cebada grano, y caña de azúcar, entre otros (http://www.elpaisonline.com/).

1.5. Características demográficas y tendencias futuras, antropología cultural alimenticia y consideraciones de salud

1.5.1. Características Demográficas

La población proyectada de Bolivia a junio de 2015 era de 10,825,000 habitantes (www.ine.gob.bo/pdf/boletin/NP-2015-64-pdf); sin embargo, el ritmo de crecimiento demográfico, entre los Censos de 2001 y 2012, se desaceleró a solo 1.71% anual, frente a 2.05% (1950-1976), 2.11% (1976-1992) y 2.74% (1992-2001), considerados como los más altos de América del Sur. Este descenso brusco obedece a una dinámica demográfica caracterizada por:

a. La reducción de la tasa de fecundidad, cuyo promedio de hijos por mujer se redujo de 6.7 en 1960 a 3 hijos por mujer (de 15 a 49 años) en 2015 (*La Razón*, 2013). Para 2025 se proyecta a solo 2.5 hijos(as) por mujer, descenso atribuido a la mayor concientización sobre la procreación responsable;
b. La elevada tasa de mortalidad, sobre todo, en los primeros años de vida (0 a 5 años) y a partir de los 65 y más años de edad, se atribuye a las precarias condiciones y servicios de salud, agravada por la incidencia de la desnutrición, malnutrición e insalubridad;
c. La creciente migración externa. Entre los censos 2001 y 2012 se registró "la salida de 562,461 bolivianos" (www.ine.gob.bo/pdf/boletin/NP-2015-64-pdf), atribuida en gran medida a la falta de oportunidades y de trabajo en el país;
d. Baja densidad demográfica, pues solo hay 9.13 habitantes por Km² (Censo 2012) y es la densidad más baja de Suramérica;
e. Desigual distribución poblacional que concentra 71% (2015) en solo tres Departamentos (La Paz, Santa Cruz y Cochabamba); y
f. Situación de pobreza. Según la FAO, basados en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), a 2011 "44.95% de la población boliviana se encontraba en condición de pobreza; en tanto que 20.87% estaba en situación de pobreza extrema" (www.fao.org/bolivia).

1.5.2 Tendencias demográficas futuras

La población boliviana muestra a futuro las siguientes tendencias: Descenso en el ritmo de su crecimiento poblacional, disminución de la población de niños y adolescentes (de 0 a 19 años), predominio de la población adulta (de 20 a 59 años) y aumento de la población de adultos mayores (de 60 y más años). La esperanza de vida, según el INE (www.ine.gob.bo/pdf), en 2015 fue de 71.3 años (68.1 años para varones y 74.6 años para mujeres), y para 2025 se proyecta a 76.1 años. Se acentuará la concentración urbana frente a un severo despoblamiento rural: en 1950, Bolivia era rural (65%); en 2015, la relación se invierte a urbana (69.1%) y se proyecta a 2030 urbana 75.2% y a 2050 rural solo 18.8%, lo cual es inaudito y debe detenerse (www.cepal.org/es). La proyección a futuro, según el INE, indica que la población entre 2000 y 2020, según pisos ecológicos, aumentará así: en el Altiplano solo 36.88%, en los Valles 71.52% y en los Llanos 108.46%.

1.5.3 Antropología cultural, hábitos y patrones productivos de alimentos

Lo que hoy es Bolivia fue cuna de culturas y civilizaciones esencialmente agrícolas e hidráulicas; empero, desde la Colonia predomina una cultura y economía extractivista, primaria exportadora, que priorizó la explotación de minerales y más recientemente los hidrocarburos (gas natural). Esta cultura material e inmaterial marginó a la agricultura; no obstante, sobrevivió y, actualmente, en la Región Oriental y del Sur prosperan la agricultura (animal, vegetal y forestal) y la agroindustria. En cambio, en la Región Occidental y Central (altiplano, valles y yungas) la producción de alimentos es tradicional, empírica, unifamiliar y minifundiaria; de rendimientos, productividad e ingresos bajos; incapaz de satisfacer a plenitud sus necesidades alimenticias. Por eso, contingentes de campesinos no solo han dejado de producir alimentos, sino han migrado a las ciudades y al extranjero.

En cuanto a los hábitos alimenticios del boliviano, tradicionalmente se basaban en productos naturales y nutritivos, pero, recientemente, de manera preocupante se alienan y ceden ante las foráneas comidas rápidas (chatarra) y los productos ultra procesados. Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en Bolivia expresaba: "Los productos ultra procesados están desplazando la dieta tradicional boliviana. Se habla de aquellos con poco o nulo valor nutritivo, casi sin elementos naturales" y en ello "tiene que ver mucho la publicidad, inclusive la dirigida a los niños" (*La Razón*, 2015).

1.5.4 Principales trastornos de la salud debido a la alimentación

Especialmente en las ciudades, "el desorden nutricional sigue siendo uno de los principales factores que desencadenan enfermedades prevenibles" como las gastrointestinales, cardiovasculares, diabetes y la obesidad, entre otras. Al respecto, la OMS advertía que "la prevalencia de ciertos males ha aumentado como consecuencia de los malos hábitos alimenticios y que afectan inclusive a los niños: Santa Cruz presenta los índices más altos

de diabetes con 300 mil personas (15%) y unos 400 mil niños sufren de diabetes en Bolivia, según datos de 2012 del Ministerio de Salud" (http://www.eldeber.com.bo).

En gran medida, la desnutrición, la malnutrición y el desorden alimenticio son resultado de la falta de educación, orientación, información y conocimientos, además de la influencia imperante de ciertos usos, costumbres y tradiciones de la cultura alimenticia local y regional; en el occidente prevalece el consumo de la papa y fideos, y en los llanos de la yuca y el arroz (http://www.eldeber.com.bo).

En el área rural, para suplir y completar su magra alimentación, los campesinos recurren a las ciudades para adquirir alimentos; y, en la región de los Yungas (subtropical), notoriamente han dejado de producir sus alimentos y frutas y se han volcado, por razones de mercado, a la producción de coca; e, irónicamente, importan alimentos y frutas. Una proporción de la población campesina, minera, obrera y periurbana mastica la coca como un suplemento y paliativo alimenticio.

En consecuencia, alimentación, nutrición, seguridad y soberanía alimentaria deben merecer el trato de "asunto de Estado", ya que resulta inaudito que Bolivia, poseyendo una reducida población y un inmenso territorio capaz de producir todo tipo de alimentos, sea considerado vulnerable, dependiente y con inseguridad alimentaria crónica.

1.5.5 Mayores exportaciones e importaciones de productos alimenticios

Desde el año 2010 a 2015, según lo reportado por el INE (2017), las principales exportaciones de Bolivia en el ámbito alimenticio fueron: soya, subproductos de soya, quinua y castaña. En el caso de la soya y sus subproductos, durante el año 2014 se alcanzó un total de US$ 992,774,000; el año 2015 disminuyó en US$ 201,554,000, es decir, una reducción de 20.3%. La quinua es un producto que llamó la atención en cuanto al crecimiento en su exportación, ya que en 2010 se exportó un total de US$ 46,648,000; en 2011, US$ 63,446,000; en 2012, US$ 79,916,000; en 2013, US$ 153,259,000 y en 2014, US$ 196,637,000; esto como consecuencia y efecto de la declaratoria del Año Internacional de la Quinua, promovido por la ONU. Sin embargo, en el año 2015 las exportaciones sufrieron un descenso debido a múltiples factores adversos de orden político y competencia internacional de precios, alcanzando un total de US$ 107,706,000, es decir, 54.8% menor al año anterior; en consecuencia, la República del Perú, priorizando la producción masiva de quinua convencional, no orgánica y consecuentemente más barata, superó a Bolivia en sus volúmenes de exportación hasta en 10.75%.

Por otra parte, la castaña (nueces en el Brasil) alcanzó un crecimiento importante, pasando de US$ 103,713,000 en el año 2010, a US$ 192,027,000 en el año 2015, con un crecimiento en términos porcentuales de 85% (INE, 2017).

Se debe tomar en cuenta que las principales exportaciones del país no se centran en productos alimenticios. De acuerdo con información del INE (2017), actualmente 80% de las exportaciones de Bolivia está concentrado en gas y minerales, y el 20% restante está dentro de la categoría de exportaciones no tradicionales. Entre el período 2010 a 2015 las importaciones de alimentos en Bolivia representaron US$ 3,218 millones y, según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE, 2017), el pico más elevado se presentó en 2014. A septiembre de 2016 se importó un total de 458 productos, entre los principales, harina de trigo por US$ 65 millones, que representa 36% del total del volumen importado; trigo en grano por un total de US$ 11 millones, representando 9%; malta sin tostar por US$ 22 millones, que representa 6%; las papas o patatas con US$ por 1 millón, que representa 6%; y manzanas frescas por US$ 12 millones, que representa 5% (IBCE, 2017). Los principales proveedores de alimentos para Bolivia, desde enero hasta el tercer trimestre de 2016, fueron la Argentina con US$ 156 millones, en segundo lugar Chile con US$ 67 millones, seguido por el Brasil con US$ 50 millones, Perú con US$ 44 millones y EUA con US$ 39 millones (IBCE, 2017).

2. El desafío de la energía en la seguridad alimentaria y nutricional

El tema de la inseguridad alimentaria y nutricional es un asunto que abarca una multitud de aspectos y disciplinas como son demografía, población e índices de pobreza, agroeconomía y economía de la

producción de alimentos, entre otros, por lo que debe ser tratado no simplemente de modo *multidisciplinario*, donde tradicionalmente intervienen sin integrarse diferentes disciplinas colaborando independientemente en el proyecto común, ni tampoco de modo *interdisciplinario*, donde participan diferentes disciplinas cumpliendo una cierta integración que considera procedimientos, técnicas y prácticas de cada una de ellas. El problema debe ser más bien abordado bajo un enfoque de tipo *transdisciplinario*, que procure llevar a cabo la mayor integración, tanto teorética como práctica y articular conceptualmente sus orientaciones, postulados, prácticas, análisis y metodologías, a fin de crear un nuevo mapa cognitivo más realista sobre el tema. Se requiere contar con conocimientos *transespecializados* (http://prof.usb.ve/miguelm), y no deja de constituir una vía promisoria para planificar y organizar la seguridad alimentaria y nutricional de un país como Bolivia.

En el concepto de transdisciplinariedad, señálese por ejemplo que la variable 'seguridad alimentaria y nutricional' de una sociedad puede ser concebida como la forma de una 'esencia característica' análoga a la energía, en el sentido de que solo puede cambiar de forma, degradarse a una condición de menor calidad o terminal, o bien crecer o mejorar bajo ciertas condiciones y acciones. Esta cualidad es, entonces, factible de ser manejada mediante los conceptos de las leyes extendidas de la termodinámica clásica a la termodinámica de los sistemas organizativos, y los principios lógicos de la ciencia clásica ampliados a esta ciencia (Trepp, 2017). Un importante flujo tal es la energía, y esta se presenta en dos corrientes diferentes en el tema de la seguridad alimentaria y nutricional: la primera tiene que ver con la ingesta de alimentos y la nutrición que son necesarias para mantener la vida biológica; esto define una potencia alimenticia necesaria por persona (kcal/día) que debe ser garantizada, lo que a su vez define la segunda corriente de energía requerida, que se refiere a aquella que es necesaria para la producción de los alimentos y que debe cumplir con condiciones mínimas de calidad, inocuidad, nutrimento, economía, competitividad, eficiencia y otros.

Desde el punto de vista técnico, en la agricultura la necesidad y consumo de energía para la producción depende de las tecnologías y materiales empleados en las diferentes fases y procesos que tienen lugar. Asimismo, en la actividad técnica pecuaria, los requerimientos y el uso de energía están condicionados por las prácticas y tecnologías de crianza, manejo y cuidado de las distintas especies pecuarias empleados para la explotación alimentaria. La pecuaria demanda a su vez seguridad alimentaria y nutricional para esos animales, aspecto que recae en retorno sobre la producción agrícola de forrajes y otros vegetales para tales fines.

La seguridad alimentaria viene a constituir, entonces, un aspecto determinado de la planificación energética del sector productivo rural de un país, la que a su vez forma parte de la planificación del desarrollo rural en general de éste. Mediante la planificación energética agropecuaria se estudia los requerimientos de energía para la producción de bienes agropecuarios –y particularmente de alimentos–, según la aplicación de diferentes tecnologías que están determinadas por factores ecológicos naturales y sociales, así como por agentes culturales y económicos que condicionan las labores y actividades de los productores.

La organización de la seguridad alimentaria y nutricional se basa, entonces, en la planificación energética del sector productivo rural, la que arranca de un análisis energético de la producción de bienes y productos alimenticios, cualquiera que sea la metodología de planificación empleada. El análisis energético en este caso consiste, a grandes rasgos, en la determinación de los consumos de energía durante la producción de alimentos en una situación base de partida, para luego concebir las metas a perseguir y los escenarios a alcanzar en definidos horizontes de tiempo. Los consumos de energía por producto son establecidos mediante la 'medición' de consumo por tiempos, usos y cantidades, según las distintas tecnologías, métodos y labores de producción aplicados en las diferentes zonas biogeográficas de producción que determinan los correspondientes patrones de consumo energético.

El análisis energético debe ser llevado a cabo en función de dos grupos de variables explicativas que permiten interpretar con cierta precisión los usos de la energía: las socioeconómicas y las socioculturales. En el primer grupo entran, por ejemplo, las infraestructuras energéticas –como el creciente interés del actual Gobierno por convertir a

Bolivia en el centro energético de Latinoamérica, mediante la construcción de varias represas antiecológicas por distintos lugares del país– y de comunicaciones, tipo de unidades de producción, tenencia de la tierra, importancia del producto y otros; y en el segundo grupo se consideran la organización social, cosmovisiones instrumental y orgánica, manejo del espacio físico-natural, manejo del ecosistema, racionalidades tecnológica y energética, grupos humanos socioculturales y socioeconómicos, entre otros (Gallo, 1989).

El análisis y la planificación energética de la producción de alimentos en el sector productivo rural deben incorporar una variable que considere los efectos del cambio climático y del calentamiento global para mitigar sus consecuencias en la seguridad alimentaria. Al respecto, conviene recordar que las civilizaciones andinas ya prevenían la inseguridad alimentaria que podía ser provocada por efectos climáticos y meteorológicos, con la desecación de productos agropecuarios –especialmente tubérculos–, cuya conservación podía extenderse inocuamente hasta unos 15 años sin perder sus propiedades (http://agroingeniero.blogspot.com). Dados los peligros meteorológicos y climáticos que amenazan a la producción rural en el futuro, es factible optar por prácticas comunitarias análogas a las ancestrales, de almacenamiento y previsión alimentaria.

La producción de alimentos, para garantía de la seguridad alimentaria, tiene que resolver problemas crónicos que le afectan. Por ejemplo, mitigar y controlar las limitaciones de la práctica estacional de la agropecuaria a secano, lo que demanda la introducción imperiosa del riego. También es apremiante reducir las pérdidas de ganado que ocurren estacionalmente, debido a sequías extremas o por inundaciones que abarcan amplias extensiones de campos de pastoreo.

Se necesita mayor estabilidad política pertinente, en particular respecto a la concepción y sustento de políticas y planes que garanticen la consistencia, perdurabilidad y continuidad, por una parte del suministro y control del agua y, por la otra, del abastecimiento de energías comerciales y, en su defecto, el aprovechamiento renovable de las fuentes de energía localmente disponibles.

Finalmente, las perspectivas futuras de la seguridad alimentaria en el contexto nacional tienen que ver con la recuperación de la autonomía alimentaria debido a que, en gran medida, el abastecimiento de una parte importante de bienes y productos agrícolas para la alimentación en Bolivia proviene del exterior e ingresa por vías ilegales. Mientras perduren estas circunstancias, parece no poder encontrársele sentido a la inversión de esfuerzos intelectuales y materiales en el tema de la planificación energética de la organización de la seguridad alimentaria y nutricional.

3. Estado nacional de la investigación agropecuaria

3.1 Ajustes institucionales, investigación científica a favor de la seguridad alimentaria y nutricional, y universidades

En el ámbito académico, en 2013, el Viceministerio de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación presentó el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI). En Bolivia, la generación de ciencia, tecnología e innovación se da por varios tipos de oferentes: ONG, consultoras, proyectos y programas de gobierno e instituciones de investigación, públicas y privadas; por ello, el PNCTI fue elaborado en un proceso participativo con protagonismo de la academia constituida por las universidades públicas, privadas y centros de investigación, el Gobierno central y la empresa productiva.

El principal marco normativo de elaboración del PNCTI se basó en los siguientes documentos: en la Nueva Constitución Política del Estado, cuyo Artículo 103 garantiza el compromiso del Estado para el desarrollo de la ciencia y la investigación científica, técnica y tecnológica en beneficio del interés general, destinando los recursos necesarios y creando el Sistema Estatal de Ciencia y Tecnología; en la Agenda Patriótica a 2025 que establece 13 pilares de desarrollo, siendo el Pilar 4 la Soberanía Científica y Tecnológica con Identidad Propia y el Pilar 8 la Soberanía Alimentaria a través de la Construcción del Saber Alimentarse para Vivir Bien; en el Plan Estratégico Institucional (PEI) del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, que establece en su mandato político el formular, ejecutar y evaluar políticas referidas a seguridad y soberanía alimentaria del país, así como inocuidad

alimentaria; y en la Ley Avelino Siñani-Elizardo Pérez que establece, entre los fines de la educación, el impulsar la investigación científica y tecnológica asociada a la innovación y producción de conocimientos como rector de lucha contra la pobreza, la exclusión social y la degradación del medio ambiente, en congruencia con la Ley de la Revolución Productiva y Comunitaria que en sus alcances establece "Sistemas de investigación, innovación tecnológica y de información oportuna".

El impacto alcanzado mediante la elaboración del PNCTI en el sector agropecuario radica en que éste enfatiza el potenciamiento de la infraestructura científica y tecnología básica, con investigadores y centros o institutos de investigación en las universidades públicas de los nueve departamentos del país; sin embargo, resulta aún ilusorio pensar que esta buena intención ya ha sido cumplida en toda su extensión y espacios institucionales. Este potencial está diseñado para extenderse a varias universidades privadas y al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), aunque tampoco está totalmente desarrollado de manera operativa; al respecto, se reconoce que el eje nacional (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz) muestra mayor cantidad de centros de investigación y potencial más diversificado, si bien no cubre la demanda de los pequeños productores del sector. Un objetivo de alto nivel es aportar seguridad alimentaria a la soberanía mediante la generación de Centros de Tecnología e Innovación para la mejora de la productividad y competitividad del sector, aunque hasta el momento no deja de constituirse en una muy buena intención todavía no alcanzada en el ámbito nacional, mucho menos en las regiones alejadas de las principales ciudades capitales.

Si bien este Plan está orientado al logro de los objetivos establecidos en las políticas del Gobierno, en relación con seguridad y soberanía alimentaria, el Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB) –en su condición de Organismo de Programación, Coordinación y Ejecución– elabora su propia Estrategia Universitaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, que en todo caso asigna mayor importancia y dedicación al tema como lo hace el Gobierno, precisamente basados en las ventajas comparativas de poder aglutinar a los estratos técnicos profesionales mejor formados en el contexto nacional, a diferencia del insuficiente nivel técnico científico que conforma las filas laborales de las instituciones dependientes del Estado.

Ese es el caso de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), por ejemplo, en cuyo amplio complejo académico muy diverso se llegan a establecer prioridades temáticas dentro de objetivos socioeconómicos de mayor aflicción para la sociedad, como la seguridad y soberanía alimentaria. Esas prioridades son las que determinan las orientaciones de la asignación de recursos económicos propios y de cooperación internacional, destinados a proyectos de investigación científica, bajo esquemas altamente competitivos para su acceso.

Aunque el financiamiento para las actividades de ciencia y tecnología continúa siendo un problema sin resolver en el país, los objetivos están orientados a lograr una mayor vinculación con el sector demandante de conocimientos, y ello se refleja en el esfuerzo impreso en la conformación de redes de información y publicación disponibles a nivel nacional e interinstitucional (Asamblea Constituyente, 2008; Asamblea Legislativa, 2010; Comité Ejecutivo de Universidades Bolivianas, 2011; Estrategia Universitaria Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación, 2011; DICyT de la Universidad Mayor de San Simón, 2011; Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, 2010; Ministerio de Comunicación, 2016; Viceministerio de Ciencia y Tecnología, 2013, y otros). Estas redes, además de propiciar espacios de encuentro, intercambio informativo y mayor coordinación, permiten disponer de información actualizada que facilita la obtención de panoramas más claros del contexto global de una determinada situación, como –por ejemplo– acerca del estado de la seguridad alimentaria en el plano nacional.

4. Producción agropecuaria, mejoramiento y estado del desarrollo

4.1 Producción agrícola, fitomejoramiento y su contribución a la seguridad alimentaria

Las políticas sobre la seguridad alimentaria en Bolivia históricamente han priorizado un sistema tendente a la autarquía o autosuficiencia en la producción de los principales alimentos consumidos en el país, aprovechando la gran cantidad de

pisos térmicos existentes por las diferencias altitudinales y la vecindad a la línea del Trópico de Capricornio; esto hace que en el sur y centro del país –especialmente en la zona andina– las estaciones del año tengan diferencias térmicas y de horas de luz, si bien no fuertemente marcadas, sí lo suficiente para permitir el cultivo de algunas especies originarias de la zona del Mediterráneo y del Medio Oriente, pese a que todo el país está ubicado en la faja tropical del globo. La baja densidad demográfica en Bolivia permite producir una buena proporción de los alimentos consumidos, aunque la mayor parte de la superficie nacional presenta suelos con reducida vocación agrícola.

El norte y la región oriental de todo el país presentan terrenos planos o algunos con serranías bajas, abarcando dos terceras partes de la superficie; la precipitación pluvial en el norte y en la zona subandina es alta y disminuye al sur hasta conformar una zona semidesértica. En esta amplia llanura con clima tropical están ubicadas las siguientes regiones agrícolas:

1. **Llanura Fértil de Santa Cruz.** Abarca una región plana con suelos fértiles y profundos originados por el depósito aluvial del Río Grande, y constituye la región agrícola más importante del país, donde se concentran los capitales invertidos en el rubro y los servicios para una agricultura moderna basada en el uso de semillas certificadas; posee la mayor concentración de industria agroalimentaria.
2. **Región del Alto Amazonas.** Situada en todo el Departamento de Pando, algunas provincias del norte de los departamentos de La Paz, Beni y el noreste de Cochabamba presentan bosques naturales que luego de un desbosque en poco tiempo se acidifican; actualmente son muy poco usados para la agricultura.
3. **Región de la Chiquitanía.** Situada al norte y este del Departamento de Santa Cruz, presenta serranías bajas y también suelos ácidos; la principal actividad de la zona es la ganadería. Después del desbosque se siembran pastos perennes muchas veces asociados a cultivos.
4. **Región de la Sabana del Beni.** Situada dentro el Departamento del Beni, es una pradera que en parte se inunda algunos meses del año, con cordones o manchas boscosas, también con suelos ácidos; en esta región la cría de ganado vacuno es la actividad económica más importante.
5. **Región del Chaco.** Se extiende al sureste del país, en los departamentos de Tarija, Santa Cruz y Chuquisaca. La zona agrícola abarca una estrecha franja adosada a la cordillera andina; el resto presenta un régimen de precipitación pluvial escaso y concentrado en pocos meses, formando bosques de dosel bajo y espinoso. En esta zona se practica una ganadería basada en el ramoneo.
6. **Región Andina.** Abarca el sur y centro occidental del país con tres ecorregiones: a) El Altiplano, que es una planicie ondulada entre los 3,400 y 3,700 metros de altitud, entre las cordilleras Occidental y Oriental o Real; las precipitaciones son mayores al norte y escasas al sur; se cultivan especies de origen alto-andino y especies introducidas tolerantes al frío; las bajas temperaturas, el déficit hídrico y la salinidad de los suelos de la zona sur son los factores limitantes para la agricultura en esta región; b) Región de los Valles Templados, se refiere a valles abiertos y cerrados que se han formado en la Cordillera Oriental, entre los 1,500 y 2,900 metros de altura, con clima templado; en esta región se cultiva la mayor parte de las hortalizas consumidas en el país y frutales de clima templado; c) Región de los Yungas, se ubica en la vertiente oriental de los Andes en los departamentos de La Paz y Cochabamba; en algunas laderas con pendientes menos pronunciadas se cultivan especies con destino a la alimentación, especialmente en el Departamento de La Paz.

En octubre de 2014, el gerente del IBCE sostuvo, con datos del INE, que Bolivia es superavitaria en la producción de alimentos. El gerente agregó que la principal importación de alimentos que realiza Bolivia es de trigo y harina. "Somos un país que, en su balance alimentario con el mundo, somos claramente superavitarios gracias a la exportación de soya, girasol, azúcar, chía, quinua, frejol, leche, entre otros productos, de tal manera que entre las sumas y restas somos un país que exporta mucho más de lo que importa", señaló.

Según los datos del INE, la importación de alimentos de enero a agosto de 2014 fue de US$

477 millones, mientras que las exportaciones generaron US$ 729 millones, lo que deja un saldo comercial positivo de US$ 252 millones. El experto en comercio exterior señaló que, si bien el país importa algunas verduras y frutas, esto se debe principalmente a temas de estacionalidad. Apuntó que no hay país que genere todos sus alimentos y prescinda de la importación.

4.2 Relación entre la población humana y la producción agrícola, análisis de población en estado de desnutrición

Según el INE, el año 2012 la población boliviana era de 10,351,181 habitantes y se espera que en 2020 la población crezca hasta 11,633,371 habitantes. Con base en los últimos censos, la tasa de crecimiento poblacional está disminuyendo considerablemente, aunque todavía sigue siendo la más alta entre los países de la región. Por otra parte, las estadísticas publicadas por el INE muestran incrementos productivos importantes en los últimos años. En el **Cuadro 2** se presentan los porcentajes de las diferencias entre el promedio de la producción de los años agrícolas 1099/2000, 2000/2001 y 2001/2002 en relación con el promedio de los años 2010/2011, 2011/2012 y 2012/2013. Según el PMA, Bolivia presenta una tasa de desnutrición crónica cercana a 25%, porcentaje por encima de la media de la región, mientras que según la FAO es de 15%. Fuentes gubernamentales afirman que la desnutrición crónica afecta a menos de 10%.

Las estadísticas también enmascaran otro aspecto que es preocupante, porque el incremento de la producción se debe en buena parte a la ampliación de la frontera agrícola con desbosques importantes, antes que a incrementos de la productividad o rendimientos por unidad de superficie. Obviamente, esta situación no es sostenible a largo plazo. Un análisis particular de los cultivos que se presentan en el **Cuadro 2** durante el mismo periodo, muestra que en el caso de los cereales y pseudocereales, el incremento de la productividad por hectárea como efecto del uso de variedades mejoradas y un mejor manejo tecnológico, fue muy disparejo: el rendimiento del cultivo del arroz creció 42%; el trigo, 34.1%; el sorgo, 7.5%; el maíz, 4.4%, mientras que la productividad de la quinua disminuyó 12.9%. Una fuente muy importante de carbohidratos en el país son la papa, la yuca y el plátano; los tres cultivos registran una disminución del rendimiento entre 11.3 y 11.5%. Los frutales –como el banano y la uva– incrementaron la productividad en 37.3% y 22.4%, respectivamente, por efecto del uso de variedades mejoradas y de mejor tecnología del cultivo. Los cultivos de durazno y piña también incrementaron su productividad entre 6 y 7%, mientras que en los otros cultivos se registraron disminuciones en los rendimientos por efecto de enfermedades y plagas, y el uso de tecnologías de producción obsoletos. Entre las hortalizas, la cebolla mostró un importante incremento en su productividad (62,4%); la del frijol y del ajo se incrementó entre 6 y 7%, respectivamente; las otras hortalizas disminuyeron la cosecha por unidad de superficie.

El uso de semilla y plantines certificados es heterogéneo en las diferentes zonas del país y para cada cultivo. En general, el uso es alto en las zonas con agricultores empresariales o medianos agricultores, pero es muy bajo o nulo en las zonas con agricultores de subsistencia. Comúnmente, los agricultores que cultivan para la exportación utilizan tecnología actualizada, excepto en el caso de la quinua que basa su producción en una agricultura orgánica que hasta hoy se mostró insostenible, por la limitada producción de estiércol y la escasa producción de biomasa para la elaboración de compost. Los centros de investigación pública tienen mayor impacto en las zonas con desarrollo agropecuario bueno o mediano, mientras que los logros en las zonas altamente pobladas como la zona andina y las zonas tropicales con poco desarrollo agrícola son muy escasos. Las inversiones privadas de algunas fundaciones, como la Fundación Patiño, Fundación PROINPA y Fundación Valles, aportan con trabajos de investigación al desarrollo de la agricultura de los pequeños agricultores andinos, especialmente en las áreas de los valles con riego.

4.3 Otras consideraciones que influyen sobre el Incremento de la eficiencia de los sistemas alimentarios

4.3.1 Prospectivas y tecnologías basadas en el incremento de la producción agrícola

Para desarrollar tecnologías que promuevan el incremento de la producción agrícola es funda-

mental establecer políticas, programas e instituciones que implementen estrategias de innovación tecnológica. En el año 2008, el Gobierno de Bolivia conformó el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) como entidad rectora de la innovación agropecuaria del país, con la misión de generar tecnología para incrementar la productividad del sector agropecuario. No obstante, las estadísticas muestran que en el periodo 2008-2013 la producción agrícola se ha mantenido prácticamente constante (http://www.ine.gob.bo). La paulatina disminución de financiamiento externo e interno a entidades de investigación y difusión de tecnología podría explicar en parte la disminución de generación y difusión de innovaciones tecnológicas (Blajos *et al*., 2015).

4.3.2 Necesidades de infraestructura

Desde mediados de 2015, Bolivia enfrenta condiciones muy variables de clima, particularmente regímenes de lluvia irregulares. Esta situación repercute directamente en la producción agropecuaria y pone en evidencia la falta de infraestructura productiva, especialmente de riego. Es indispensable que el país encare un programa nacional de riego en el que no solamente se construya infraestructura, sino que, además, se acompañe con programas de difusión de tecnología y capacitación en el manejo de los sistemas de riego. Otra falencia en infraestructura es la relacionada con el acopio y almacenamiento de la producción. Las condiciones actuales de infraestructura de almacenamiento no permiten conservar la producción estacional de diversos cultivos, lo que genera ineficiencias que se traducen en importantes fluctuaciones de precios y pérdidas postcosecha.

4.3.3 Limitaciones de poscosecha

A la insuficiencia y precariedad de los sistemas de almacenamiento y conservación de los principales productos agropecuarios en el país, se suma el incremento del ataque postcosecha de algunas plagas y enfermedades aparentemente favorecidas por los efectos del cambio climático. No existen, a nivel nacional, programas dirigidos a la generación de innovaciones tecnológicas orientadas a controlar el ataque de plagas y enfermedades, lo cual hace más complicada e ineficiente la actividad agropecuaria.

Cuadro 2. Incrementos porcentuales de la producción de los alimentos más importantes en los últimos años

Cereales y pseudocereales	
Arroz	68.0
Trigo	87.2
Maíz	75.6
Quinua	116.7
Sorgo	242.2
Frutales	
Banano	45.4
Durazno	18.8
Mandarina	12.5
Naranja	61.2
Piña	0.8
Plátano	-17.3
Uva	28.6
Tubérculos y Raíces	
Papa	33.2
Yuca	-2.9
Industriales	
Caña	66.1
Girasol	44.6
Soya	101.5
Hortalizas	
Ajo	51.2
Arveja	-9.2
Cebolla	132.2
Frijol	183.3
Haba	17.1
Tomate	-50.4

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del INE.

4.3.4 Accesibilidad a los alimentos y distribución

Los altos índices de desnutrición crónica (25 a 27%) y obesidad (4 de cada 10 personas adultas, 3 de cada 10 estudiantes entre 13 y 17 años, 8 de cada 100 niños menores de 5 años) que se registran en el país señalan la deficiente e inequitativa distribución de alimentos (PMA, 2017). Eventos de orden mundial en los que Bolivia participó activamente, tales como el Año internacional de la Papa (2008) y el Año Internacional de la Quinua (2013) –que entre otros aspectos incentivaron el consumo de alimentos saludables–, no han tenido

Cuadro 3. Bolivia: Número de cabezas de ganado bovino por especialidad, según departamento, Censo Agropecuario 2013

Departamento	Población bovina	Especialidad		
		Leche	Carne	Bueyes
Bolivia	8,315,504	1,129,323	7,020,318	165,863
Chuquisaca	460,682	24,837	400,008	35,837
La Paz	501,753	162,990	332,333	6,430
Cochabamba	371,959	86,995	240,658	44,306
Oruro	79,950	36,548	42,684	718
Potosí	156,870	5,144	116,910	34,816
Tarija	393,650	33,294	339,531	20,825
Santa Cruz	3,598,955	661,258	2,930,688	7,009
Beni	2,631,013	113,074	2,502,840	15,099
Pando	120,672	5,183	114,666	823

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE, 2015).

Cuadro 4. Bolivia: población ganadera y aves, según especie, Censos Agropecuarios 1950,1984 y 2013

Especie	1950	1984 (1)	2013
Bovino (2)	2,226,629	3,886,463	8,315,504
Ovino	7,223,592	3,156,329	6,267,743
Porcino	508,782	571,101	1,415,274
Caprino	1,228,856	1,269,003	1,868,512
Camélido(3)	1,178,724	599,864	2,506,435
Equino (4)	622,578	407,426	665,683
Aves (5)	1,760,191	4,773,635	42,260,347

Fuentes: Instituto Nacional de Estadística (INE, 2015) (1) En el Censo Agropecuario 1984, los datos del departamento de La Paz solo comprenden las provincias Franz Tamayo y Abel Iturralde. (2) Incluye bueyes. (3) Considera únicamente llamas y alpacas. (4) Incluye caballos, asnos y mulas. (5) Considera gallinas, patos y pavos

un efecto significativo en la calidad de la alimentación, especialmente de aquellos grupos más vulnerables. Además de su histórica dependencia de importaciones de trigo, en el último decenio el país ha incrementado el consumo de alimentos provenientes del extranjero. Varios de los productos importados son componentes esenciales de la canasta familiar.

4.4 La situación ganadera en Bolivia y su contribución a la Seguridad Alimentaria

Las explotaciones ganaderas en Bolivia se constituyen en un recurso esencial para la seguridad alimentaria de familias campesinas que subsisten en distintas condiciones ambientales ecológicas, desde altiplanos andinos, valles templados, territorios subtropicales semiestépicos o húmedos hasta llanuras aluviales del trópico amazónico, adaptándose y sobreviviendo en climas extremos y variables.

La ganadería doméstica se encuentra expandida en todo el territorio nacional y podría dividirse nominalmente en dos grupos de animales de acuerdo con su origen: las especies que tienen como origen los animales introducidos por los conquistadores europeos durante las primeras décadas de la colonización americana (bovinos, ovinos, caprinos, suinos, equinos y aves de corral)

Cuadro 5. Estimación de pérdidas por inundaciones, subsector ganadero del Departamento del Beni, Bolivia, marzo de 2014

Estimación de pérdidas	Número de animales	Monto US$
Muerte de bovinos	289,355	66,435,908
Muerte de equinos	3,506	701,200
Muerte de especies menores	6,394	319,700
Daño de infraestructura ganadera	--	39,964,290
Factores indirectos*	--	76,786,370
Costos de salvataje de animales	--	37,859,476
Total pérdidas en dólares americanos (US$)		222,066,944

Fuente: (FEGABENI, 2014) *Enfermedades, disminución de índices zootécnicos.

y aquellos nativos americanos que fueron domesticados desde el periodo del imperio inca (camélidos). Desde las tres últimas décadas del siglo XX hasta la actualidad, las poblaciones de bovinos introducidos han sufrido un drástico proceso de reducción poblacional, a causa del reemplazo o a cruzamientos absorbentes con animales de razas europeas e índicas altamente seleccionadas. Sin embargo, aún existen poblaciones puras de este valioso recurso zoogenético de origen mixto europeo y africano, de bovinos criollos (Gutiérrez & Pereira, 2015) que contribuyen a la seguridad alimentaria en condiciones climáticas extremas.

Los sistemas de explotación bovina en Bolivia, en gran parte, están asociados a economías de subsistencia de familias campesinas, construyéndose los recursos pecuarios en fondos que garantizan el sostenimiento. En valles y altiplano prevalecen los sistemas de explotación lechera que son parte de la economía familiar y, muy excepcionalmente, pertenecen a empresas o industrias. Sin embargo, tanto la producción de ganado de carne y de leche se encuentran mayormente en los departamentos de Santa Cruz y Beni, siendo los responsables del abastecimiento de 80% de carne roja al país. Datos generales referidos a la población ganadera bovina, como principal aportadora a la seguridad alimentaria, pueden verse en los **cuadros 3 y 4** (este último incluye al resto de las especies animales domésticas).

Los sistemas de explotación bovina que prevalecen en el Beni son extensivos; ahí se crían los animales en praderas naturales (86%). Los índices zootécnicos en explotaciones de este tipo son bajos, asociados a los ciclos de dos estaciones marcadas por periodos lluviosos (noviembre-abril) y sequías (mayo-octubre). Los fenómenos climáticos conocidos como El Niño y La Niña ponen en riesgo la seguridad alimentaria de las familias campesinas, porque atentan contra la existencia de la ganadería del Beni. Las pérdidas ganaderas como consecuencia de algunos factores climáticos adversos, como las inundaciones, pueden verse en el **Cuadro 5.**

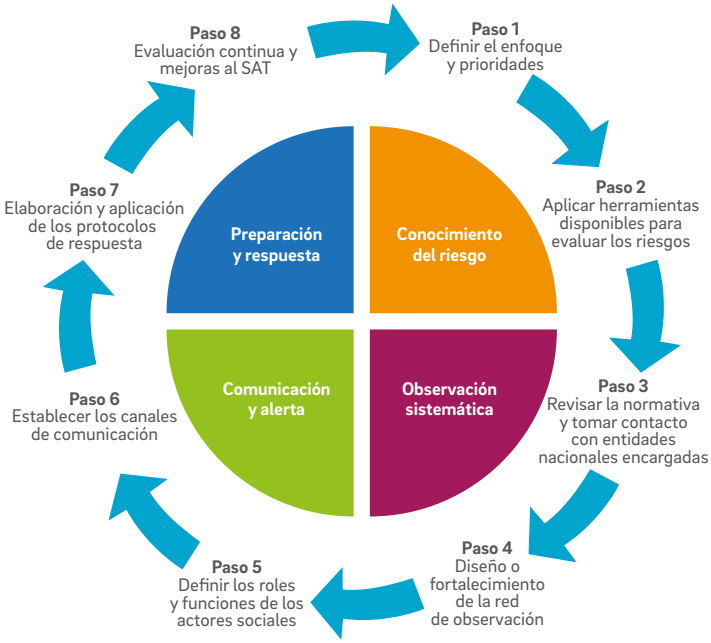
La seguridad alimentaria de las familias campesinas está vinculada a las estrategias para la conservación de los recursos zoogenéticos, acciones que deben constituirse en Políticas de Estado para apoyar investigaciones acerca de la caracterización fenotípica y genotípica de los individuos, que permitan el manejo de la variación genética y su resguardo como patrimonio de la humanidad.

5. Estrategias nacionales de gestión de riesgos y monitoreo para resguardar la seguridad alimentaria

5.1. Sistema Nacional de Alerta Temprana ante Desastres (Redes Meteorológicas e Hidrológicas)

Bolivia, debido a su diversidad de ecosistemas y extrema variación de escenarios altitudinales, climáticos y topográficos, siempre ha sido susceptible a distintas modificaciones y alteraciones atmosféricas que transforman las condiciones edafo-climáticas y, consecuentemente, producti-

Figura 2. SNAT ideal: elementos y pasos a seguir



vas del país. Durante las últimas dos décadas, la recurrencia de anomalías atmosféricas originadas por el cambio climático ha azotado muchas regiones del territorio nacional, generando cuantiosas y significativas pérdidas en la producción agropecuaria, principalmente en los sectores de pequeños productores y ganaderos de subsistencia, que constituyen el sector rural más vulnerable de la sociedad boliviana.

Es en respuesta a esa situación de recurrente crisis, y con la finalidad de mitigar mediante acciones preventivas esas laceraciones que atentan la seguridad alimentaria de la población, que el Gobierno boliviano, en estrecha coordinación con la cooperación internacional, ha priorizado la implementación de un Sistema Nacional de Alerta Temprana (SNAT) ante catástrofes, involucrando a entidades del nivel central del Estado, Unidades de Gestión de Riesgos (UGR) departamentales y municipales, e instancias técnico científicas que interactúan coordinadamente, a través de procesos y protocolos estándar, para difundir avisos de alerta temprana en todo el territorio nacional, con datos colectados en tiempo real, imágenes satelitales y modelos científicos de predicción, con el fin de gestionar el riesgo ante desastres. Esos mecanismos permiten a las autoridades de los gobiernos Central, Departamental y Municipal iniciar acciones de prevención y mitigación contra fenómenos adversos meteorológicos, hidrológicos y otros que afectan a las poblaciones, a sus medios de vida y a la producción agropecuaria, que a la larga determinan los estados de seguridad alimentaria, la salud y el bienestar de los ciudadanos.

El SNAT es un conjunto de procedimientos e instrumentos que sirven para monitorear una amenaza o evento adverso (abiótico o antrópico) de carácter previsible, mediante la recolección y procesamiento de información, para generar pronósticos o predicciones temporales sobre posibles efectos. La eficacia del sistema se fundamenta en el conocimiento y previa determinación de la existencia de distintos tipos de riesgos por ecosistemas, en la activa participación de las comunidades, preparación constante y actualizada, compromiso institucional que involucra a la educación como factor indispensable para la toma de conciencia ciudadana y en la diseminación eficiente de las alertas. El SNAT cumple sistemáticamente ocho pasos para lograr reducir pérdidas tanto humanas como económicas, y proteger los medios de vida de los afectados (**Figura 2**).

5.2 Aplicaciones del SNAT para resguardar la productividad agropecuaria y la Seguridad Alimentaria en Bolivia

En Bolivia, el SNAT es reconocido a partir de la vigencia de la Ley 602 de Gestión de Riesgos (2014), como parte del Sistema Integrado de Información y Alerta para la Gestión del Riesgo de Desastres SINAGER-SAT, entendido como un sistema de vigilancia y monitoreo de amenazas probables frente a las condiciones de vulnerabilidades existentes, anteriores a la ocurrencia de desastres o emergencias; proporciona información sobre el nivel o escenario de riesgos, para activar protocolos de prevención y preparación de transmisión rápida; y articula los sistemas de alerta de las entidades territoriales autónomas y los sistemas de monitoreo y vigilancia de las instituciones técnico científicas.

El Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI) tiene la responsabilidad de fortalecer periódicamente este SNAT en coordinación con los diferentes ministerios, instituciones técnico científicas y UGR, para el análisis de información de amenazas, vulne-

rabilidades y niveles o escenarios de riesgo, de vigilancia, observación y alerta, de capacidad de respuesta y de parámetros de riesgo; así se pretende optimizar la toma de decisiones. Se cuenta con importantes avances tecnológicos mediante la generación de modelos meteorológicos e hidrológicos disponibles; también, con la plataforma "Dewetra", compartida por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), los ministerios de Medio Ambiente y Agua y el MDRyT y el VIDECI que genera escenarios de riesgo y emite boletines diarios de Alerta de Riesgo.

Asimismo se encuentran en proceso de implementación los modelos de monitoreo escalonado y territorializado de alertas en las cinco principales macrocuencas y ríos del país, en los cuales se han implementado puntos de monitoreo con equipamiento de estaciones hidro-metereológicas, personal capacitado de las UGR municipales e involucramiento activo y permanente de varias decenas de comunidades indígenas, habitantes cercanos de los ríos de estas cuencas.

5.3 Observatorio Nacional del Estado Alimentario y Nutricional del país

La Ley de la Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria (2011) dispone la implementación de un Observatorio Agroambiental y Productivo (OAP), que es una entidad técnica que monitorea, analiza, genera y difunde información especializada del sector agropecuario y de desarrollo rural, para que el Estado tome decisiones que garanticen la seguridad y soberanía alimentaria y promuevan el desarrollo rural sustentable del país. La estructura institucional del OAP considera las siguientes áreas técnicas:

Sistema de Información de Precios y Comercio Interno y Externo Agropecuario. Constituye un instrumento de gestión técnica para el desarrollo de información sobre productos alimenticios y sus precios, dentro de los entornos nacionales e internacionales. En el ámbito internacional se realiza el seguimiento y análisis del comportamiento de los precios de *commodities* del mercado global.

Análisis e Investigación Aplicada para la Seguridad y Soberanía Alimentaria. Monitorear los cultivos estratégicos y las áreas en producción agropecuaria y el manejo y calidad de los recursos productivos, suelo, agua y reservas alimenticias nacionales, en momentos de normalidad y emergencia.

Sistemas, Soporte Tecnológico y Geomática. Evalúa las distintas fuentes de datos del sector agropecuario, base de datos, textos, planos, y realiza los esquemas de bases de datos relacionales de acuerdo con el tipo de información para uso público o privado. Un Data Warehouse integra la información generada por el OAP y las distintas fuentes de información relacionadas con el sector agropecuario.

Registro Único de la Agricultura Familiar Sustentable (RUNAF). El OAP registra y clasifica a los actores productivos organizados en la agricultura familiar sustentable y diversificada en: familias productoras indígenas campesinas, interculturales y afrobolivianas; Organizaciones Económicas Campesinas, Indígenas Originarias y Organizaciones Económicas Comunitarias. A los sujetos de la agricultura familiar empadronados se les asigna un código de Registro Operacional Único.

6. Consideraciones políticas

6.1 Actualidad política en relación con la seguridad alimentaria y nutricional

Para lograr la seguridad y soberanía alimentaria, además de las políticas (D.S. No. 2167 de la "Política de Alimentación y Nutrición" de 30/10/2014) y acciones del Estado (de corto, mediano y largo plazos), urge la participación de la ciencia, la tecnología y la educación en una interacción proactiva, sobre todo entre las universidades, empresas, granjeros, familias y el sector público, lo que ayudará a la solución de múltiples problemas de la producción de alimentos, de la seguridad alimentaria o a asignar mayor asistencia científica, técnica, económica y financiera. Lo propio –vía la educación– es combatir y resolver la problemática de la desnutrición y malnutrición, orientando, enseñando y fomentando el consumo de alimentos, por ejemplo, de aquellos nativos y muy nutritivos

como la quinua, amaranto, cañawa, tarwi, maíz, papa y otros (frutas, tubérculos, legumbres y hortalizas), además de los recursos piscícolas de las cuencas Amazónica, del Plata y del Lago Titicaca.

6.2 Actualidad política en relación con la soberanía alimentaria

Bolivia cuenta con seis leyes productivas directamente afines a la soberanía alimentaria, según la Asamblea Legislativa Plurinacional (2014):

1. Ley 071, Derechos de la Madre Tierra, 2010: Tiene por objeto reconocer los derechos de la Madre Tierra, las obligaciones y los deberes del Estado plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de estos derechos. Destaca principios del bien colectivo, la no mercantilización y la interculturalidad.
2. Ley 098, Producción, Industrialización y Comercialización de la quinua, 2011: Otorga prioridad nacional a la producción, industrialización y comercialización comunitaria de la quinua, mediante la tecnificación de la producción primaria con la protección respectiva de las áreas de cultivo, mejoramiento, conservación, sistemas de riego, poscosecha, transformación, industrialización y comercialización de manera prioritaria en los mercados locales, nacionales y externos.
3. Ley 144, Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria, 2011: Norma un proceso de revolución productiva comunitaria agropecuaria para la soberanía alimentaria, estableciendo bases institucionales, políticas, tecnológicas y financieras de la producción, transformación y comercialización de los productos agropecuarios y forestales, de la economía plural, priorizando la producción orgánica.

Otras leyes afines son:

4. Ley 300, Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, 2012: Establece fundamentos de desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para vivir bien, garantizando la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida, y recuperando los saberes ancestrales de modo complementario a los derechos, obligaciones, deberes y objetivos de desarrollo integral para vivir bien.
5. Ley 338, Organizaciones Económicas Campesinas, Indígenas Originarias y Organizaciones Económicas Comunitarias para la Integración de la Agricultura Familiar Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2013: Esta ley norma la agricultura familiar sustentable y las actividades familiares diversificadas realizadas por las organizaciones económicas campesinas, indígenas originarias y comunitarias, y las familias productoras interculturales y afrobolivianas para contribuir a la soberanía alimentaria.
6. Ley 453, Derechos de los Usuarios y los Consumidores, 2013: Regula derechos y garantías de los usuarios y consumidores en el ámbito nacional y sectorial, sin perjuicio de la competencia exclusiva del nivel municipal.

6.3 Actualidad política y normativa nacional sobre cambio climático

Luego de la Cumbre de las Naciones Unidas en Rio de Janeiro, en 1992, sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, se confirmaron áreas de trabajo relacionadas con la lucha sobre el Cambio Climático. Bolivia se alinea y en abril del mismo año promulga la Ley de Medio Ambiente como eje fundamental de la política y de los problemas ambientales derivados de los desastres (cambio climático).

En abril de 2010 se llevó a cabo la Conferencia de los Pueblos sobre el Cambio Climático y Derechos de la Madre Tierra, y en 2012 se promulgó la Ley Marco de la Madre Tierra y el Desarrollo Integral para Vivir Bien, que en su Artículo 32 se refiere a las bases y orientaciones del "Vivir bien" a través del desarrollo integral del cambio climático, e incluye seis acápites, entre los que se destacan: 1) Establecer todo tipo de políticas para la mitigación y adaptación al cambio climático; 2) Desarrollo de capacidades institucionales y técnicas para el monitoreo, modelación y pronósticos para la planificación de toma de decisiones; 3) Promoción de recuperación y aplicación de saberes ancestrales para el desarrollo de medidas de respuesta a los impactos del cambio climático; 4) Desarrollo de capacidades de prevención y Gestión del Riesgo ante eventos climáticos, y 5) Programas de reducción de Gases de Efecto Invernadero excluyendo mecanismos de financiamiento asociados a los mercados de carbono.

También se han promulgado Decretos Supremos para mitigar y remediar los eventos climáticos extremos en el marco de la Ley 1333 del Medio Ambiente. El problema real es que estas leyes y decretos en la actualidad están lejos de ser cumplidas por parte de la población y el propio Estado que las redactó. El informe de la ONU de enero de 2017 expresa que Bolivia es uno de los países que ejerce menor incidencia en el cambio climático, debido a que su emisión de efecto invernadero es muy baja (0.03%), en comparación con otros países; sin embargo, es uno de los países más vulnerables porque sufre con mayor intensidad este fenómeno, incrementándose la frecuencia y recurrencia de los eventos adversos extremos.

Las políticas relacionadas con el cambio climático ahora no son respetadas, resultan débiles y contradictorias en relación con varios planes de desarrollo económico que no son amigables con el medio ambiente. Ejemplos de ello son la reciente creación de un nuevo decreto que permite la expansión anticonstitucional de la superficie de monocultivos de coca en más de 8 mil nuevas hectáreas, y el afán por construir varias represas generadoras de energía en detrimento de ecosistemas que albergan miles de especies de fauna y flora, incluyendo decenas de comunidades indígenas originarias que serán obligadamente desplazadas sin ninguna consideración ni planificación.

7. Resumen y recomendaciones

Bolivia demuestra ser un territorio inmensamente rico en recursos naturales, que alberga entre 45 y 55% de toda la diversidad biológica mundial, capaz de producir alimentación no solo para sus habitantes, sino para toda América. El crecimiento de la consciencia ecológica es un elemento crucial para alcanzar la subsistencia de las especies y los ecosistemas productivos; en Bolivia, debido a la complejidad biológica donde interactúan cientos de especies en espacios reducidos, las acciones prioritarias para lograr la sustentabilidad agrícola no puede separar los aspectos productivos de las consideraciones que promuevan el respeto de los otros recursos del sistema ecosistema que caracteriza sus campos y especies productivas. Algunos escenarios potenciales para una mejor producción agrícola para las siguientes décadas están sentados sobre la base de la investigación científica, para generar capacidades de un mejor y óptimo aprovechamiento de nuevas formas de energía. El desarrollo de nuevos modelos de ordenamiento territorial y racional uso de los recursos permitirían concentrarse en estrategias de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático, así no solo se produce más, sino que se pierde menos de lo ya producido.

No obstante, como la mayoría de países de la región, presenta serias constricciones y consecuentemente enormes desafíos para asegurar su propia Seguridad Alimentaria y Nutricional con Soberanía.

Las principales dificultades y limitaciones generales de Bolivia se resumen en las siguientes:

- Políticas y normativa pública medio ambiental teóricas y no aplicadas a la actual realidad productiva.
- Modelo de desarrollo nacional actual basado en la industrialización de los recursos naturales.
- Bajos niveles de educación nutricional y escasa vigilancia de la inocuidad.
- Inequitativo e insuficiente acceso a los alimentos.
- Falta de incentivo y apoyo general a la investigación científica en el agro.

Se recomienda enfocar en Bolivia mayores y mejores esfuerzos en el desarrollo integral y holístico de los siguientes aspectos:

- Cumplimiento estricto, sincero y respetuoso de las leyes y normas que favorecen el cuidado de la "Madre Tierra".
- Mayor eficiencia en el uso y manejo de los Recursos Naturales, especialmente creando mayor conciencia en el manejo de los recursos hídricos.
- Optimización de los procesos agroecológicos alimentarios.
- Mayor eficiencia y esfuerzo en la vigilancia de la Inocuidad alimenticia, respaldada por la difusión, capacitación y concientización de la buena alimentación con soberanía.

- Reducción de las pérdidas de pos cosecha y disminución de desperdicios.
- Mejores políticas estatales de apoyo a las universidades y centros de investigación para fomentar la actualización, modernización y eficiencia de la investigación científica, que contribuya a mejorar los procesos de producción agropecuaria sin incremento de la frontera agrícola.

Bibliografía

Aguilar, J. C., J. Comboni, C. Romero & R. Erostegui (2008). Bolivia: Integrated Economic Analysis. *Country Economic Report* 2008: 6. Sida, Sekretariat for Development Issues.

Asamblea Constituyente (2008). *Nueva Constitución Política del Estado*. Vicepresidencia de la República de Bolivia. La Paz, Bolivia. 152 pp.

Asamblea Legislativa Plurinacional (2010). Ley No. 070 (Ley de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez"). *Gaceta Oficial de Bolivia*, 20 de diciembre de 2010. La Paz, Bolivia.

Asamblea Legislativa Plurinacional. Cámara de Senadores (2014). *Compendio de Leyes Productivas afines a la Soberanía Alimentaria*. FO. La Paz, Bolivia. 171 pp.

Benites, D.S. (1992). Degradación de suelos y producción agrícola en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay. En *FAO, Erosión de suelos en América Latina*. Santiago de Chile: FAO.

Blajos, J.; Ojeda, N.; Gandarillas, E.; Gandarillas, A. (2014). Economía de la quinua: Perspectivas y desafíos. *Revista de Agricultura*. No. 54.

Cabitza, Mattia (julio 20, 2011). Will Bolivia make the breakthrough on food security and the environment? *The Guardian*. https://goo.gl/wX2dHT

Castañón B.E. (2013). Las dos caras de la moneda: Agricultura y seguridad alimentaria en Bolivia. Fundación Tierra, La Paz. https://goo.gl/b6ixhj

CEUB (2011). *Estrategia Universitaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2012–2015)*. IV Conferencia Nacional Ordinaria de Universidades, La Paz, Bolivia, noviembre de 2011. 90 pp.

DICyT UMSS (2011). *Marco Conceptual. La investigación en la Universidad Mayor de San Simón 2012-2021*. Vicerrectorado UMSS. Cochabamba, Bolivia. 26 pp.

Dirección General de Planificación (MDRyT) (2010). *Plan Estratégico Institucional 2011-2015*. Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. La Paz, Bolivia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2014). *Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo*. Rome.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2015). *Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo*. Rome.

FEGABENI (2014). Estimación de pérdidas y daños económicos en el sector ganadero Beni Bolivia. Trinidad Beni: FEGABENI-AB CREA.

Fundacion Milenio (2013). Informe de milenio sobre la economía, Gestión 2012, No. 34. Bolivia. https://goo.gl/FY4hhR

Gallo, G.; A. Campos; F. Hartmann; A. Panduro; H. Romero y A. Trepp (1989). Energía y métodos de producción agropecuaria en Bolivia – 1ra. Parte: Altiplano y Valles, 2da. Parte: Valles Bajos y Llanos", Cap. I: Elementos del estudio. Ministerio de Planificación y Coordinación / Dirección de Ciencia y Tecnología MPC /DICYT-Bolivia, Instituto de Economía Energética IDEE-Argentina, Universidad de Naciones Unidas UNU-Tokio.

GCP-FAO (2009). http://www.fao.org. [Online] Informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. Disponible en: https://goo.gl/Y9jne9 Recuperado en enero de 2017.

Gutiérrez, L. & Pereira, J.A. (2015). *Caracterización genética de bovinos criollos de "Vallegrande" mediante marcadores autosómicos, mitocondriales y del cromosoma y en la Provincia Florida, Valle Grande Santa Cruz, Bolivia*. Tesis de Grado de Doctorado. Santa Cruz, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

Ibisch, P.L., S.G. Beck, B. Gerkmann & A. Carretero (2003). 3. La diversidad biológica, pp. 47-88. En: Ibisch, P. L. & G. Mérida (eds.) *Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia*. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz.

INE (Instituto Nacional de Estadística Bolivia) (2015). Censo Agropecuario 2013 Bolivia. Disponible en: http://www.ine.gob.bo/pdf/cna_BOLIVIA_final.pdf Recuperado en enero de 2017.

INE Instituto Nacional de Estadistica de Bolivia (2017). Disponible en: http://www.ine.gob.bo

Jemio, L.C. (2015). Producción, superficie sembrada y rendimientos del sector agrícola (2005-2013). Publicación Digital, Blog Desarrollo Sobre la Mesa. Publicado 18 de febrero del 2015. Fundación INESAD, Bolivia. https://goo.gl/Vdrftw

Killeen, T. J., T. Siles, L. Soria & L. Correa (2005). Estratificación de vegetación y cambio de uso de suelo en los Yungas y Alto Beni de La Paz. *Ecología en Bolivia* 40 (3): 32-69.

Killeen, T.J., A. Guerra, M. Calzada, L. Correa, V. Calderón, L. Soria, B. Quezada & M.K. Steininger (2008). Total historical land-use change in Eastern Bolivia: who, where, when, and how much? Ecology and Society 13(1): 1-36. [En línea] URL: https://goo.gl/h9buv3

Malloy, M. (2016). *Estado de situación: Bolivia, seguridad alimentaria y economía agrícola.* Fundación Alternativas, La Paz.

Moraes R., M. & S. Beck (1992). Diversidad florística de Bolivia. pp. 73 111. M. Marconi (ed.) *Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia.* CDC Bolivia/ USAID Bolivia, La Paz.

Naciones Unidas en Bolivia (2017). PMA – Programa Mundial de Alimentos. Disponible en: https://goo.gl/JYz6Ek

Navarro, G. (2002). Conceptos generales y bases metodológicas. pp. 2-49. En: Navarro, G. & M. Maldonado (eds.) *Geografía Ecológica de Bolivia - Vegetación y Ambientes Acuáticos*. Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba.

Navarro, G. S., & W. Ferreira (2007). Leyenda explicativa de las unidades del mapa de vegetación de Bolivia a escala 1:250 000. Rumbol, srl., Cochabamba. 65 pp.

Ormachea S.E. (2009). *Soberanía y seguridad alimentaria en Bolivia: Políticas y estado de situación.* La Paz, CEDLA. 100 pp.

Prudencio, J. (2014). ¿Renunciar a la seguridad y soberanía alimentaria por comercializar más? Análisis del "Plan del Sector. Desarrollo Agropecuario 2014-2018. Hacia el 2025".

Prudencio, J. (2015). Bolivia: Un nuevo modelo de desarrollo agroalimentario basado en las exportaciones agrícolas. http://web.research-4dev.com/images/pdfs/LIBROS/12.pdf

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2008). Informe temático sobre desarrollo humano "La otra frontera": Usos alternativos de los recursos naturales en Bolivia. La Paz.

Tejada, E. (2011). *Experiencias exitosas de Gestión de Riesgos de Desastres en el Sector Agropecuario para la Adaptación al Cambio Climático.* Organización de Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Cooperación Italiana en Bolivia. 160 pp.

Trepp del Carpio, A. (2017). "Variables e hipótesis. Cómputo energético y análisis de los resultados", cap. 3 en *Organizatividad y complejidad – La extensión de la termodinámica clásica y de los principios clásicos de la ciencia.* Academia Nacional de Ciencias de Bolivia.

Trepp del Carpio, A. (2017). "La ampliación de la ciencia y termodinámica clásicas", cap. 4 en *Organizatividad y complejidad – La extensión de la termodinámica clásica y de los principios clásicos de la ciencia.* Academia Nacional de Ciencias de Bolivia.

Urioste, M. (2011). Concentración y extranjerización de la tierra en Bolivia. Fundación Tierra, Bolivia. http://www.bivica.org/

Urioste, M. (2012). Concentration and "foreignisation" of land in Bolivia. *Canadian Journal of Development Studies* 33(4): 439-457.

Viceministerio de Ciencia y Teconología (2013). *Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación del Estado Plurinacional de Bolivia- Sector Desarrollo Agropecuario.* Ministerio de Educación. La Paz, Bolivia. 128 pp.

http://bolivianing.com/bolivia

http://labiodiversidadenbolivia.blogspot.com/2015/07

www.bolivianland.net/.

www.paginasiete.bo/economia/2015/8/2/bolivia-tiene-276-millones-hectareas-cultivables-65194.html 02/08/2015

www.ine.gob.bo/pdf/boletin/NP_2015_69.pdf

www.elpaisonline.com/index.php/blogs

www.ine.gob.bo/pdf/boletin/NP-2015-64-pdf

www.fao.org/bolivia/fao-en-bolivia/bolivia

www.eldeber.com.bo/el-63-de-los-bolivianos-tiene-mala-alimentacion/130406221748. Roxana Escobar, *El Deber,* 7 de agosto de 2013.

www.opinion.com.bo/articulos/2011/0813/noticias

www.cepal.org/es

Seguridad alimentaria y nutricional en Brasil

Cosecha de soja en una granja de Campo Verde, Mato Grosso, Brasil © Shutterstock

Brasil

Coordinadores
Evaldo Ferreira Vilela y Elibio L. Rech Filho

Participantes
Geraldo Bueno Martha Junior
Eliseu Roberto de Andrade Alves
Mauricio Antônio Lopes
Élcio Perpétuo Guimarães
Paulo Renato Cabral
Cleber Oliveira Soares
Grácia Maria Soares Rosinha
Antônio Márcio Buainain
Marilia Regini Nutti
Geraldo Magela Callegaro

El impresionante crecimiento de la Producción Agrícola Brasileña para el consumo interno y la exportación se basa en la intensa generación y adaptación de tecnologías agrícolas que lleva a cabo el dinámico Sistema Brasileño de Investigación Agrícola. Este fenómeno goza de gran respeto, pero sólo algunos países en desarrollo han seguido su ejemplo

Resumen

Evaldo Ferreira Vilela[1] y Elibio Leopoldo Rech Filho[2]

Durante los últimos 40 años, el sector agrícola de Brasil, tanto público como privado, ha venido trabajando en estrecha colaboración para promover uno de los desarrollos agrícolas sostenibles más impresionantes y prósperos de un país de ingresos medios. Brasil se ha convertido en un ejemplo en materia de seguridad alimentaria, además de ser uno de los países de exportación de productos agrícolas más importantes del mundo. Cabe mencionar el destacado papel de la tecnología de investigación agrícola desarrollada por las organizaciones brasileñas dedicadas a ello, con el liderazgo del Sistema de Investigación Agrícola que comprende varias universidades de ese ramo, la Organización Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) y las organizaciones estatales de investigación agrícola.

Este documento explica los desafíos y oportunidades para el sector agrícola brasileño en términos de ciencia, tecnología e innovación que harán posible que la agricultura continúe mejorando su desempeño en un mundo que se enfrenta al reto enorme de alimentar a una población hambrienta hoy y en los años venideros. Estos desafíos y oportunidades fueron identificados por un selecto grupo de investigadores brasileños altamente calificados, que han dedicado toda su vida a generar y adaptar nuevas tecnologías para el desarrollo del sector agrícola brasileño.

1. Características nacionales de Brasil

Geraldo B. Martha Jr.[3] y Eliseu Roberto de Andrade Alves[4]

Características geográficas, demográficas y de capital humano de Brasil

La superficie geográfica de Brasil es una de las más grandes del mundo con un total de 8'515,767 km2 distribuidos entre 5,570 municipios (IBGE, 2016a). Brasil contribuye de forma importante en los servicios sociales y ambientales globales por su gran disponibilidad de tierras y agua que representa 13.2% de las tierras potencialmente cultivables mundiales (FAO, 2000) y 15.2% de los recursos hídricos del mundo (WRI, 2008).

1. Coordinador del capítulo. Catedrático de la Universidad Federal de Viçosa (UFV), Presidente de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) y miembro de la Academia Brasileña de Ciencias (ABC).

2. Coordinador del capítulo. Investigador de Recursos Genéticos y Biotecnología en EMBRAPA, Profesor de la Universidad de Brasilia y miembro de la Academia Brasileña de Ciencias (ABC).

3. Investigador de EMBRAPA, Coordinador de EMBRAPA Labex-EUA.

4. Investigador de EMBRAPA, Asesor del Director General de EMBRAPA.

Los diversos regímenes climáticos del país (de tropical a subtropical) se combinaron a través del tiempo con este capital natural dando lugar a seis biomas que van desde el semiárido hasta la selva tropical amazónica. Brasil cuenta con una enorme biodiversidad: de las 250 mil especies de plantas superiores del mundo, casi 60 mil son originarias de Brasil (Lopes, 2012).

A partir de 2014, la población brasileña alcanzó los 203.2 millones de personas (IBGE, 2016b), con aproximadamente 85% viviendo en zonas urbanas (IBGE, 2011). La fuerza de trabajo del país alcanzó una cifra de 98.1 millones de personas en 2014, de los cuales 13.9 millones participaban en actividades del sector agrícola (IBGE, 2016b). En la economía brasileña, 32.9% de los trabajadores carecía de educación académica o no había concluido la escuela primaria mientras que un impactante 74.2% de trabajadores del sector agrícola era analfabeto o no había terminado la escuela primaria. La proporción de personas con estudios universitarios también contrastaba marcadamente con los trabajadores y las personas que participaban en el sector agrícola: 14.3% del total de trabajadores en Brasil se había graduado de licenciaturas en comparación con solo 1.6% de los trabajadores agrícolas –cifra que de cualquier forma es mucho mayor que el 0.5% de universitarios que trabajaba en actividades agrícolas en 2004– (IBGE, 2016b).

Cadenas de valor agrícola de Brasil y su aportación al Objetivo de Desarrollo Sostenible Número 2 de la ONU

Durante las últimas cuatro décadas, Brasil finalmente se volvió autosuficiente en la producción de alimentos y mejoró con éxito la seguridad alimentaria de la población. Hace poco, la proporción de la población que contaba con suficiente alimento en Brasil aumentó de 60.1% en 2004 a 74.2% en 2013. En este período, la proporción de la población que padecía de una severa inseguridad alimentaria disminuyó 8.7% por año, de 15% en 2004 a 7.2% en 2013 (IBGE, 2016c).

Este extraordinario logro refleja el aumento de la producción de alimentos a un mayor ritmo que su demanda y, en consecuencia, los precios reales a los consumidores han disminuido de modo significativo en los últimos cuarenta o cincuenta años. En la actualidad, los consumidores pagan aproximadamente la mitad de una canasta de alimentos en comparación con el precio que pagaban en los años 70 (**Figura 1**). Dado el destacado papel de Brasil en la agricultura mundial, este logro de la agricultura brasileña también fue de gran utilidad para la seguridad alimentaria mundial, que es uno de los principales "Objetivos de Desarrollo Sostenible" de las Naciones Unidas.

Asimismo, el hecho de que la producción agrícola brasileña agregada creciera en su mayor parte por incrementos en el rendimiento y no como resultado de una mayor extensión de tierras (**Figura 2**) ha contribuido decisivamente a la generación de impresionantes ahorros de tierras que han hecho posible que millones de hectáreas (ha) estuvieran libres de cultivo en los últimos 60 años. Así, la agricultura brasileña no solo se ha vuelto más competitiva en los últimos 40 años, sino que se ha vuelto más resistente y sostenible bajo el prisma de la sostenibilidad (Martha & Alves, 2017).

Desafíos en materia de seguridad alimentaria y nutricional en Brasil

El futuro plantea desafíos a vencer para mantener los logros alcanzados por el país en materia de seguridad alimentaria durante los últimos 15 años. En este período, Brasil redujo la pobreza entre sus ciudadanos de manera eficaz. Mientras que 9.4% de la población se encontraba por debajo de la línea de pobreza extrema de US$ 1.25 en 2004, esta proporción descendió bruscamente a 3.1% en 2014. La proporción de población por debajo de la línea de pobreza de US$ 3.10 fue de 24.9 y 8.5% para 2004 y 2014, respectivamente (Osorio, 2014). Tanto la pobreza extrema como la pobreza se redujeron más de 10% anual, reflejando el crecimiento económico del período.

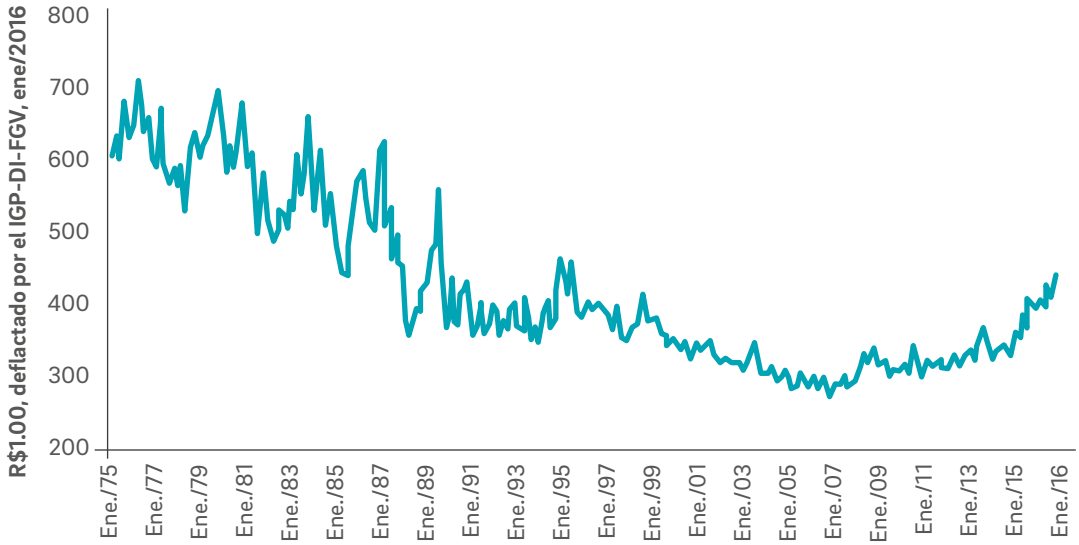
El crecimiento económico no lo es todo, pero ciertamente es un elemento clave en la seguridad alimentaria y nutricional sostenible. Con base en los datos sobre el producto interno bruto (PIB) per cápita reportados por el Banco Mundial (PPA, dólar internacional constante de 2011), es posible estimar que durante 2004-2014 el ingreso promedio per cápita aumentó 2.4% en Brasil, o sea, de US$ 11,968 a US$ 15,162. No obstante, después de un máximo de US$ 15,281 dólares en 2013, el PIB per cápita disminuyó a una tasa de 2.7% anual, hasta llegar a US$ 14,454 en 2015. La situación

económica medida en términos de PIB per cápita empeoró en 2016, ya que el PIB continuó disminuyendo, haciendo difícil mantener siquiera los logros alcanzados en materia de seguridad alimentaria de las últimas décadas.

Hasta cierto punto, estas presiones económicas podrían aliviarse si la producción agrícola mantuviera la tasa de los últimos 40 años durante los cuales la producción agrícola disponible para la población brasileña aumentó de modo sistemático a un mayor ritmo que la demanda de alimentos. (Martha & Alves, 2017). El efecto-ingreso resultante de la demanda podría beneficiar a la población brasileña, especialmente a los sectores más pobres, y contribuir de modo decisivo a los objetivos de seguridad alimentaria y nutricional del país.

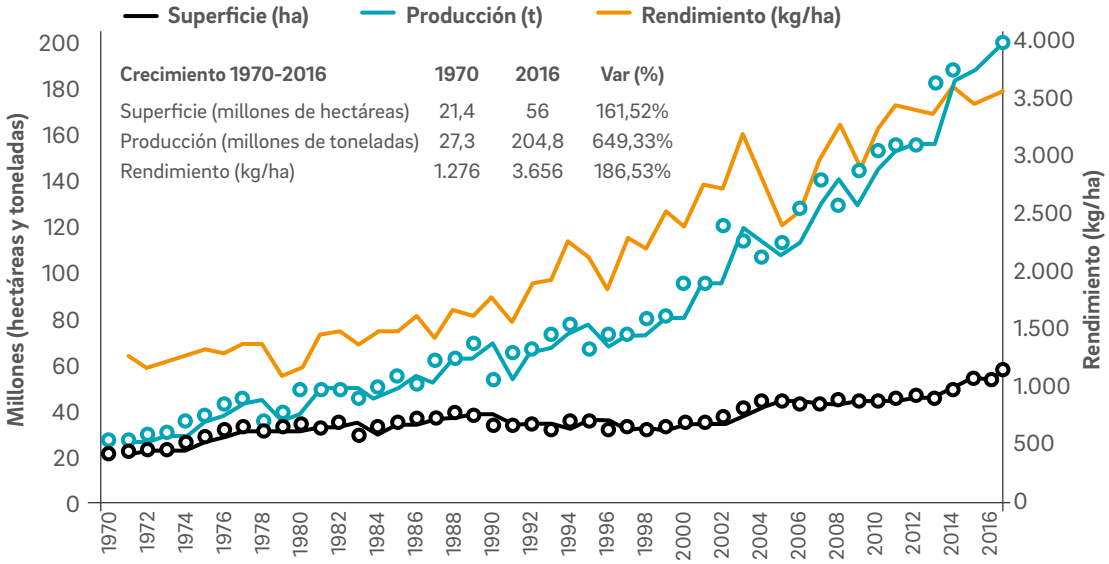
Con todo, el conocimiento y la tecnología sólo se adoptarán a gran escala si se logra un nivel mí-

Figura 1. Precios reales de alimentos básicos para la ciudad de Sao Paulo, Brasil (R$1.00)



Fuente: Diese. Fuente de referencia - Embrapa/SGL

Figura 2. Brasil: Área cosechada, producción y rendimiento de arroz, frijol, maíz y trigo, 1970-2016



Fuente: IBGE. Fuente de referencia - Embrapa/SNE

nimo de habilidades de lectura y matemáticas. Por ejemplo, al nivel de la granja, los insumos modernos (semillas, fertilizantes, pesticidas, etc.) no pueden calcularse de forma adecuada para su aplicación, ni la maquinaria y equipos pueden ajustarse para su funcionamiento, sin un grado mínimo de conocimiento de matemáticas y habilidades de lectura/interpretación para poder usar los manuales de instrucciones. En un nivel de formación superior, es necesario centrarse en la toma de decisiones y en los conocimientos teóricos básicos y más adelante, en el uso de métodos científicos (Rodríguez *et al.*, 2008) para poder salir de la generalmente aceptada "regla general" y estar en posición de efectuar las adaptaciones necesarias en el sistema de producción.

La generación de conocimiento y herramientas tecnológicas para afrontar los retos futuros de la agricultura brasileña y la seguridad alimentaria es un objetivo obvio a seguir. Contar con mayores inversiones en investigación y desarrollo agrícola son un paso decisivo muy importante hacia ese fin. Asimismo, es necesario fortalecer el capital humano a diferentes niveles para lograr un enfoque más inclusivo y evitar limitaciones a largo plazo que pudieran impedir lograr una mayor producción agrícola tecnológica en los años venideros.

2. Marco institucional

Maurício A. Lopes,[5] Geraldo B. Martha Jr. y Evaldo F. Vilela

La agricultura de base científica en Brasil

Un ciclo virtuoso que comenzó en Brasil en la década de 1970 amplió y fortaleció la investigación agrícola tropical. El compromiso del Gobierno por apoyar una agricultura de base científica fue recibido con agrado por la sociedad. El sector privado rápidamente adoptó los nuevos conocimientos y tecnologías para impulsar la producción agrícola. La brusca caída que se observó en los precios de los alimentos en las últimas cuatro décadas, junto con una menor volatilidad de precios, además de brindar seguridad alimentaria a la población brasileña, tuvo un efecto positivo y contribuyó a aliviar las presiones inflacionarias.

La generación y adopción de la tecnología en la agricultura brasileña ha sido un proceso continuo. Actualmente, la tecnología es responsable de 68% de los productos agrícolas (Alves *et al.*, 2013). En el futuro se espera que la "dependencia tecnológica" de las cadenas de valor agrícola aumente a un nivel incluso mayor y que estos "métodos científicos para la innovación" conciban alternativas que permitan enfrentar las oportunidades y desafíos del mundo real.

Desarrollo institucional. Organizaciones de investigación y desarrollo (I+D)

Brasil mejoró sustancialmente su estructura y capacidad de investigación mediante el desarrollo de un sistema de dos niveles de agencias federales y estatales denominado "Sistema Nacional de Investigación Agrícola" (SNPA) (Lopes, 2012). A lo largo de los años, el SNPA ha sido responsable de diseñar, implementar, desarrollar y promover una amplia gama de conocimientos y tecnologías para contribuir a la innovación en las cadenas de valor agrícola. SNPA cuenta con el apoyo de organizaciones estatales de investigación agrícola, universidades (universidades agrícolas) y EMBRAPA.

EMBRAPA fue fundada en 1973 con el objetivo de servir como una "división de investigación" del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA). El modelo concebido por EMBRAPA se centra en el fortalecimiento de las capacidades de los recursos humanos y en la creación de centros de investigación de excelencia. Para facilitar la interacción con los agricultores y la sociedad, el modelo que se eligió fue un organismo con un mandato nacional, descentralizado en la dimensión territorial y organizado como centro de investigación de productos, recursos y temas. Varios gobiernos estatales también establecieron sus propias organizaciones de investigación agrícola en las décadas de 1970 y 1980 y se encomendó a EMBRAPA la tarea adicional de coordinar a SNPA.

El Sistema Brasileño de Investigación Agrícola (**Figura 3**), dirigido por EMBRAPA, se convirtió en una de las mayores redes de investigación agrícola del mundo tropical. A partir de 2013, EMBRAPA representó 42% de la capacidad de investigación de SNPA, seguido por las Organizaciones Estata-

5. EMBRAPA, Brasilia, Brasil.

Figura 3. Organización del Sistema Brasileño de Investigación Agrícola

Fuente: Elaborado por el autor.

les de Investigación (29%), las Universidades Agrícolas (26%) y las organizaciones sin fines de lucro (3%). Los equivalentes de investigación a tiempo completo en 2013 (FTE-5,869,4) consistieron en 72.5% de investigadores con doctorados, 21.5% con maestrías y 6.0% con títulos de licenciatura. La cohorte de edad de casi 60% de esos investigadores era de 41-60 años (Flaherty *et al*., 2016).

El papel del capital humano

Un factor importante y determinante en el fructífero desarrollo que se ha observado en la agricultura brasileña fue el desarrollo y fortalecimiento del capital humano, en el cual la educación jugó un papel primordial. No obstante, como afirmó Sowell (2015), aunque la educación es importante, puede no ser un sustituto fiable del capital humano, ya que el capital humano también exige el desarrollo de habilidades comerciales y conocimientos necesarios que inciden en los resultados económicos de forma más directa. La demanda de capital humano crece a pasos agigantados en una economía que es cada vez más compleja desde el punto de vista tecnológico y organizativo (Sowell, 2015), al igual que lo son la agricultura y su cadena de valor.

EMBRAPA es un buen ejemplo de las repetidas inversiones en capital humano y su rentabilidad. Desde la creación de EMBRAPA a principios de la década de los 70, se ha enviado a más de mil empleados al extranjero para recibir capacitación en las mejores universidades agrícolas del mundo. Esta estrategia contribuyó además a estimular la creatividad y establecer un entorno que fomentara la coexistencia y la interacción entre pares y los diferentes actores. La idea básica es que EMBRAPA siempre esté preparada para captar, interpretar e internalizar las señales provenientes de una sociedad compleja y del mercado internacional, ya que la necesidad de interacción será cada vez mayor más allá de las fronteras nacionales (Alves, 2010; Martha Jr. *et al*., 2012). Generalmente, EMBRAPA ha mostrado una relación beneficio/costo de la inversión de la sociedad de 8:1 a 12:1 a lo largo de los años.

El papel de las universidades brasileñas en el desarrollo de la agricultura tropical

A partir de la década de 1960, el desarrollo de la actual agricultura tropical sostenible se caracterizó por la aportación de las universidades brasileñas centradas en las ciencias agrícolas que fueron pioneras en ofrecer cursos de posgrado especializados en el país.

Inspirados en el concepto de las universidades bajo el esquema *Land Grant* (tierras concedidas), las Universidades Federales de Viçosa (UFV) y Lavras (UFLA), y la Facultad de Agricultura Luiz de

Queiroz (Universidad de São Paulo), entre otras, han venido contribuyendo de manera decisiva al desarrollo del sector agrícola brasileño. Esto se ha logrado mediante una asociación con EMBRAPA, a través del Sistema Brasileño de Investigación Agrícola, integrado por varias redes de investigación establecidas con otras universidades e instituciones del país y del extranjero. Estas universidades, que ocupan un lugar preponderante en las evaluaciones de las universidades latinoamericanas y globales, siempre han realizado investigaciones básicas y aplicadas para satisfacer las demandas tecnológicas de la producción de productos vegetales y animales en condiciones locales de suelo y clima. Se han ganado renombre por la creación de entornos de investigación útiles para el progreso social y económico del país

En los últimos treinta años, tan solo en el estado de São Paulo, las inversiones en investigación agropecuaria ascendieron a un promedio anual de 417 millones de reales brasileños, incluyendo los recursos federales y prestando especial atención a la investigación sobre caña de azúcar y ganado vacuno y lechero. En el mismo período, se realizaron inversiones por 415 millones de reales (R$3.15/US$1.00) en promedio en educación superior en el campo de la agricultura, de los cuales la mayoría se asignaron a la Universidad de São Paulo, la Universidad Estatal de Campinas y la Universidad Estatal Paulista. El rendimiento de las inversiones públicas en capital humano se puede comparar con los resultados obtenidos en Estados Unidos de América (EUA), donde cada dólar invertido genera hasta US$ 13 en ingresos.

La trilogía enseñanza-investigación-extensión heredada por las universidades agrícolas brasileñas, a partir de la cooperación con las universidades bajo el esquema americano *Land Grant* (tierras concedidas), favoreció en gran medida la formación de profesionales en nivel de educación superior, especialmente en maestrías y doctorados para trabajar en el sector agrícola.

Las universidades brasileñas son directamente responsables del importante crecimiento de la producción científica en los diversos campos del conocimiento del país, ya que cuentan con el mayor número de graduados de doctorados y la mayor parte de la infraestructura de investigación. En los últimos 20 años, el número de artículos publicados por cada millón de habitantes en el país aumentó aproximadamente de 20 a 182, por encima del promedio mundial de 170 artículos por millón de habitantes, y las ciencias agrícolas jugaron un papel preponderante en este avance.

En 2016, las ciencias agrícolas contaban con 270 programas de posgrado en Brasil, incluyendo 204 programas de maestrías tradicionales, 46 de doctorado y 20 de maestrías profesionales. El número de estudiantes de doctorado que se gradúan de las universidades brasileñas aumentó 486% entre 1996 y 2014. En 2014 se graduaron de las universidades del país 50,200 estudiantes de maestrías y 16,700 estudiantes de doctorados, incluyendo a estudiantes de ciencias agrícolas.

Observaciones finales

Todavía quedan enormes desafíos por delante. El futuro de la agricultura brasileña tarde o temprano se determinará a partir de sus conceptos, métodos y aplicaciones multifuncionales que van mucho más allá de los puntos de vista convencionales actuales de un sistema dedicado a la producción de alimentos, piensos, fibras, materias primas, energía y servicios ambientales. Las innovaciones en las organizaciones de investigación y desarrollo y las redes de cooperación deberán interpretar las señales futuras de forma correcta para evolucionar en consecuencia.

En las últimas cuatro décadas, la investigación agrícola de Brasil ha dependido del Sistema Brasileño de Investigación Agrícola. Actualmente se contempla formar una alianza integral más amplia bajo el auspicio del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento de Brasil. Esta Alianza para la Innovación Agrícola busca fortalecer el entorno multiinstitucional para reforzar aún más los procesos de investigación e innovación y dar mejor cabida a la articulación, alineación y sinergia entre los actores involucrados en los procesos de investigación e innovación. Este enfoque deberá generar una dinámica creativa capaz de atraer nuevas fuentes de financiamiento público y privado para hacer uso del conocimiento generado por la investigación agrícola, agregando así más valor a toda la cadena de valor.

Cabe señalar que la capacidad de las tecnologías para fomentar la competitividad de la agricultura se ve limitada no sólo por el conocimiento

científico, sino también por factores no tecnológicos. Los cuellos de botella en la infraestructura de la logística, almacenamiento y transporte y la disponibilidad y costo de la energía, entre otros factores, pueden presentar obstáculos en la adopción de la tecnología.

Por último, pero ciertamente no menos importante, el aumento de la producción mediante un uso más eficiente de los recursos necesariamente implicará mayores inversiones en capital humano. Más aún, es necesario aceptar que ninguna organización o país cuenta con todas las soluciones que se requieren para responder plena y adecuadamente a los retos y oportunidades que se avecinan. Esto significa que las organizaciones brasileñas de investigación y desarrollo agrícola deben fortalecer las alianzas y convenios dentro y más allá de las fronteras del país. De este modo, el fortalecimiento de la cooperación será esencial para lograr una trayectoria sostenible para las cadenas de valor agrícola y la emergente bioeconomía.

3. Características de los ecosistemas y recursos: fitotecnia, genética y biodiversidad

Elcio Perpétuo Guimaraes[6]

Introducción

El análisis de diversos documentos sobre temas globales como la seguridad alimentaria, la sostenibilidad, los efectos del cambio climático y los biocombustibles pone de manifiesto que Brasil es parte del problema, pero también es parte de la solución. No hay duda en la mente de la gente que este país es la canasta de alimentos del mundo y un lugar ideal de donde se pueden extraer lecciones. La producción agrícola de Brasil creció exponencialmente a lo largo de las últimas décadas, principalmente debido a la puesta en práctica de los resultados de las investigaciones y la tecnología. Sin embargo, hay factores negativos asociados a ello como la sobreexplotación de los recursos naturales y el uso excesivo de agroquímicos (actualmente Brasil es el mayor usuario de estos).

Las últimas estadísticas sobre la producción brasileña de cereales muestran otra evidencia: la producción total de cereales en 2016-17 superó los 227.9 millones de toneladas métricas, siendo la soya responsable de la mayor cantidad con 110.1 millones de toneladas, seguida del maíz con 91.5 millones y del arroz con 11.9 millones (Conab, 2017). No es posible hablar de la producción de alimentos en el país sin mencionar la forma como Brasil mejoró la gestión de sus recursos y ecosistemas. Los datos de la FAO de 2006 revelan que entre 1975 y 2005 la superficie de cultivo disminuyó 1.91% (de 695 a 681.7 millones de hectáreas) y la productividad creció 84.7% (de 1.76 a 3.26 mil/ha). Una vez más, el principal factor que incidió en estos resultados fue el uso de la ciencia y la tecnología.

El principal reto para el país en las próximas décadas es mantener este crecimiento sin aumentar la extensión de las superficies de cultivo y buscando obtener la mayor productividad posible. La función de la ciencia y la tecnología es generar innovaciones que permitan que el país produzca más de forma sostenible, aumentar la calidad nutricional con un mayor respeto del medio ambiente (**Mapa 1**). Todo esto en un mundo cada vez más afectado por los cambios climáticos que aún no comprendemos del todo.

Fitotecnia

Si nos remontamos en la historia, podemos constatar que el aumento ininterrumpido de la productividad fue el elemento clave que hizo prosperar a las sociedades. Al principio, los cazadores necesitaban 2,500 ha para alimentar a una persona; en la agricultura egipcia, 10% de esta área alimentaba a 750 personas, en tanto que en la agricultura actual ese mismo 10% alimenta a 3,600 personas (Paterniani, 2001).

En las décadas de 1960 y 1970 se procuraba cultivar una cosecha al año y lograr la mayor producción posible. Para lograr esto se usaban altos niveles de fertilización, por lo general combinados con una sobreexplotación de los recursos naturales. Con el paso del tiempo los investigadores desarrollaron sistemas agrícolas más complejos y lograron que la tierra se pudiera utilizar durante todo el año. En estos sistemas, los cultivos se integran con el ganado; en algunos casos los bosques tam-

6. Investigador de EMBRAPA Arroz y Frijoles, Goiás, Brasil.

bién son opción (Balbino *et al*., 2012). Los agricultores también concibieron acciones creativas para aumentar y mantener la producción de alimentos –como la labranza de conservación que fue acogida en todo el país–. En general, el aumento en términos de complejidad no sólo se asociaba con un aumento de la producción, sino también con la búsqueda de formas más sostenibles de administrar los sistemas agrícolas y ganaderos.

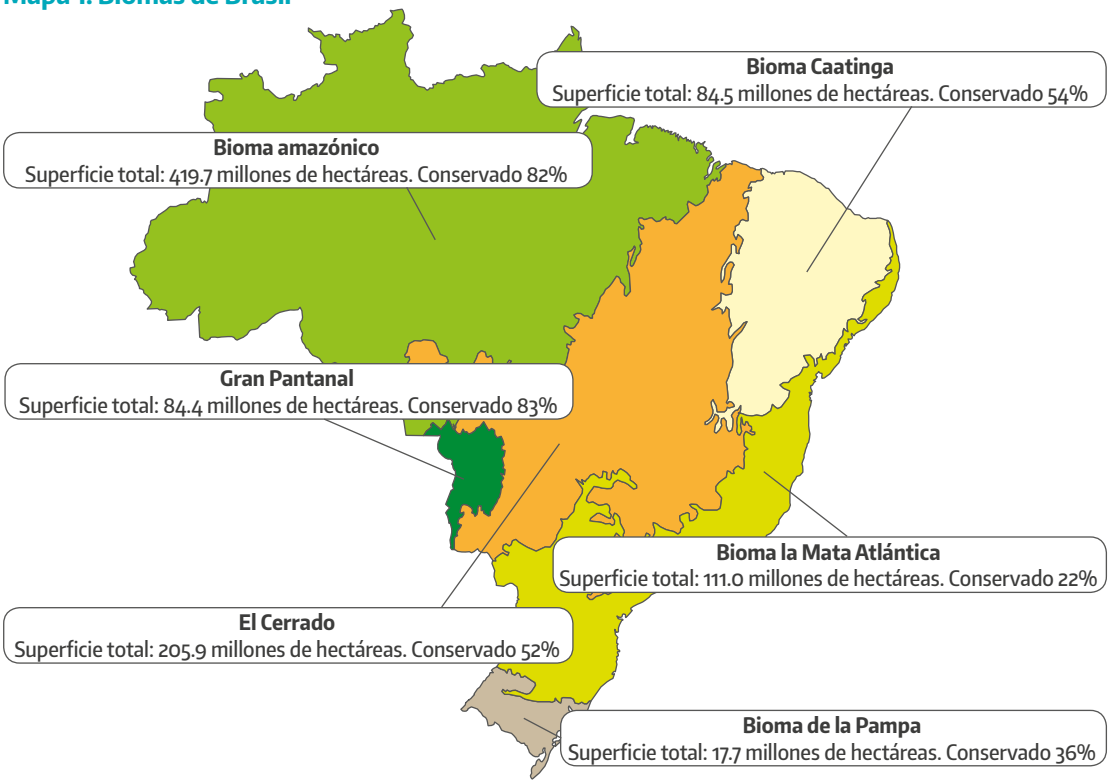
El cambio de uso del suelo ocasionado por la expansión de la ganadería y la agricultura planteó una serie de desafíos a la investigación, siendo el principal la falta de sostenibilidad debido a la degradación de los pastizales y a los monocultivos (Aidar y Kluthcouski, 2003), que todavía se encuentran a la espera de mejores respuestas por parte de la ciencia. En general, estos desafíos que tienen que ver con la sostenibilidad de los sistemas de producción no adoptan la visión estática en la que los sistemas se consideran sostenibles si la producción se mantiene al mismo nivel, sino una visión cambiante en la que los sistemas evolucionan y se adaptan a las demandas de la sociedad.

La intensificación, la integración y la mayor complejidad del sistema de producción agrícola trajeron consigo problemas de plagas, como la mosca blanca, que actualmente es un problema importante en el frijol común y que también afecta a la soya y a otros cultivos, obligando a los agricultores al constante uso de productos químicos. La enorme explotación de la capacidad química y física de los suelos es también un problema importante que merece nuestra atención. El reto de la investigación es comprender cómo equilibrar los complejos sistemas de tal manera que la extracción se neutralice mediante la adición de elementos químicos sin que ello implique altos costos para los agricultores o el medio ambiente. Una cuestión prioritaria es mantener y mejorar la materia orgánica del suelo (Neufeldt *et al*., 2002). En el ecosistema del Cerrado, una limitación para la sostenibilidad son los bajos niveles de materia orgánica en los suelos. Por ello, las investigaciones dirigidas a aumentarla y mantenerla deben ser de máxima prioridad. Esto también aplica a otros ecosistemas, como Caatinga, por ejemplo.

En cuanto a Caatinga, su uso eficiente es un desafío al noreste, donde la caña de azúcar y la producción de frutas son los principales componentes de los sistemas de producción y donde la escasez de agua se ha convertido en un problema importante. Esto también es un problema en la producción de arroz en el sur y centro de Brasil. A pesar de ser importantes regiones productivas del país donde el problema del agua es considerable, la ciencia no ha podido dar solución al problema en forma tal que no sólo proteja el ecosistema, sino que también ayude a los agricultores a aumentar su productividad. El desarrollo de variedades que utilicen el agua de forma eficiente y de tecnologías dirigidas a ahorrarla son elementos clave a considerar.

Al examinar el país en su conjunto, la agricultura y la ganadería lograron que Brasil pasara de ser un país en situación de inseguridad alimentaria a un importante exportador de alimentos en tan solo unas cuantas décadas, además de ser responsable de un cuarto del Producto Interno Neto (PIN). Esta producción proviene de diferentes ecosistemas que han contribuido a la producción del país de diversas formas (**Mapa 1**). El ecosistema del Cerrado avanzó de forma impresionante y en menos de cincuenta años se convirtió en la mayor área de producción agrícola del país. Los principales desafíos en este caso tienen que ver con la infraestructura y la logística, pero la ciencia continúa intentando desarrollar sistemas de intensificación sostenible. La siembre directa fue un paso en la dirección correcta, pero la prevalencia de los cultivos de productos básicos como la soya y el maíz continúan siendo temas importantes. El tema prioritario es el desarrollo de sistemas de intensificación de producción sostenible. En la región sur de Brasil, donde la agricultura tiene una larga historia, la sostenibilidad y la intensificación de los sistemas de producción también representan grandes desafíos. En la región de Caatinga, el agua hizo posible que los agricultores pudieran orientarse al mercado dado que, en el pasado, el principal punto de atención eran los sistemas de producción familiar. El desarrollo de sistemas de riego propició la producción de cultivos comerciales y la diversificación de la yuca a la caña de azúcar y las frutas. La eficiencia en el uso del agua es, sin lugar a dudas, el área principal de investigación. Es necesario invertir en variedades que sean más tolerantes al estrés hídrico, así como en sistemas de riego más eficientes. Las características del ecosistema amazónico son muy particulares ya que, a largo plazo, el papel

Mapa 1. Biomas de Brasil



Fuente: Proyecto Biomas (CNA/Embrapa); MMA.

de la agricultura es menos importante que la explotación de las especies locales y nativas. Actualmente, la amplia producción de ganado y soya en zonas deforestadas es el factor que aporta mayores beneficios a la producción. Al igual que en otros ecosistemas, la sostenibilidad es el principal problema en tanto que el principal desafío radica en el desarrollo de sistemas integrados de producción.

La ciencia ha avanzado a buen ritmo y ha logrado proporcionar a los agricultores las herramientas necesarias para entender el comportamiento de sus sistemas de producción, en todos los ecosistemas y en tiempo real, al integrar el comportamiento de los cultivos con las condiciones de agua y suelo. Hoy día, los drones sobrevuelan las explotaciones agrícolas y recolectan información sobre dónde y de qué manera se requieran las intervenciones para evitar que los cultivos contraigan enfermedades y poder protegerlos de los insectos (Fonarce *et al.*, 2014).

Estos datos se analizan y las computadoras ofrecen información que ayuda a manejar estos problemas de mejor forma. Las máquinas nos dicen dónde, cómo y cuánto fertilizante aplicar en función de las características del suelo, haciendo que la agricultura de precisión forme parte de la vida de los agricultores. La automatización contribuye a un mejor manejo del sistema de producción y permite que otros sistemas más complejos sean productivos y sostenibles. Todas estas innovaciones ya forman parte de los sistemas agrícolas de Brasil. Sin embargo, la finalidad de la agricultura brasileña no sólo es producir más y mejores alimentos, piensos, fibra y combustible, sino también contribuir a mitigar el cambio climático y minimizar los impactos en el medio ambiente.

Genética

En el mundo actual, la responsabilidad de alimentar a la población reside en el área de la genética. Su aportación no se limita tan solo a la producción de alimentos, sino también a la producción de fibra, piensos y combustible. Desde el inicio de la genética, los agricultores se han servido de este

conocimiento para desarrollar variedades mejoradas cada año. Han continuado buscando métodos y herramientas que les permitan realizar cambios específicos en el genoma para poder aumentar su producción de variedades mejoradas.

Antes de hablar de las nuevas oportunidades actuales, vale la pena mencionar que la aplicación de las leyes de Mendel hizo posible aumentar la productividad exponencialmente, en particular de los principales cultivos. También hicieron posible el desarrollo de variedades más resistentes a enfermedades e insectos y más tolerantes al estrés abiótico. Sin embargo, la complejidad de los sistemas de cultivo actuales y la necesidad de acciones más rápidas y eficaces frente a los factores limitantes plantean desafíos adicionales a los agricultores.

Recientemente, como resultado de los avances en las ciencias biológicas, este desafío parece haberse superado y las modificaciones genéticas han alcanzado nuevos límites en materia de reproducción. Hoy día continúan las discusiones sobre el plan que existe de sintetizar el genoma humano. En 2010, por vez primera, el Instituto J. Craig Venter (JCVI) (Gibson *et al*., 2010) informó sobre la creación de vida artificial, lo que nos da una idea de la rapidez con que avanza este campo. Si pensamos en el siglo pasado, recordaremos la llegada de la transgénesis y la forma en que atrajo la atención del mundo en cuanto a la forma en que las técnicas de manipulación genética serían capaces de ofrecer alternativas para mejorar la resistencia de los cultivos ante las plagas, pero también puso de manifiesto la forma como una técnica se convirtió en un tema que suscitó opiniones encontradas y extremas sobre el uso de la ciencia como herramienta de apoyo a la agricultura.

Los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas e insectos generaron ahorros en materia de aplicaciones químicas y contribuyeron de forma eficaz a un mejor manejo del medio ambiente. Muy pronto, la ciencia logrará más cosas, pero sin la polémica relacionada con la tecnología transgénica.

La tecnología de las ciencias biológicas se ha venido desarrollando de forma sumamente rápida. En 2003, cuando se completó el genoma humano, el costo estimado fue de casi US$ 4 mil millones de dólares y todo el proyecto tuvo una duración de diez años. Actualmente existen empresas que ofrecen secuenciar el genoma por aproximadamente mil dólares y el proceso se lleva a cabo en una sola tarde.

La herramienta de edición de genoma denominada CRISPR (repeticiones palindrómicas cortas y regularmente interespaciadas) revolucionará la forma de llevar a cabo el cultivo. La tecnología se basa en enzimas que funcionan como tijeras moleculares, cortando e insertando genes en un organismo de forma controlada (Cong *et al*., 2013). Esto permite desarrollar nuevas variedades que incluyan nuevos genes para una mayor resistencia y tolerancia a las tensiones ambientales como la sequía, las inundaciones, el frío y el calor, además de incorporar mejores contenidos nutricionales.

A pesar de todos estos avances en genética y oportunidades para optimizar el uso de los recursos y las características de los ecosistemas, Brasil sigue batallando con asuntos muy básicos. En cuanto al número de agricultores públicos e instituciones que trabajan en el fitomejoramiento en el país, los números, lejos de aumentar, en muchos casos se están reduciendo. Afortunadamente, el fitomejoramiento privado está prosperando (Geraldi, 2012). Sin embargo, este crecimiento se observa en los cultivos básicos, como la soya y el maíz, pero en los cultivos no básicos hacen falta más especialistas e inversiones (Ramalho *et al*., 2010). La yuca y los frijoles, por ejemplo, requieren de mayor atención e inversiones que se espera provengan del sector público.

El aumento en los cambios ambientales requiere una mejor comprensión de nuestros recursos y características de los ecosistemas, lo que nos lleva al siguiente tema: la necesidad de mejorar la conservación y uso de la biodiversidad del país. La aplicación de herramientas genéticas para manipular las plantas se convierte en prioridad, pero como los problemas son más complejos, se requiere de equipos científicos igualmente complejos. Hoy el reto es cómo formar un equipo de expertos para resolver los problemas. Es necesario reunir a agricultores, fisiólogos, genetistas, biotecnólogos, entomólogos y patólogos para que colaboren conjuntamente con el objetivo de poner en práctica un mejor manejo de los recursos de los diferentes ecosistemas.

La genética ha evolucionado enormemente, las inversiones privadas en importantes cosechas

comerciales también aumentaron significativamente y ahora está en nuestras manos obtener las inversiones que contribuyan a lograr cosechas que garanticen la seguridad alimentaria y los cultivos relevantes para los agricultores que no forman parte de las grandes ligas.

Biodiversidad

La biodiversidad puede definirse como la cantidad total de genes, especies y ecosistemas de un área, región, país o incluso del mundo. El concepto de biodiversidad se refiere a tres áreas: la primera relacionada con la diversidad entre especies; la segunda tiene que ver con la variabilidad dentro de las especies o la variabilidad genética, que es la piedra angular de los programas de mejoramiento genético, y la tercera se vincula con los ecosistemas.

En 1992, en Río de Janeiro, Brasil, los representantes de más de 150 países firmaron el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), un acuerdo que expone las preocupaciones relacionadas con las pérdidas de la diversidad genética en todo el mundo y la necesidad de unir esfuerzos y recursos para prevenir esas pérdidas. Es bien sabido que no existe un solo país que sea autosuficiente en materia de recursos fitogenéticos (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992).

La pregunta lógica es "¿por qué preocupan estas pérdidas?" La respuesta más sencilla es "la biodiversidad es fundamental para proporcionar servicios ecosistémicos", que a su vez son esenciales para el bienestar humano. La biodiversidad es responsable de la seguridad alimentaria, la salud, el agua potable y la producción de energía.

En febrero de 2008, el Gobierno noruego inauguró el mayor almacén mundial de semillas "The Svalbard Global Seed Vault" (La Bóveda Global de Semillas de Svalbard), con el objeto de garantizar la protección contra pérdidas de semillas en otros bancos de genes durante crisis regionales o mundiales (Fowler, 2016). Esta iniciativa fue propuesta con la finalidad de preservar la diversidad fitogenética mundial.

Brasil es uno de los países con mayor diversidad del mundo. La flora brasileña es la más diversa, con aproximadamente 55 mil especies que representan una cuarta parte del total mundial de especies. Los ecosistemas Cerrado, Mata Atlántica y Selva Amazónica son los biomas vegetales más ricos del planeta. Esta biodiversidad debe utilizarse, ya que es de trascendencia para el país y el mundo; la preservación debe ser prioridad, pero el uso racional debe ser parte de las estrategias nacionales de desarrollo.

Brasil ha venido aprovechando la diversidad genética y exótica local para mejorar sus principales cultivos y ofrecer opciones para que los agricultores se adapten a los cambios de los ecosistemas. A pesar de que los productores tienden a centrarse en los materiales mejorados para mantener sus programas de mejoramiento, los recursos genéticos nativos o silvestres son sumamente relevantes en las estrategias nacionales de mejoramiento, ya que brindan oportunidades para que los nuevos genes formen parte de los bancos genéticos que administran los agricultores y puedan brindar soluciones para hacer frente a las limitaciones actuales y probables (mejoramiento preventivo).

A pesar de la legislación vigente que no fomenta el uso de los recursos genéticos silvestres nacionales, los agricultores continúan aprovechando las oportunidades y utilizando la diversidad local. Los principales cultivos donde Brasil tiene parientes silvestres presentes en las diferentes biomasas son Arachis, Manihot, Anacardium, Hevea, Oryza, Ipomoea, Solamun y varias frutas tropicales como el maracuyá. Un reto adicional para los programas de mejoramiento es que, en términos prácticos, la legislación nacional no fomenta el intercambio de recursos genéticos con otros países, dificultando el avance de esos programas.

En las últimas décadas, con ayuda de las herramientas biotecnológicas, se evaluó la diversidad genética mediante marcadores moleculares de casi todos los cultivos importantes del mundo. Estos estudios nos permitieron aprender a desarrollar estrategias de conservación y, lo que es más importante, nos enseñaron a utilizar esta diversidad genética para desarrollar variedades mejoradas.

Además de los beneficios ya mencionados, la diversidad también es valiosa para el turismo. En Brasil, la explotación de la diversidad como fuente de ingresos relacionada con el turismo es limitada y se concentra en el sur de Brasil, donde el circuito del vino es un buen ejemplo. Empero, el interés por este tipo de turismo se está expandiendo

en todo el mundo y en Brasil, por lo que se deben hacer esfuerzos para aprovechar su enorme biodiversidad. Sólo 10% de la flora y la fauna brasileñas ha sido documentada y registrada (25% de las especies de plantas conocidas en el mundo se encuentran en Brasil).

La biodiversidad es crucial para que Brasil continúe su camino en el crecimiento agrícola. Por lo tanto, es conveniente que el país exhiba una mayor flexibilidad y rapidez para intercambiar recursos genéticos y, de esta forma, lograr una mayor visibilidad en el ámbito internacional. También es imperativo implementar mejores estrategias para recolectar, conservar y utilizar los recursos genéticos.

4. Tecnología e innovación

Geraldo B. Martha Jr., Elibio Rech, Mauricio A. Lopes, Evaldo F. Vilela, Paulo Renato Cabral,[7] Cleber Oliveira Soares y Grácia Maria Soares Rosinha[8]

Agricultura y tecnología brasileñas

El desarrollo de la agricultura brasileña en los últimos cuarenta años y sus resultados positivos en términos de competitividad y sostenibilidad han sido ampliamente reconocidos como una historia de éxito (Economist, 2010; Pereira *et al*., 2012). La generación y adopción de la tecnología, en general, fueron los principales impulsores de la modernización de la agricultura brasileña (Martha & Alves, 2017). A pesar de estos avances, es necesario avanzar aún más en materia de sostenibilidad y resolver las deficiencias de la producción agrícola (Fedoroff, 2015) y las demandas ambientales y sociales (Rech y Lopes, 2012; Erb *et al*., 2016). También es necesario reconocer y apoyar los "métodos científicos para la innovación" con objeto de diseñar alternativas factibles a los desafíos y oportunidades reales del futuro.

Brasil cuenta con una abundante oferta de recursos naturales que ha sido protegida en gran parte por los efectos de los ahorros de tierras, resultado de las ganancias en productividad del sector agrícola brasileño en las últimas décadas. Un factor clave para el futuro de la agricultura en Brasil es una mejor comprensión de la biodiversidad del país, así como de las características de los biomas y su funcionamiento (Rech & Arber, 2013), e incorporar eficazmente este conocimiento en los sistemas agrícolas con el fin de lograr una mayor producción que además sea más resistente y sostenible. A través de este enfoque se podrían diseñar mejores estrategias para mejorar los servicios de los ecosistemas y, en general, el bienestar de la sociedad, al mismo tiempo que se mantienen los altos niveles de protección de los biomas brasileños. Puesto que las percepciones y las elecciones humanas determinan en última instancia las políticas, las decisiones y los cursos de acción, no se pueden pasar por alto.

En términos generales se pueden identificar dos enfoques principales en el desarrollo de la tecnología: ahorro de tierras y tecnologías ahorradoras de mano de obra. En el primer caso, los avances bioquímicos desempeñan un papel fundamental, mientras que las tecnologías mecánicas serán clave en el segundo. Los resultados en ambos casos dependerán directamente de la capacidad del ser humano por comprender y aplicar con éxito nuevos métodos, herramientas y cursos de acción de forma oportuna.

Tecnologías ahorradoras de tierra

La producción agrícola es el resultado de una mayor extensión de tierra y/o una mayor productividad. En general, una combinación de ambos factores explica los niveles de producción observados a lo largo de los años. Un factor clave para la agricultura en el futuro será promover las tecnologías ahorradoras de tierras, ya que estas son capaces de aumentar considerablemente la producción agrícola sin necesidad de utilizar más espacios de cultivo. No obstante, es esencial comprender hasta qué punto pueden los agricultores acelerar y aplicar eficazmente la tasa de ganancia sobre el rendimiento para lograr una mayor producción.

Sin embargo, se han venido observando notables avances científicos en diversos campos del conocimiento. La genética es responsable en general de 40 a 50% del aumento de la productividad agrícola (el resto se atribuye principalmente a

7. Presidente del Instituto de Innovación, Brasil.

8. Investigador de Ganado Vacuno EMBRAPA, Brasil.

los fertilizantes y otros productos químicos). Por lo tanto, muchas funciones biológicas importantes que se han estudiado mediante la biotecnología moderna pueden incorporarse poco a poco en las cadenas de valor agrícola.

Ya se han logrado enormes progresos en genómica, funcionamiento de las células y bioinformática. De hecho, los últimos avances reflejan la consolidación de la biotecnología moderna en la ingeniería genética, la genómica a través de mejoramiento genético integrado por ingeniería metabólica y las avanzadas tecnologías de reproducción y clonación animal. Estos avances pueden, a su vez, transformar los mercados y ampliar las posibilidades de desarrollo y consolidación de la dinámica bioeconómica en el país (EMBRAPA, 2014).

La biología sintética (Medford & Prasar, 2016; Nielsen *et al*., 2016) –resultado de la integración del mundo digital con el mundo biológico– allanará el camino para una singular gama de productos biofarmacéuticos, bioinsumos y bioproductos (Martin *et al*., 2003; Rech & Arber, 2013). La nueva tecnología de edición de genomas denominada CRISPR-Cas9[9] (Zhang *et al*., 2013) romperá paradigmas en la investigación de plantas, la ingeniería genética y el mejoramiento genético, y promete revolucionar la ciencia de la modificación genética. Con esta técnica pronto será posible editar genomas de la misma forma como se edita un texto, eliminando o modificando algunas partes del ADN de la propia planta para modificar las características que se deseen.

Desde un punto de vista de los sistemas agrícolas, la agricultura brasileña depende de materiales importados y/o productos derivados de fuentes no renovables. Los fertilizantes y los insumos para proteger los cultivos (junto con las prácticas agrícolas mejoradas) han transformado la agricultura en los países tropicales. Sin embargo, estos insumos pueden llegar a representar hasta 50% del costo de producción. La fijación biológica de nitrógeno (FBN), que fija el nitrógeno de la atmósfera y lo hace accesible para la fitotecnia, así como otros "enfoques de bioinsumos", podrían traducirse en resultados económicos positivos para los agricultores y las cadenas de valor agrícola, con menos impactos negativos al entorno inmediato.

Métodos ahorradores de mano de obra

Se han identificado las tendencias demográficas, como el envejecimiento de la población y la migración sostenida de las poblaciones rurales a las ciudades (UNPD, 2015), y así, pues, se espera que cada vez haya menos disponibilidad de fuerza de trabajo en la agricultura. La falta de escolaridad y formación técnica limitan la capacidad de los trabajadores en el uso de tecnologías más complejas y agrava aún más la escasez de mano de obra que ya existe en las zonas rurales.

Estas señales reflejan de forma clara la creciente demanda por la automatización, las tecnologías mecánicas y los robots en las cadenas de valor agrícola para hacer frente a la escasez de mano de obra y a la presión relacionada con los salarios, al mismo tiempo que contribuirán de forma positiva en una mayor productividad laboral. El avance de la inteligencia de datos (*big data*) y la agricultura de precisión (o sistemas de manejo específico por sitio) no solo requerirán de nuevas tecnologías mecánicas y de automatización, sino también de sofisticados e innovadores sistemas de gestión de tecnologías de la información y la comunicación.

Cambio climático, bioeconomía y factores no tecnológicos

Todavía quedan enormes desafíos, puesto que la agricultura se ve obligada a centrarse en la competitividad y la sostenibilidad al mismo tiempo. El cambio climático, por ejemplo, afecta a toda la cadena de valor agrícola e incide en todos sus componentes, desde los recursos naturales hasta la producción agrícola e industrial y la competitividad y, finalmente, en los consumidores.

Se proyecta que los impactos del cambio climático en la agricultura brasileña se traduzcan a largo plazo en una compleja dinámica espacial de reducción y expansión de las áreas agrícolas en un entorno de producción bastante difícil (e impredecible). En este contexto, el fortalecimiento de los sistemas de investigación e innovación es funda-

9. "CRISPR significa repeticiones palindrómicas cortas y regularmente interespaciadas, y representan segmentos de ADN bacteriano que, al combinarse con una proteína guía específica, como CAS-9 (por ejemplo, proteína 9 asociada a CRISPR), puede utilizarse para realizar cortes específicos en el genoma de un organismo" (Collins *et al*., 2016).

mental para hacer posible que el progreso tecnológico avance, al menos, a la misma velocidad en la que los efectos negativos del cambio climatológico ocasionan cambios adversos en el entorno de la producción. Ante tal escenario, las consecuencias negativas podrían evitarse o, por lo menos, mantenerse en niveles aceptables (EMBRAPA, 2014). Es necesario realizar más investigaciones encaminadas a mitigar los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos, aumentar la resiliencia de los sistemas y adaptarse a los supuestos nuevos escenarios de mayor estrés biótico y abiótico y de inseguridad energética.

Sin embargo, el futuro también brinda enormes oportunidades para robustecer las ventajas comparativas, la generación de ingresos y las posibilidades de empleo en las cadenas de valor agrícola brasileñas. La bioeconomía es un buen ejemplo de esto. La amplia variedad de biomasa (como la caña de azúcar, el sorgo dulce, los árboles tropicales de palma y los coproductos) ofrece oportunidades reales para el desarrollo de cadenas de valor a partir de materiales y sustancias de alto valor añadido destinados a alimentos, piensos, sabores y usos no alimentarios (químicos y bioquímicos, médicos y farmacéuticos, nutricionales y energéticos). Los procesos químico-biocatalíticos dan lugar al desarrollo y uso de catalizadores microbianos que convierten directamente las materias primas en una gama de productos e intermediarios químicos que, a su vez, pueden convertirse posteriormente en nuevos productos con alto valor añadido (EMBRAPA, 2014).

El fomento de una estrategia de bioeconomía en el país, con el tiempo, impulsaría el crecimiento de las industrias de bienes de capital, los servicios de ingeniería y las biomasas proveedoras de las cadenas de valor de alimentos, piensos, productos químicos y farmacéuticos, generando además oportunidades para la expansión de las exportaciones de mayor valor agregado. Se requiere lograr una mayor eficiencia y encadenamientos productivos en las dimensiones sectoriales conocidas, así como nuevos usos de la diversidad biológica con el fin de poder ofrecer productos y procesos innovadores asociados con una mayor productividad y mejores empleos.

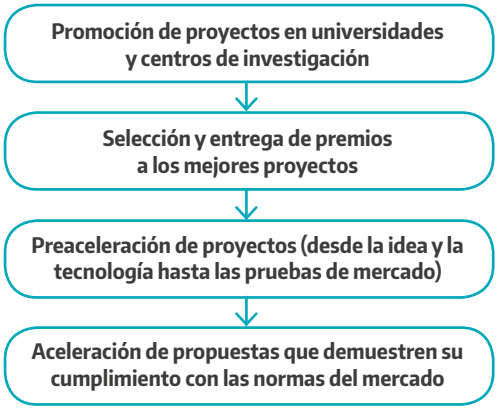
También es importante reconocer que la capacidad de las tecnologías para impulsar la competitividad agrícola se ha visto limitada no sólo por el conocimiento científico, sino también por factores no tecnológicos. Los cuellos de botella en logística, almacenamiento e infraestructura de transporte, la disponibilidad y el costo de la energía, entre otros factores, pueden plantear graves obstáculos en la adopción de la tecnología.

El papel de "Juventud por una Alimentación Sostenible"

La investigación brasileña, cada vez más, se lleva a cabo dentro de un sistema de redes, hecho que ha fomentado los procesos multidisciplinarios y que ha permitido traspasar las barreras de comunicación de antaño. Hoy día, la robótica y la agricultura trabajan de la mano, al igual que la informática y la microbiología, y otros campos. A su vez, la brecha entre universidades e industria se está reduciendo debido a un creciente movimiento de empresas emergentes. Las pequeñas empresas formadas por estudiantes y tutores motivados por ver realizados sus sueños de iniciar sus propios negocios han transformado los resultados de los proyectos de investigación y sus patentes en un gran negocio. Se trata de un nuevo modelo de transferencia de tecnología que lleva al mercado el conocimiento generado en la investigación. Más rápido y menos costoso, hace posible que las patentes creadas a partir de los proyectos se transformen en una realidad y aceleren la puesta en marcha de productos y procesos innovadores. La cultura de las nuevas empresas puede solucionar los problemas del mercado e incidir en los proyectos para que incorporen un enfoque de mercado en sus metodologías, lo que podría suponer un reto o un problema con repercusiones negativas en las actividades agrícolas o sus productores.

El Premio Juventud por una Alimentación Sostenible, una iniciativa estratégica del Instituto Foro para el Futuro, pretende adaptar la perspectiva de los jóvenes talentos de las universidades brasileñas y sus capacidades empresariales avivadas por el panorama de oportunidades surgidas a partir de las necesidades de aumentar la producción, la productividad y los efectos nutricionales de los cereales, las frutas, la carne y otros productos alimenticios. El Premio Juventud por una Alimentación Sostenible es una pieza clave para el descubrimiento de nuevos talentos que, una vez

potenciados y monitoreados, podrán diseñar soluciones tecnológicas y establecer pequeñas empresas de enorme potencial para el sistema agropecuario. La decisión del Banco Mundial de ofrecer el Premio Juventud por una Alimentación Sostenible, no solo en Brasil sino en el resto de las Américas, pone de manifiesto su empeño por crear oportunidades en una región que necesita generar riqueza y que se encuentra en un momento crucial de su historia. Con esta estrategia, el país será capaz de materializar ideas y tecnologías a través del siguiente proceso:



Tras la selección y adjudicación, la etapa de pre-aceleración, que incluye la consultoría de mercado y de gestión, ofrece a los grupos la oportunidad de conocer la cadena de valor en la que se incorporará la tecnología, así como el mercado objetivo y las pruebas necesarias para la implementación de tecnologías que contribuirán a la producción de alimentos sostenibles, desde una perspectiva de seguridad alimentaria y nutricional. En la etapa de aceleración se apoyarán los proyectos que demuestren su plena observancia de las normas del mercado, o sea, la inclusión de tecnologías y conocimientos que hayan demostrado ser prácticos y viables para su implementación. Los proyectos que lleguen hasta esta etapa se someterán a pruebas con los clientes finales para determinar su aceptación en el mercado, así como para conocer sus prototipos de tecnología. El contacto con el cliente final exige que la metodología permita la comunicación con las agroindustrias –productores y proveedores de suplementos agrícolas, semillas, fertilizantes, vacunas, piensos y otros–, lo que requiere de un extenso trabajo de coordinación con los equipos de desarrollo e investigación de empresas que se interesan en la innovación y el desarrollo de nuevos negocios.

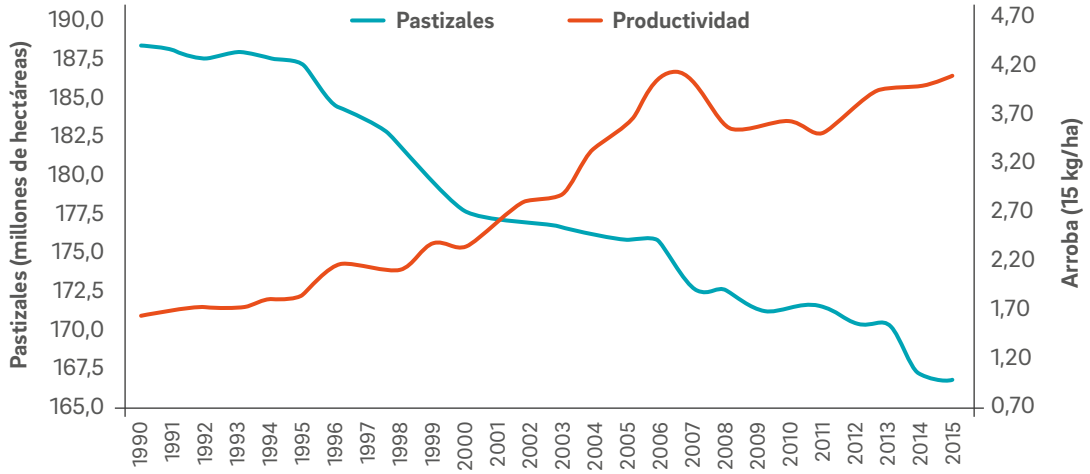
Con esta estrategia, los egresados de doctorados, por ejemplo, recibirán el apoyo necesario para que puedan hacer llegar los resultados de la investigación científica y tecnológica a la sociedad. Algunos ejemplos recientes de nuevas empresas prósperas en materia de control biológico de plagas, por ejemplo, incluyen a PROMIP (ácaros depredadores) de ESALQ/USP (la Facultad de Agronomía de la Universidad Estatal de São Paulo, Brasil) y RIZOFLORA (nematicida biológica) de la Universidad Federal de Viçosa. Ambas compañías fueron vendidas recientemente a inversionistas.

Producción pecuaria. El papel de la Biotecnología

La investigación, el desarrollo y la innovación han contribuido a mejorar los protocolos de calidad (de las buenas prácticas agrícolas a los sistemas de producción integrados), pasando por la trazabilidad y la certificación. La idea es mejorar las tecnologías de integración de los cultivos, ganadería y bosques para desarrollar tecnologías a futuro (biotecnología, nanotecnología, genómica, proteómica, bioinformática), incorporar herramientas para las tecnologías de la información y la comunicación, avanzar en la ganadería de precisión, analizar la eficacia de la energía en los sistemas de producción, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, recuperar pastizales y desarrollar tecnologías en materia de genética, nutrición, salud animal y manejo de las explotaciones agrícolas (Soares, 2014).

En este contexto, la biotecnología ha hecho una aportación destacada y podría continuar contribuyendo a aumentar la productividad animal en Brasil (**Figura 4**) a través de un mayor uso de las biotecnologías de reproducción animal (inseminación artificial tradicional, inseminación artificial a tiempo fijo, sexaje embrionario, manipulación y transferencia, clonación animal, etcétera). También continuará desempeñando un papel importante a través del uso mejorado de paneles de marcadores moleculares para la producción de fenotipos en ganado vacuno y lechero, y también a través del uso de enzimas y microorganismos que mejoren la eficiencia del aparato digestivo y mo-

Figura 4. Brasil: Pastizales *vs.* productividad de ganado vacuno, 1990-2015



Fuente: Agroconsult, tomados de los indicadores de IBGE.

nogástrico de los rumiantes, así como el uso de la selección genómica asociada con EDP (diferencias esperadas en la progenie), que acelera la reproducción y la mejora genética del ganado.

Plagas y enfermedades

Uno de los principales retos para la seguridad alimentaria es el combate por parte de la medicina veterinaria preventiva a los agentes patógenos biológicos, especialmente a los de fácil dispersión, así como a los exóticos. Es más, la búsqueda de métodos de diagnóstico ante mórtem, el desarrollo de insumos de prevención, la vigilancia, el control y tratamiento de las enfermedades desempeñan un papel clave en la seguridad alimentaria, así como en el control de la propagación de enfermedades de la producción, riesgos biológicos y otros que culminan en barreras sanitarias En este contexto, la biología avanzada ya sea a través de la biotecnología, o la nanotecnología y la bioinformática, ha avanzado mucho en Brasil y ha aportado enormes beneficios a la producción animal. Por otra parte, debe darse prioridad a este proceso en las futuras acciones de Investigación y Desarrollo e Innovación (I+D+i), con objeto de garantizar aumentos sostenibles en el rendimiento y el sistema de producción agroalimentaria.

Las avanzadas técnicas de biología se han utilizado de forma habitual en el desarrollo de materiales y herramientas dirigidas a la salud animal. Los agentes patógenos causantes de enfermedades en las cadenas de valor alimentarias, como los virus, las bacterias y los parásitos, ya se han diagnosticado, monitoreado y eliminado mediante el uso de los más modernos métodos de las ciencias del futuro. Los nuevos genes, proteínas y otros insumos biológicos (enzimas, carbohidratos, glicoproteínas, aminoácidos, quimeras, etcétera) de estos y otros agentes patógenos estratégicos se han utilizado para diagnósticos y vacunas (Melo *et al.*, 2015; Viale *et al.*, 2016). Los centros de investigación deben capitalizar los avances que se han logrado en estas técnicas para mantener el liderazgo en el desarrollo de las ciencias agrícolas.

Una importante contribución de estas tecnologías ha sido la cartografía de la resistencia y susceptibilidad de los animales a las encefalopatías espongiformes transmisibles (EET), que son enfermedades que tienen un alto impacto en la economía de los países productores de proteínas animales, ya que son motivo de gran preocupación para la seguridad alimentaria global, especialmente la "tembladera" o *scrapie* en ovejas y cabras y la encefalopatía espongiforme bovina (EEB) en bovinos y bovinos lecheros. Estas herramientas ayudan no solo en la selección genética, sino también en los programas de mejoramiento genético, análisis de riesgo epidemiológico, prevención y programas de estas y otras enfermedades (Galvão *et al.*, 2012; Gonçalves *et al.*, 2016). Esta innovación es un ex-

celente ejemplo de cómo la biotecnología y la innovación han contribuido a garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de Brasil. La aplicación de estas tecnologías ha ayudado al país a mantener su calificación de riesgo mínimo de EEB ante la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2016). Esto garantiza la nutrición, la salud, la seguridad y la calidad de los alimentos para el consumo interno y la exportación. Por lo tanto, el sistema brasileño de investigación agrícola debe continuar combatiendo los desafíos y continuar manteniendo el crecimiento de la producción agrícola mediante la generación y adaptación de nuevas tecnologías que aumenten la producción agrícola de manera sostenible.

Perspectivas de nuevos productos agrícolas

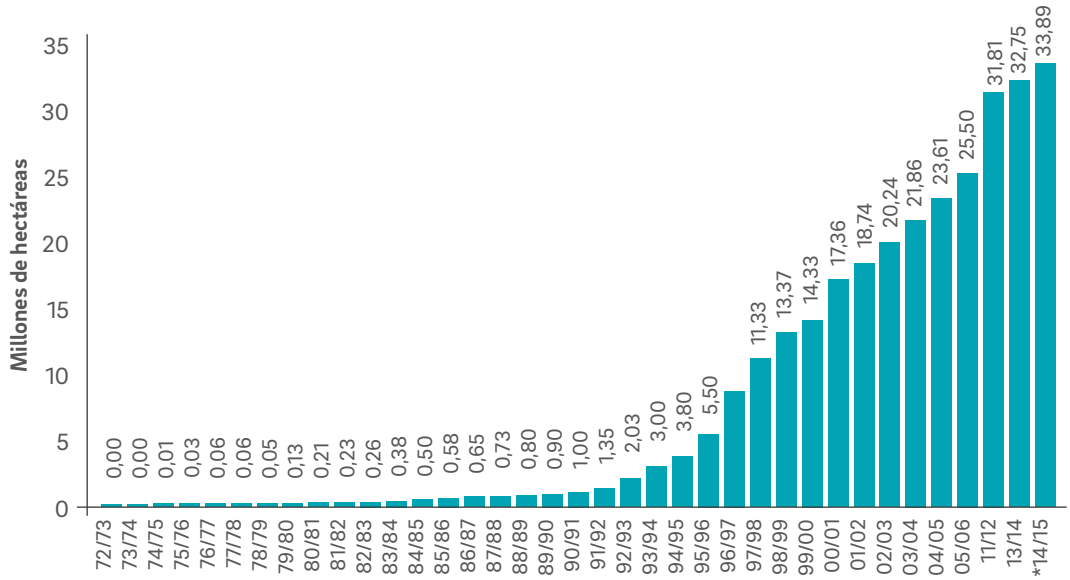
El principal propósito del sector agrícola a nivel mundial es la producción de alimentos, fibra y energía de manera sostenible, evitando afectar a los biomas y preservando los recursos biológicos y naturales. Este es el atractivo de la agricultura tropical sostenible. Bajo este enfoque, las organizaciones brasileñas de investigación y desarrollo han venido desarrollando tecnologías y deben continuar avanzando en esta dirección para lograr la producción sostenible de alimentos, como lo son los sistemas integrados agropecuarios y forestales (ICLFS), la agricultura sostenible, el moderno concepto de "Carne Carbono Neutro Brasileña" y otras tecnologías sostenibles.

Estos sistemas constituyen innovaciones en la agricultura brasileña y son los pilares que harán posible no sólo el aumento de los rendimientos con el objetivo de ahorrar y optimizar el uso de la tierra, a la vez que se agrega valor a los productos, sino también para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Son, sin duda, las tecnologías más sólidas para el futuro de la agricultura sostenible en los países tropicales. El bienestar animal es otro punto importante de los sistemas ganaderos brasileños. El bienestar animal permite continuar satisfaciendo las demandas de los mercados de consumo más exigentes que prefieren la carne de vacuno alimentado en pastizales y la "leche de vacas alimentadas en pastizales", y en los que es de suma importancia convertir una característica intangible (bienestar) en una tangible (calidad del producto final). Las organizaciones dedicadas a la investigación deben afrontar el reto de generar y dominar los nuevos sistemas de producción que garanticen la seguridad alimentaria en el país y en el extranjero.

En este contexto, se ha hecho hincapié en los sistemas de producción multifuncionales como el sistema integrado agropecuario y forestal (ICLF) que, además de ayudar a recuperar áreas y pastizales degradados de bajo rendimiento, ofrecen beneficios directos e indirectos a los animales, como proporcionarles espacios de sombra y mejorar el microclima y las condiciones ambientales locales. Estos aspectos ejercen un impacto positivo en el bienestar animal y se han asociado estrechamente con los principales productos finales. Según el tipo de árboles (nativos y exóticos) y los arreglos espaciales (filas de árboles simples, dobles o triples), la temperatura local disminuye de 2 a 8°C dentro de los sistemas agropecuarios y forestales integrados, en comparación con los pastizales que no gozan de sombra (sin árboles). Como resultado directo del confort térmico se observan mejoras en los rendimientos productivos y reproductivos (Karvatte Jr. *et al*., 2016).

A estos conceptos se les puede atribuir la puesta en práctica de sistemas sostenibles de producción ganadera, especialmente en lo tocante a los aspectos ambientales, por su papel en la introducción de un componente forestal capaz de neutralizar el metano emitido por el ganado. Esto agrega valor a la carne de res y otros productos elaborados en estos sistemas. También pretende confirmar la importancia estratégica de la sostenibilidad de las cadenas de suministro asociadas (carne, granos y silvicultura) para promover el uso de los sistemas integrados y, por ende, optimizar el uso de insumos y factores de producción, con resultados positivos. La etiqueta de "Carne Carbono Neutro Brasileña" es un concepto de marca que certifica que las emisiones de una determinada porción de carne de vacuno fueron neutralizadas durante la etapa de reproducción mediante el cultivo de árboles bajo sistemas integrados silvopastoriles o agrosilvopastoriles. Todo el proceso de producción se encuentra parametrizado, auditado y certificado. Por lo tanto, la investigación debe continuar intentando obtener nuevas etiquetas para otros productos y agregar valor a la producción agrícola en los mercados mundiales.

Figura 5. Superficie cultivada bajo el esquema de siembra directa, 1973-2015



Fuente: Embrapa/SGI.-Septiembre/2016.

Tecnologías como éstas ya son una realidad en los sistemas de producción de ganado brasileño, y han dado origen a la ganadería ecológica o verde, una nueva y revolucionaria forma de producir carne, leche y sus derivados en los trópicos, a la vez que contribuye al ciclo virtuoso de carbono.

Otros grandes retos

La ONU pidió a Brasil, junto con el Cono Sur, que suministre 40% de la demanda mundial de alimentos en los próximos años. El aumento sostenible de los rendimientos es una alternativa ya probada para incrementar el suministro de alimentos del mundo, sin necesidad de desbrozar nuevas tierras. Este es el concepto básico que los sistemas de agricultura sostenible tropical deben seguir desarrollando. En tal sentido, las instituciones públicas y privadas brasileñas han hecho frente al reto de desarrollar prácticas agrícolas sostenibles como los sistemas integrados agropecuarios y forestales y la iniciativa "Carne Carbono Neutro Brasileña", entre otras tecnologías sostenibles emergentes.

Además, la inocuidad de los alimentos en toda la cadena de producción de carne de vacuno que garantiza las mejoras de las normas sanitarias y nutricionales es otro importante desafío que se debe atender para garantizar la seguridad alimentaria en todo el mundo. Es necesario fortalecer las tecnologías del futuro, especialmente las relacionadas con la biotecnología, la nanotecnología, la biología sintética y las tecnologías de la información y la comunicación, entre otras. Además, las ciencias agrícolas buscan desarrollar cultivares, especies y materiales genéticos de mejor calidad para la producción a gran escala de alimentos fortificados con calidad nutricional mejorada y nutracéuticos.

5. Aumento de la eficiencia de las cadenas de sistemas alimentarios

Antônio Márcio Buainain[10]

Introducción

Los escenarios demográficos y económicos del futuro indican que las cadenas de producción de la agroindustria brasileña se verán sometidas a fuer-

10. Profesor Asociado con Doctorado en Economía del Instituto de Economía de la Universidad de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil, e Investigador Senior del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología en Políticas Públicas, Estrategia y Desarrollo (INCT-PPED).

tes presiones y tendrán que hacer frente a un desafío doble, tanto de cantidad como de calidad. Por un lado, el sistema tendrá que producir productos agrícolas y materias primas en cantidades suficientes para satisfacer la creciente demanda, al mismo tiempo que cumple también con los estándares de calidad y las características requeridas por los mercados y la sociedad en general. Por otra parte, el aumento de la producción agrícola estará supeditado a un conjunto de restricciones y regulaciones cada vez más exigentes y complicadas, planteadas por un nuevo grupo de instituciones ya existentes, preocupadas por la competitividad de las cadenas productivas globales, el uso sostenible de los recursos naturales, las relaciones sociales de producción, la preservación de la biodiversidad y la equidad (Buainain, 2014).

Este nuevo contexto implica efectuar cambios radicales en el patrón de crecimiento de la producción agrícola y en la dinámica de las cadenas de producción de la agroindustria. Hasta hace poco, el crecimiento de la oferta se basaba en dos ejes: la incorporación de nuevas tierras y la innovación tecnológica, con poca atención en el uso sostenible de los recursos naturales, a excepción de la acertada difusión de las técnicas de siembra directa que actualmente benefician a más de 33 millones de hectáreas (**Figura 5**) dedicadas al cultivo. Los bosques ricos en madera dura y su valiosa biodiversidad fueron quemados para dar lugar a frágiles pastizales resultantes de una lógica más centrada en la apropiación de tierras que en la creación y consolidación de la riqueza.

Del mismo modo, la innovación tecnológica se centró en aumentar la productividad y/o reducir los costos, especialmente mediante una menor capacidad de mano de obra. No obstante, esta dinámica se basó en una visión microeconómica a corto plazo con poca o nula atención en las externalidades negativas y la falta de una mayor sostenibilidad. Así, pues, muchos insumos químicos que jugaron un papel importante en el aumento de la producción también contaminaron el medio ambiente y dejaron residuos tóxicos en los productos alimenticios, además de otros efectos negativos. En muchos lugares, el uso inadecuado de riego provocó la salinización de los suelos y la contaminación de las capas freáticas, volviéndolas prácticamente estériles. Por otra parte, una mecanización excesiva y el pisoteo por la práctica de la ganadería intensiva compactó los suelos y ocasionó erosión y pérdidas de fertilidad.

En la práctica, los sistemas de producción adoptados hasta la fecha han dado lugar a un círculo vicioso que ha exigido la incorporación de más tierras y tecnologías para compensar las pérdidas de productividad ocasionadas, en parte, por el sistema productivo agotado y la tecnología que se utilizó. Los sistemas no se enfocaban en la eficiencia, al menos no más allá de un punto de vista estrictamente limitado, e incluso entonces su enfoque era a corto y mediano plazos. Parecía que siempre se podría compensar la pérdida de fertilidad con la incorporación de nuevas tierras y nuevas tecnologías y que se podrían compensar las externalidades negativas con la innovación. Desde luego, no se trata de echarle la culpa al pasado, sobre todo porque esto ocurrió en un contexto histórico diferente, sino de reconocer la insostenibilidad de ese patrón de producción e identificar futuros desafíos y oportunidades que den lugar a un cambio de paradigma.

Desafíos y oportunidades para aumentar la eficiencia de las cadenas alimentarias

En la situación actual que se caracteriza por las fuertes restricciones medioambientales e institucionales, la eficiencia sistémica ocupa un lugar central a la hora de afrontar el desafío alimentario. En la sociedad contemporánea ya no es posible considerar solo los parámetros técnicos para tomar decisiones sobre qué, cuánto, cómo y para quién producir. Debemos tener en cuenta que actualmente estas decisiones deben ser aprobadas por la sociedad a través de un mecanismo más amplio y complejo que los mercados, que en el pasado gozaban de poderes casi soberanos cuando se trataba de aprobar o rechazar las decisiones de los actores económicos.

En este nuevo contexto no basta que una tecnología o una planta productiva sean eficientes desde el punto de vista técnico y económico, sino que también deben ser preaprobadas por la sociedad, cuyas opiniones están representadas por grupos de interés, movimientos sociales, defensores de causas específicas, organizaciones de protección al consumidor, ONG y agencias reguladoras públicas y privadas, etcétera. Esta dinámica im-

pone ciertas limitaciones en los resultados tradicionales esperados de la eficiencia tecnológica, ya que las decisiones tomadas por los sectores público y privado se basan en contextos que emergen del juego de poder que involucra a las partes interesadas, que no necesariamente pasarían prueba alguna si tomaran en cuenta la racionalidad, el costo-beneficio y la factibilidad económica. Estas decisiones con frecuencia están llenas de contradicciones y antagonismos, aunque continúan siendo legítimas en el contexto de las sociedades democráticas. El desafío de incrementar la eficiencia de las cadenas productivas agroindustriales no se limita a los aspectos técnicos y debe necesariamente incorporar sus dimensiones sociales, ambientales y políticas; esto también implica y exige la conciliación de intereses que con frecuencia se contraponen.

A pesar de los avances logrados por la agroindustria brasileña, todavía hay enormes oportunidades de lograr una mayor eficiencia en cada una de las etapas de las cadenas productivas, desde el productor hasta el consumidor final. Dentro de las explotaciones agrícolas, el aumento de la eficiencia en la agricultura implica las siguientes líneas de acción:

i. Invertir en la expansión de las fronteras de la innovación centrándose en trabajar con los productores más dinámicos y tecnológicamente avanzados, reducir el desperdicio y sus consecuencias externas y mejorar la conservación de los recursos naturales, así como crear economías de alcance mediante la utilización y reutilización de los desechos y la recuperación de los productos derivados. Ya se pueden observar algunas tendencias positivas y prometedoras en este campo, como la agricultura de 365 días, que permite el uso casi continuo de la tierra durante todo el año, la utilización parcial y total de los sistemas de integración agropecuarios y forestales, y la agricultura de precisión. A este respecto, las inversiones en investigación y desarrollo son los determinantes más importantes, aunque no los únicos, de las mejoras reales y posibles de eficiencia.
ii. Invertir en el aumento de la eficiencia promedio, explorar las fronteras internas a través de las mejoras de eficiencia de los productores que se han quedado rezagados. Este probablemente será un desafío más complejo que el primero. El relativo retraso no se debe necesariamente a la falta de tecnología adecuada para las condiciones a las que se enfrentan los productores y/o las regiones menos eficientes, sino a la falta de condiciones propicias para la innovación, lo que implica una amplia gama de variables y el propio entorno, que no es favorable a la innovación. Las medidas en este caso son enfocarse en los factores clave que plantean obstáculos a la incorporación de innovaciones que ya se han extendido en el país, tales como los financiamientos, la extensión rural y la asistencia técnica, la capacitación, el acceso al mercado y el fortalecimiento institucional.
iii. Un factor importante para lograr una mayor eficiencia del sistema es la incorporación de recursos que actualmente no se utilizan pero que cuentan con un enorme potencial. Una parte de estos recursos que se dejaron de utilizar debido a un uso insostenible previo o por ser inviables desde el punto de vista económico por diversas razones, podría reincorporarse eficazmente a la producción valiéndose de medios que se tienen a la mano gracias a los avances técnicos y científicos de los últimos 25 años. También hay recursos que nunca fueron parte del sistema, como las tierras inactivas en los suburbios y en los huertos urbanos y domésticos. Así, pues, esto implica el uso de "recursos olvidados" porque eran redundantes en el contexto anterior de abundancia de recursos, y cuya utilización es factible gracias a las nuevas instituciones y sus factores determinantes. Se trata de una nueva agricultura que ya es una realidad en muchas zonas urbanas y países, y que tiende a popularizarse a medida que aumentan las restricciones en materia de deforestación y se arraiga el paradigma de la sostenibilidad.

Otra fuente de incremento de eficiencia es la infraestructura y la logística de las cadenas agroindustriales que tiene un enorme déficit con diversos efectos sobre la eficiencia (Oliveira, 2014). Desde un punto de vista micro, el factor más importante es el déficit en la capacidad de almacenamiento, que dificulta que los productores apro-

vechen los cambios del mercado para comprar y vender insumos y productos en el mejor momento posible. Asimismo, el acceso a la energía eléctrica en las áreas rurales se traduciría en ganancias significativas de eficiencia para los productores, especialmente en aquellas actividades en las que la refrigeración es importante, como lo son la producción de productos lácteos y frutas y verduras.

Desde un punto de vista más sistémico, más allá de los límites de la explotación agrícola, el mayor déficit y posible fuente de mejoras de eficiencia radica en la logística del transporte. Este déficit tiene muchas implicaciones más allá de elevar los costos de los insumos y reducir el precio que se paga al productor, debido a la aplicación de un descuento al precio de referencia que es equivalente a los costos de transporte. También es responsable por las pérdidas de producción en los corredores de transporte, las pérdidas de calidad y el bienestar animal, así como de los elevados riesgos, incluidos el riesgo de contaminación, adulteración y robo y accidente, que no siempre reembolsan los costosos seguros de accidentes. Esta es una de las razones de la práctica de la ganadería extensiva en muchas zonas, y de la inviabilidad de la producción en pequeña escala, entre otras tantas. De hecho, los pequeños productores, que podrían utilizar estos recursos de manera intensiva, sostenible y eficiente, han sido excluidos de ellos porque no tienen acceso a los mercados. Contrario a lo que se cree comúnmente, el problema no es la escala, sino la logística del transporte, que implica altos costos, limitando así la viabilidad de las transacciones con los productores de mayor escala. La disponibilidad de una amplia red de carreteras, incluidas las carreteras locales, reduciría esta desventaja y haría posible la utilización intensiva de los recursos para los pequeños y medianos agricultores.

Existe un alto nivel de desperdicio en todos los niveles de la cadena alimentaria. Esto empieza con el productor, quien desperdicia parte de la cosecha/producción debido a problemas de manejo, falta de infraestructura, información y acceso. De nuevo sucede durante el transporte desde su punto de origen a los puntos comerciales por los granos que caen de los camiones, la carga refrigerada que corre un riesgo durante las rutas de transporte y los robos de las cargas. Durante el almacenamiento, los problemas técnicos debido a un mal proceso de secado, instalaciones precarias, interrupciones del suministro de energía, etcétera, también exceden los parámetros justificables. Y ya en el procesamiento muchos productos se siguen utilizando sólo parcialmente. Esto podría mejorarse mucho trayendo consigo grandes mejoras de eficiencia asociadas con economías de alcance. Por añadidura, en la etapa de distribución, el desperdicio aumenta a niveles escandalosos. Para constatarlo, solo hay que visitar las instalaciones del Centro de Distribución del Mercado Central (CEASA) al final del día, o darse una vuelta por donde se encuentran los contenedores de basura de cualquier cadena de supermercados. Esta pérdida no se limita a frutas y verduras, como podría suponerse, sino que también incluye productos alimenticios caducados y desperdicio por falta de suficiente espacio de almacenamiento en los propios lugares comerciales. Y, finalmente, tenemos al consumidor, en especial a aquel con mayores ingresos, que fue criado en la cultura de abundancia y altos niveles de inflación y a quien no le preocupa evitar el desperdicio.

Observaciones finales

Cualquier análisis de las posibilidades en cuanto a mejorar la eficiencia del sistema brasileño de producción de alimentos debe tomar en cuenta que una de las principales causas de la pérdida de eficiencia en la competitividad internacional del sistema agroalimentario nacional se debe a los elevados costos de operación brasileños (conocidos como el "costo Brasil"). Estos costos incluyen trámites burocráticos excesivos, déficit logístico, altas tasas de interés y altos costos de transacción relacionados con la inseguridad judicial y los riesgos institucionales e inciden negativamente en la economía y sociedad brasileñas. Las políticas macroeconómicas, que se distinguen por un legado de inflación y por la tensión entre la responsabilidad fiscal y el expansionismo populista, mantienen un cierto sesgo en cuanto a las restricciones sobre la producción agrícola que dan origen a pérdidas monetarias para los productores y los consumidores.

En resumen, hay oportunidades de mejora de la eficiencia en todas las etapas de la cadena de la agroindustria. Estas oportunidades se traducen en

una excelente posibilidad de expansión de la producción y deben explorarse como parte del desafío en materia de desarrollo sostenible. Los desafíos que enfrentamos hoy exigen nuevos acuerdos institucionales que den lugar a la movilización de recursos y competencias que van mucho más allá de las capacidades del Estado. En este sentido, el deber del Estado –un deber incipiente en el contexto brasileño– es crear un entorno favorable para la innovación que fomente la movilización sostenible de recursos del sector privado para financiar y posibilitar acciones acordes con los objetivos macroestratégicos del país, así como promover la cooperación público-privada y la colaboración en procesos de investigación y desarrollo para ir más allá de la visión tradicional que ubica la principal carga a veces en el Estado y otras tantas en el sector privado. En el caso de Brasil, la eficiencia y sostenibilidad del sistema agroalimentario también están relacionadas con la capacidad de disminuir la heterogeneidad estructural característica de la agricultura y de incorporar un número importante de productores que se quedaron al margen del progreso que tuvo lugar en las últimas décadas, y que podría ser viable si se cuenta con el apoyo derivado de mejoras consecuentes en los acuerdos institucionales y de políticas coherentes (Vieira Filho e Gasques, 2016).

6. Consideraciones de salud

Marilia R. Nutti[11] y Cleber Oliveira Soares

Enfermedades transmitidas por alimentos

Existen aproximadamente 250 tipos de enfermedades transmitidas por alimentos (FBD) y muchas de ellas son causadas por microorganismos patógenos que son responsables de graves problemas de salud pública, así como de importantes pérdidas económicas. Los síntomas que ocasiona la ingestión de alimentos contaminados por estos microorganismos se conocen como FDB (OMS, 2003; Popkin & Larsen, 2004). Las enfermedades transmitidas por alimentos pueden identificarse cuando una o más personas presentan síntomas similares después de ingerir alimentos contaminados con microorganismos patógenos, sus toxinas, productos químicos tóxicos u objetos dañinos y que provinieron de una fuente común. En el caso de los patógenos altamente virulentos como el *Clostridium* (C.) *Botulinum* y *Escherichia* (E.) Cola O157: H7, se entiende que un solo caso basta para que se considere como un brote (OMS, 2004; Claro *et al*., 2015). La mayoría de los brotes se han relacionado con la ingesta de alimentos que tienen un buen aspecto y olor y ningún cambio organoléptico notorio. Esto se debe a que la dosis que infecta a los patógenos transmitidos por los alimentos suele ser menor a la cantidad de microorganismos necesarios para degradar los alimentos. Estos hechos hacen que sea difícil rastrear los brotes de intoxicaciones por alimentos, ya que los consumidores afectados no son capaces de identificar el alimento causante de la enfermedad.

La falta de una asociación específica entre los otros alimentos y las etiologías destacan el importante papel de una contaminación cruzada o ambiental y el papel que juega quien manipula los alimentos contaminados a lo largo de la cadena alimentaria desde la granja hasta la mesa (Claro *et al*., 2015). En Brasil, se conoce poco del perfil epidemiológico de las enfermedades transmitidas por alimentos. Solo unos cuantos estados o municipios cuentan con estadísticas y datos sobre los agentes etiológicos, los alimentos más afectados, las poblaciones y las poblaciones de alto riesgo. De acuerdo con los datos disponibles sobre los brotes, suelen ser de origen bacteriano que implican la existencia de *Salmonella* spp., *E. coli, Staphylococcus aureus*, *Shigella* spp., *Bacillus cereus* y *Clostridium perfringens* (Ministerio de Salud, 2011).

La seguridad alimentaria, la buena salud de las manadas, la seguridad de las cadenas de suministro, la bioseguridad de los alimentos y el riesgo de bioterrorismo se han convertido en temas de interés mundial. Al mismo tiempo, el desarrollo y la intensificación de la reproducción animal, la gestión de la salud y la nutrición a través de programas de mejoramiento genético, las mejores prácticas en ganadería y la generación de insumos más eficientes contribuyen a aumentar los rendimientos, al mismo tiempo que promueven la calidad y seguridad alimentaria de Brasil.

11. Investigadora en Tecnología Alimentaria de EMBRAPA.

La carne, la leche y sus derivados son los componentes más importantes de la alimentación para el género humano y son estratégicos en la economía brasileña, ya que Brasil es un importante productor de proteínas animales y el mayor exportador de carne del mundo (Abiec, 2016). Con todo, estos alimentos concentran la mayoría de los agentes patógenos transmitidos a los seres humanos. En Brasil, con una población de más de 200 millones de personas, se registraron 6,632 brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, sumando 118,104 individuos hospitalizados y 109 muertes entre 2007 y 2016. La mayoría de estos brotes fueron causados por bacterias, siendo la *Salmonella* spp. el principal agente responsable, seguido por *E. coli* y *S. aureus* (BRASIL, 2016).

Entre los rumiantes, la encefalopatía espongiforme transmisible (EET) es un asunto de preocupación mundial. Esta extraña enfermedad causada por priones afecta a los seres humanos, así como a animales domésticos y salvajes. Son neurodegenerativas y mortales, y tienen largos períodos de incubación. La encefalopatía espongiforme bovina (EEB) es la enfermedad transmisible más importante, ya que se considera una zoonosis. Desde el diagnóstico de la EEB en varios países de Europa y Norteamérica, y la hipótesis de que existe una relación entre esta enfermedad bovina y la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (ECJ) como una nueva variante de un trastorno similar en humanos, la bioseguridad en la cadena de producción de ganado se ha convertido en el centro de atención tanto para los consumidores como para la industria bovina. En este contexto, y pese a los casos y registros de la existencia de la encefalopatía espongiforme bovina en el mundo, incluyendo las Américas, el riesgo de la existencia y aparición de esta grave enfermedad en Brasil es mínimo.

Los sistemas brasileños de producción de carne y leche se basan casi exclusivamente en pastizales, lo que resulta en una ventaja comparativa por sus costos de producción relativamente bajos, así como la ventaja competitiva de la ganadería llamada "ganado verde", que es un producto seguro, con características de calidad altamente apreciadas en el mercado. Así, pues, el país está explorando la posibilidad de la ganadería en pastizales y de garantizar una salud animal adecuada y prevenir la EET en el ganado brasileño. Dados estos factores productivos y técnicos, Brasil ha sido clasificado por la OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal) como un país en el que el riesgo de aparición de encefalopatía espongiforme bovina es mínimo (OIE, 2016).

Transición/Sobreconsumo

Desde la segunda mitad del siglo XX, las condiciones que propiciaban la aparición de enfermedades infecciosas han sido sustituidas poco a poco por un escenario que fomenta la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) entre las que se incluye la obesidad, la diabetes *mellitus*, las enfermedades cardiovasculares como la hipertensión y los derrames cerebrales, y algunos tipos de cáncer relacionados con el consumo excesivo/desequilibrado de alimentos y/o falta de suficiente actividad física. Las enfermedades crónicas no transmisibles se están convirtiendo en causas cada vez más importantes de discapacidad y muerte prematura tanto en los países en desarrollo como en los nuevos países desarrollados, suponiendo una carga adicional en los ya sobregravados presupuestos nacionales de salud (OMS, 2003). Estos escenarios son evidentes tanto en los países desarrollados como en gran parte de los países en desarrollo, incluido Brasil (Popkin y Larsen, 2004). En este contexto, la Estrategia Mundial 2003 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la alimentación, la salud y la actividad física destaca la necesidad de mejorar el patrón mundial de consumo de alimentos, centrándose en la reducción del consumo de alimentos de alto contenido energético, bajos niveles de nutrientes y altos niveles de sodio, grasas saturadas, grasas trans y carbohidratos refinados (OMS, 2003, OMS, 2004). La Estrategia Mundial indica que, para lograr los mejores resultados en la prevención de enfermedades crónicas, las estrategias y políticas que se apliquen deben reconocer plenamente el papel fundamental de una alimentación y nutrición adecuadas además de actividad física (OMS, 2003).

Según Claro *et al*., 2015, los estudios sobre los hábitos alimenticios de los brasileños en las últimas décadas destacan el incremento en el consumo de carne y alimentos industrializados (refrescos, galletas y comidas congeladas) y un menor consumo de legumbres, raíces y tubérculos, así

como de frutas y verduras. Con base en estos hechos, el Ministerio de Salud desarrolló, junto con otras estrategias, el Plan de Acción Estratégico Brasileño 2011-2022 para Combatir las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ENT), en 2011 y modificó las "Guías Alimentarias para la población brasileña: Promoción de una dieta sana" en 2014 (Ministerio de Salud, 2014).

El Plan de Acción Estratégico 2011-2022 del Ministerio de Salud diseñado para Combatir las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (DNT) en Brasil prioriza la reducción de la exposición de la población a factores de riesgo y ofrece incentivos en cuanto a factores de protección dirigidos a fomentar acciones que coadyuven en la protección de la salud mediante la creación de espacios para practicar actividades físicas, la prohibición de publicidad de cigarrillos y la creación de lugares libres de humo, además de exhortar a la población a mantener un estilo de vida saludable que les hará posible gozar de una mejor calidad de vida y bienestar (Ministerio de Salud, 2011). La nueva edición de las "Guías alimentarias para la población brasileña: Promoción de una dieta sana", en 2014, hace hincapié en el consumo de alimentos naturales o poco procesados, en especial verduras, en lugar de refrescos y dulces.

Las medidas preventivas contra las enfermedades crónicas no transmisibles orientadas a promover la salud deben tener en cuenta los factores de alimentación, nutrición y actividad física, y sugerir que se establezcan alianzas entre la Secretaría de Salud, la Secretaría de Agricultura y la Secretaría de Educación con objeto de aprovechar sus respectivas funciones en el establecimiento de guías alimentarias y políticas relacionadas con la producción de alimentos más sanos así como impulsar campañas que promuevan una alimentación más sana y la práctica de ejercicio físico.

Nutrición - Intervenciones sensibles

La aceleración del progreso en la nutrición requiere de programas eficaces y sensibles a la nutrición a gran escala (Ruel & Alderman, 2013). Hasta ahora, la mayoría de los esfuerzos para combatir la deficiencia de micronutrientes en los países en desarrollo se ha centrado en ofrecer suplementos vitamínicos y minerales a las poblaciones objetivo y en fortificar los alimentos con estos nutrientes (Nutti & Viana, 2015). Los programas agrícolas concretos podrían complementar estas inversiones (Ruel & Alderman, 2013).

La introducción de cultivos biofortificados –variedades cultivadas con mayor contenido de minerales y vitaminas– podría complementar las intervenciones existentes y ofrecer una forma sostenible y de bajo costo para combatir la desnutrición. En Brasil, la investigación y el desarrollo de alimentos biofortificados ponen de manifiesto un singular aspecto: Brasil es el único país donde se estudian simultáneamente ocho cultivos diferentes: calabaza, arroz, camote, frijoles, frijol caupí, yuca, maíz y trigo con el fin de obtener cultivares más nutritivos con buenas cualidades agronómicas y que gocen de la aceptación del mercado.

El proyecto ha priorizado a los estados de Maranhão, Piauí y Sergipe, debido a su bajo Índice de Desarrollo Humano (IDH) en comparación con otros estados. Cuenta con la participación de aproximadamente 200 investigadores, técnicos y socios y se han desarrollado 11 cultivares con un mayor contenido de hierro, zinc o provitamina A desde 2005, además de haber implementado alrededor de 120 unidades demostrativas que han logrado llegar a un promedio de 20 mil personas. Para 2018, el objetivo es llegar a un millón de hogares, lo que equivale a aproximadamente 4 millones de personas (Nutti & Viana, 2015).

Los programas sensibles a la nutrición contribuyen a crear un ambiente favorable en el que los niños pueden crecer y desarrollar su máximo potencial. Cuando se combinan el desarrollo infantil temprano y las intervenciones nutricionales dan lugar a efectos sinérgicos halagüeños que podrían conducir a mejoras sustanciales de la eficiencia, la eficacia y la rentabilidad.

7. Consideraciones normativas

Geraldo B. Martha Jr. y Cleber Oliveira Soares

Introducción

Las políticas agrícolas brasileñas tradicionalmente han priorizado el crédito rural, la investigación

agrícola y los servicios de extensión rural. De hecho, la extensión rural perdió impulso en las décadas de 1980 y 1990, y sus resultados dejaron de ser satisfactorios a partir del año 2000. Estas políticas fueron en gran parte diseñadas e implementadas para aliviar las distorsionantes presiones impuestas al sector agrícola por las políticas que se pusieron en práctica con objeto de proteger a la industria nacional de Brasil, particularmente desde 1960 y hasta mediados de la década de 1980. Después de ese período, se analizó con gran detenimiento el alcance de las políticas sectoriales agropecuarias y se redujo para adaptarse a la falta de recursos real, causada por las graves crisis macroeconómicas del país en los años 80 y 90 (Martha & Alves, 2017).

En los últimos veinte años se puso en marcha un conjunto de novedosas políticas y acciones encaminadas a mejorar la planificación y el financiamiento de la producción agrícola en el siglo XXI. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA), en coordinación con otros ministerios clave, ha podido ofrecer oportunidades para financiar inversiones en cooperativas, adquisición de maquinaria, sistemas de riego e instalaciones para almacenamiento. También se ha destacado la importancia de la gestión de riesgos (seguros) y las técnicas de comercialización.[12]

Las políticas dirigidas a la pequeña agricultura y la agricultura familiar, así como las dirigidas a fomentar la adopción de prácticas agrícolas mejoradas con menores impactos negativos sobre el medio ambiente en general, han logrado captar una atención cada vez mayor. Por ejemplo, una de las principales políticas orientadas a la agricultura brasileña en los últimos cinco años ha sido el Programa ABC de Agricultura de Baja Emisión de Carbono del MAPA. Los recursos de este Programa pretenden hacer posible que los agricultores inviertan en tecnologías que aumenten la resiliencia de los sistemas, mejoren la conservación de los recursos naturales y reduzcan la intensidad y las emisiones globales de gases de efecto invernadero en la agricultura brasileña. Este programa se ha convertido en un referente mundial en los últimos años.

Se han aplicado políticas alimentarias para ofrecer asistencia nutricional que ofrezcan alimentos asequibles a la población desfavorecida. Además, la perspectiva nutricional (desnutrición *versus* obesidad), que considera la alimentación de los consumidores y su calidad, ha sido una tendencia en aumento en la formulación de políticas (EMBRAPA, 2014).

Hasta finales de la década de 1990, los incentivos que se ofrecían a la agricultura brasileña eran negativos debido a la transferencia de recursos de la agricultura a otros sectores, en particular a la industria. Partiendo de los datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), es posible calcular que el nivel anual de incentivos para la agricultura brasileña –la Estimación de Apoyo al Productor (EAP)– solo alcanzó 1.6% de los ingresos brutos de las explotaciones agrícolas entre 1995 y 2014. Esto es un reflejo de la enorme vulnerabilidad de la agricultura en relación con las señales del mercado, lo que significa que las tecnologías y las decisiones de producción, sea cual sea el objetivo (seguridad alimentaria y nutricional en el mercado nacional o en el extranjero, biomasa para la energía o la bioindustria, etcétera), reaccionarán firmemente a la percepción de los agricultores en cuanto a los precios relativos.

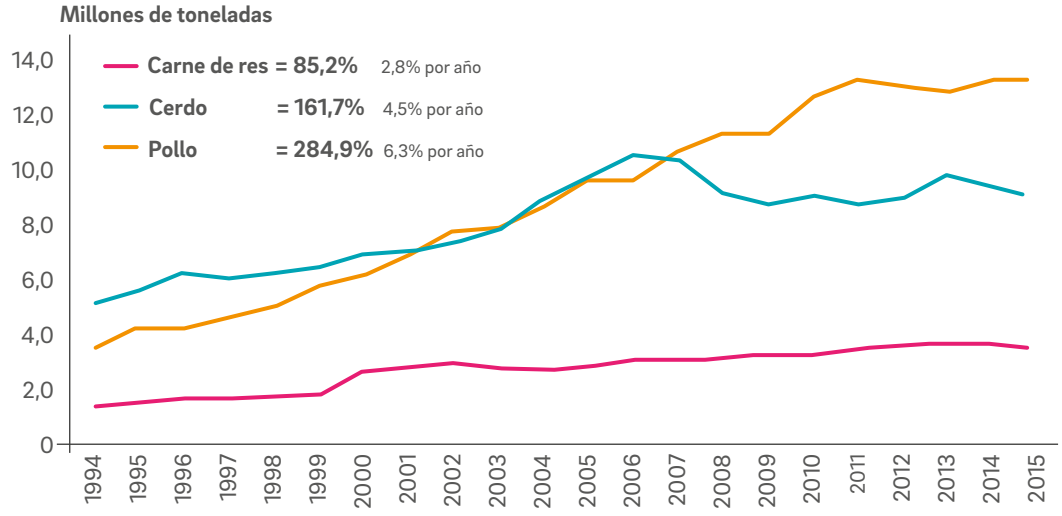
Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Brasil

En las últimas décadas, Brasil transformó con éxito su agricultura y mejoró significativamente la disponibilidad de alimentos de alta calidad para su población (**Figuras 3 y 6**). Sin embargo, la proporción de la población que enfrenta una grave inseguridad alimentaria en el país ascendió a 7.2% en 2013 (IBGE, 2016). Es evidente que esta situación debe atenderse para lograr un escenario integral de seguridad alimentaria en Brasil.

En 2011, Brasil inició el primer Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional. Tras el análisis de los resultados y logros de este primer ciclo de políticas, se instauró un plan actualizado

12. Por ejemplo, las herramientas y mecanismos dirigidos a evitar fluctuaciones graves en el ingreso de los agricultores y en los precios al consumidor (políticas de precios mínimos, bonos gubernamentales, etcétera) formaban parte de la cartera de las políticas agrícolas. Para mayor información, consúltese el enfoque de la política agrícola de MAPA en http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola

Figura 6. Brasil: Producción de carne de res, pollo y cerdo, 1994-2015



Fuentes: Conab. Fuente de referencia: Embrapa/SGI.

y revisado en 2016: el Segundo Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.[13] El plan surgió a partir de la V Conferencia Nacional sobre Seguridad Alimentaria y Nutricional realizada en noviembre de 2015, bajo la coordinación del Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONSEA).

El Segundo Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional tiene un plazo previsto que va de 2016 a 2019 y consta de 121 metas y 99 acciones relacionadas que se estructuraron en función de nueve grandes desafíos: (1) promover el acceso universal a alimentos adecuados y saludables, dando prioridad a la población en condiciones de inseguridad alimentaria y nutricional; 2) combatir la inseguridad alimentaria y nutricional y fomentar la inclusión productiva de grupos vulnerables de la población, como las comunidades tradicionales y personas y otras poblaciones vulnerables; 3) promover la producción de alimentos saludables y sostenibles, la estructuración de la agricultura familiar y el fortalecimiento de los sistemas de producción agroecológica; (4) suministrar y proporcionar acceso constante a alimentos adecuados y saludables a la población brasileña; 5) promover y proteger los alimentos adecuados y saludables destinados a la población brasileña con estrategias de educación alimentaria y nutricional y medidas reglamentarias; (6) prevenir y controlar lesiones y problemas de salud ocasionados por una alimentación deficiente; 7) mejorar la disponibilidad y el acceso del agua para la población, en especial las poblaciones pobres de las zonas rurales; (8) consolidar la implementación del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SISAN) a través de una mejor gestión federal, relaciones intersectoriales y la participación social, y (9) apoyar iniciativas para promover la soberanía, la seguridad alimentaria y nutricional y los derechos humanos para acceder a alimentos adecuados y a sistemas alimentarios democráticos, saludables y sostenibles a nivel internacional a través del diálogo y la cooperación internacional.

Políticas en general

Durante la modernización de la agricultura, el sector se vio cada vez más expuesto y afectado por políticas genéricas como las políticas monetarias, el tipo de cambio y las políticas de ingresos. A medida que los "macro-precios" cambian, se traducen en perspectivas de inversión bastante estimulantes para los empresarios (riesgos empresariales y financieros) y, en última instancia, en el éxito de

13. Para mayor información, consúltese la información disponible en: http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/noticias/2016/plano-nacional-de-seguranca-alimentar-e-nutricional-ja-esta-disponivel-na-internet

las empresas. La implementación de políticas genéricas más estables, previsibles y sólidas favorecerán a su debido tiempo las inversiones en las cadenas de valor agrícola. Desde la perspectiva del sector agrícola, el fortalecimiento del sistema de seguros y su eficacia es una cuestión prioritaria.

La estrategia impulsada por la investigación de la agricultura brasileña ofreció el flujo necesario de conocimientos y tecnologías que, a su vez, proporcionó a los agricultores las herramientas necesarias para transformar la agricultura tradicional en un sector altamente competitivo y cada vez más sostenible basado en la ciencia y la tecnología. El fortalecimiento de la inversión en investigación y desarrollo agrícola será fundamental en las perspectivas de Brasil en materia de producción agrícola y sostenibilidad, seguridad alimentaria y nutricional, estabilidad macroeconómica y crecimiento económico. Un importante punto de vista que debe destacarse y en el que se debe insistir es el aumento considerable de las inversiones del sector privado en actividades de investigación y desarrollo. En ocasiones, el sector privado realizará actividades de investigación y desarrollo por sí solo, pero otras tantas lo hará de manera conjunta con el sector público. Al final, el objetivo general es hacer que la agricultura brasileña sea más resistente a los próximos desafíos bióticos y abióticos, y se encuentre mejor preparada para aprovechar las oportunidades futuras (Martha *et al*., 2016).

Por último, pero no por ello menos importante, la capacidad de las tecnologías y del capital humano para fomentar la sostenibilidad y la competitividad de la agricultura no está limitado únicamente por el conocimiento científico y las habilidades comerciales, sino también por factores no tecnológicos. Los cuellos de botella en la infraestructura de logística, el almacenamiento y el transporte, la disponibilidad y el costo de la energía, entre otros factores, como la falta de capital humano calificado en el sector agrícola, podrían plantear obstáculos en cuanto a la adopción satisfactoria de la tecnología, la expansión agrícola y la seguridad alimentaria. Mucho menos evidente es la necesidad de concentrarse en reducir las deficiencias del mercado con el fin de asegurar que las tecnologías modernas se adopten de manera eficaz en diferentes escalas y de manera más inclusiva en las explotaciones agrícolas brasileñas.

8. Logros y desafíos

Geraldo Magela Callegaro[14]

Un análisis exhaustivo de los principales indicadores científicos y tecnológicos para la investigación y el desarrollo agrícola en Brasil presentados en el estudio EMBRAPA-IFPRI[15] hizo posible describir el desarrollo de los impactos de las tecnologías y las contribuciones totales de EMBRAPA al desarrollo agrícola brasileño.[16]

Según el estudio, durante el período 2006-2013, el gasto en investigación y desarrollo agrícola aumentó 46% debido al crecimiento en EMBRAPA y en el sector de educación superior, en especial entre las universidades federales. El gasto de 1.8% como porcentaje del PIB agrícola es el más alto de América Latina. Brasil emplea al mayor número de investigadores agrícolas calificados con doctorados en América Latina, y su plantilla de 73% de investigadores con doctorados ha sido la más alta hasta el momento. Una detallada ficha técnica[17] sobre la investigación y el desarrollo agrícola en Brasil, entre otras cuestiones de interés, señala que el país se mantiene a la cabeza en materia de inversiones en investigación y desarrollo, así como en número de investigadores de reconocida competencia.

EMBRAPA es ampliamente conocida como un exitoso caso por sus atinadas inversiones en investigación y desarrollo y por su experiencia de intercambio de conocimientos con otros países para avanzar en seguridad alimentaria y nutricional, al igual que por su apoyo para impulsar los ingresos de los agricultores y el ingreso de divisas para fortalecer las economías de los países en desarrollo.

Por otro lado, el Proyecto Nacional de Innovación Tecnológica para el Mejoramiento de la Sanidad Animal y Vegetal, financiado por el Consejo Nacional de Investigación (CNPq), utilizó un nuevo enfoque para abordar los problemas sanitarios y de salud de animales y plantas. Estableció una só-

14. Consultor internacional en desarrollo agrícola.

15. http://www.asti.cgiar.org/brazil

16. Para más información estadística, ver "Agricultural R&D Indicators Factsheet, April 2016". https://www.asti.cgiar.org/pdf/factsheets/Brazil-Factsheet.pdf

17. ASTI, BID y EMBRAPA. Ficha técnica de indicadores de la investigación y desarrollo agrícola, 2006-2013. Abril de 2016.

lida red de investigación aplicada a nivel nacional con universidades estatales y federales, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, el Ministerio de Salud; la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA), la Secretaría de Salud Estatal, la Secretaría de Agricultura, las Organizaciones Estatales de Investigación y asociaciones de agricultores.

Como resultado, varias acciones de investigación y actividades de capacitación beneficiaron a muchas áreas de la producción y capacitaron a profesionales en todo el país. Se ha creado un par de programas de maestría profesional en salud animal y vegetal y asuntos sanitarios en varias universidades de todo el país, impartido por muchos expertos, algunos de países en desarrollo.

A pesar de estos logros, algunas limitaciones continúan obstaculizando la adopción futura de la tecnología y la implementación de la investigación, como se detalla a continuación.

Desafíos y opciones para mejorar la investigación, el desarrollo y la innovación

Las limitaciones clave en el futuro de la tecnología, la investigación y las innovaciones para el desarrollo agrícola tienen que ver con las decisiones institucionales y administrativas que esperan la acción de los gobiernos en los niveles federal y estatal.

Es necesario revisar las regulaciones nacionales e internacionales en materia de adquisición de equipos, repuestos y materiales bioquímicos para pruebas de laboratorio y de campo con objeto de dar solución a algunos de sus complicados procedimientos de compra. Esto evitaría largos retrasos en la adquisición de insumos para las actividades de investigación. Aunque EMBRAPA y otras organizaciones de investigación, así como algunas universidades han presionado durante mucho tiempo a las autoridades públicas para que eliminen estas complicadas regulaciones, no se han obtenido los resultados esperados.

También es necesario incentivar a las asociaciones público-privadas nacionales e internacionales para que se enfoquen en el diseño, la preparación, el financiamiento, la prosecución, el seguimiento y la evaluación de los proyectos de investigación orientados a generar y adaptar tecnologías e innovaciones que aumenten la competitividad y sostenibilidad de las principales cadenas productivas mundiales que se encuentran en vías de ejecución en el país y en el extranjero. Estos acuerdos de cooperación deberán contar con la participación de organizaciones de cooperación técnica y financiera como FAO, PNUD, IICA, así como de algunas instituciones financieras nacionales e internacionales como el Banco Mundial, el BID y la UE. Ambos casos darían lugar a sinergias que facilitarían los esfuerzos de EMBRAPA en cuanto a la ayuda que proporciona a los países en desarrollo para la implementación de las muy necesitadas reformas institucionales que propicien el fortalecimiento y la consolidación de las organizaciones de investigación agrícola.

Deben permitirse las importaciones de nuevos insumos y tecnologías, y propiciar que los investigadores participen en programas de desarrollo de capacidades a corto plazo en organizaciones internacionales de investigación y enseñanza, con el fin de poner al corriente al personal sobre las nuevas técnicas que pueden emplear en sus proyectos de investigación actuales tanto en Brasil como en el extranjero. A pesar de que hace algunos años EMBRAPA creó una serie de oficinas internacionales en algunos países de alta tecnología, esta iniciativa debe ampliarse para permitir la participación de un mayor número de investigadores, incluidos los de organizaciones estatales de investigación para que de esta forma pueda convertirse en un instrumento eficaz en el cual se compartan nuevos conocimientos, tecnologías e innovaciones.

EMBRAPA deberá hacer un mayor esfuerzo por ayudar a los países en desarrollo a reformar y fortalecer sus organizaciones de investigación agrícola para que éstas sean sostenibles y altamente proactivas y reactivas a las demandas tecnológicas de los agricultores. Esto deberá dar lugar a que los agricultores puedan acceder a las tecnologías adecuadas para impulsar su producción agrícola, principalmente en términos de alimentos básicos para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional en países con desnutrición generalizada que dependen en gran medida de la producción agrícola interna debido a la falta de divisas para importar alimentos básicos.

Desafíos en materia de logística

Varias áreas de producción agrícola y ganadera en Brasil se encuentran en las regiones Centro-Oeste,

Norte y NE, en donde la infraestructura para almacenamiento es escasa, al igual que las instalaciones de procesamiento agropecuario y transporte, lo que ocasiona enormes pérdidas tanto en la calidad como en la cantidad de producción agrícola. Es imperativo desarrollar este tipo de infraestructura para mejorar los ingresos de los agricultores y bajar los precios de los productos de consumo, tanto en el mercado nacional como en el internacional. A pesar de que los costos de producción agropecuaria son mucho más bajos que los de sus competidores, los precios de los productos básicos brasileños continúan siendo menos competitivos en los mercados internacionales, por los efectos regresivos del denominado "costo Brasil".

Se está intentando solucionar el tema del "costo Brasil" a través de algunas medidas normativas, como el plan nacional para la construcción y mejora de carreteras y ferrocarriles, reducciones del costo administrativo y social de la mano de obra, y la promoción de la privatización y concesiones de carreteras y ferrocarriles, entre otros. Sin embargo, los resultados de estas medidas han sido limitados debido a la falta de inversiones, los retrasos en la revisión y aprobación de regulaciones favorecedoras y la falta de una presión continua y coordinada por parte de las partes interesadas.

Acceso de la población a los alimentos

Una red eficiente de supermercados y otros tipos de tiendas comerciales facilita la distribución de todo tipo de productos alimenticios y contribuye a su disponibilidad en áreas rurales. El Programa Bolsa Familia utiliza una transferencia monetaria, a través de una tarjeta bancaria, que brinda a las familias pobres una suma mensual para complementar sus ingresos para comprar alimentos. No obstante, si un adulto de la familia consigue un trabajo formal con un salario fijo, el monto de la transferencia disminuye y en ocasiones la ayuda a la familia se suspende completamente dependiendo de los nuevos ingresos de ésta, como parte de la estrategia de salida del Programa.

Desafíos y oportunidades del cambio climático

El cambio climático ha representado un obstáculo para mantener o incluso aumentar la producción de energía hidroeléctrica que satisfaga la demanda en casi todos los estados, hecho que se ha generado debido a un menor número de precipitaciones o a la distribución irregular de las mismas durante el año. Esta situación ha ejercido cierta presión en el sector público dando lugar a algunas inversiones en plantas generadoras de energía tecnológicamente avanzadas y fuentes alternativas de energía sostenible, principalmente solar y eólica, con el fin de aumentar el suministro nacional de electricidad.

De ahí que el cambio climático represente una oportunidad para el desarrollo de tecnologías e innovaciones ahorradoras de energía mediante el uso de nuevos métodos para capturar, principalmente, la energía solar y eólica para consumo doméstico, industrial y agrícola, en la actual situación de menor generación hidroeléctrica por las reducciones en los flujos de agua en los ríos. De hecho, en los últimos diez años, la electricidad de las centrales eólicas ha crecido a más de 15% por año, convirtiéndose en una importante fuente alternativa de energía que ha compensado las pérdidas en el suministro eléctrico de las centrales hidroeléctricas. No obstante, la lenta construcción de líneas eléctricas para la transmisión de esta electricidad obstaculiza su suministro y desincentiva la inversión privada.

Seguridad alimentaria y nutricional por género

Comúnmente, el género afecta a la seguridad alimentaria y nutricional de dos formas. La primera, y la más común, es cuando el hombre es el jefe de familia. En este caso, la asignación del ingreso para alimentación y nutrición se basa en sus propios criterios, con o sin la participación de la mujer, lo que puede tener efectos regresivos en la accesibilidad de la cantidad diaria de alimentos nutricionales recomendada para la familia. En el segundo caso, cuando la mujer es la cabeza de familia y trabaja, ya sea dentro o fuera de casa, la seguridad alimentaria y nutricional de la familia mejora, si asumimos que a ella le interesa mantener el bienestar de la familia, lo que suele ser el caso.

Producción de alimentos para consumo humano y otros usos

La producción agrícola brasileña abastece a los mercados nacionales e internacionales con productos de consumo humano y no humano. En ge-

neral, la mayor parte de la producción agrícola de los agricultores medianos y grandes se utiliza para el consumo humano, la elaboración de productos agrícolas y la alimentación del ganado, en tanto que el resto de la producción se exporta. Dado que la mayor proporción de las exportaciones de producción agrícola son productos naturales, cualquier aumento en la elaboración de productos agrícolas aumentaría los ingresos de las cadenas productivas. Por lo tanto, existen grandes posibilidades de incrementar las inversiones en instalaciones de elaboración de productos agrícolas.

Por otro lado, hay sustancial capacidad de procesamiento en las áreas de producción de caña de azúcar y en áreas asignadas a la producción de alimentos básicos en el estado de São Paulo y las zonas costeras de la región NE, donde hay plantaciones de caña de azúcar. Lo mismo ocurre con el arroz en los estados de Rio Grande do Sul y Goiás. Pero, con los frijoles negros y rojos en áreas lejanas de los estados de Minas Gerais, Bahía y otros estados, donde hay limitaciones de almacenaje y de procesamiento de la producción.

En general, en las regiones Centro-Oeste, Norte y NE, los pequeños agricultores de bajos ingresos utilizan la mayor parte de su producción de alimentos básicos para autoconsumo debido a sus hábitos alimenticios y a la necesidad de mantener las existencias para su seguridad alimentaria, en caso de futuros fracasos de la cosecha por sequías inesperadas.

Capacitación de mano de obra calificada y no calificada

Las escuelas medias y secundarias privadas y públicas y las universidades ofrecen capacitación formal a quienes deseen trabajar en el sector agrícola en los campus agrícolas distribuidos en todo el país. Lo mismo ocurre con la capacitación no formal de corto plazo que ofrecen las organizaciones públicas y privadas, entre las que se destacan el Servicio Nacional de Capacitación para Actividades Rurales (SENAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) y el Servicio Nacional para la Pequeña Empresa (SEBRAE) del Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio.

Principales logros tecnológicos del sector agrícola brasileño

Algunos de los principales logros del sector agrícola que contribuyeron a la profunda transformación de la agricultura tradicional brasileña son los siguientes:

Mejoras genéticas en cultivos y ganado

Esto obedeció a los programas de mejoramiento genético vegetal y animal a largo plazo. Como ejemplo, la partición del fotoperiodo de la producción de soya desde mediados de octubre hasta mediados de noviembre, que da lugar a la producción generalizada de soya en todo el país y durante todo el año. Esto contribuyó firmemente a hacer de Brasil uno de los mayores productores de este cereal en el mundo. Otras mejoras genéticas se produjeron en cereales, ganado, aves de corral, naranjas y algunos árboles frutales y llevaron al país a posiciones de muy alta producción en el mundo.

Mejoras en el manejo de plagas

El control biológico de virus en la producción de soya dio lugar a enormes ahorros de costos en el uso de pesticidas y a efectos positivos en materia de protección ambiental, así como a ganancias sustanciales en rendimientos y producción de cereales saludables para el consumo humano y animal. Hubo otros controles biológicos en otros cultivos, como el de la mosca blanca en melones y algunos árboles frutales, que culminaron en importantes ganancias pecuniarias y de productividad, además de protección ambiental.

Manejo de suelos

La siembra directa o labranza de conservación generalizada que se adoptó en más de 33 millones de hectáreas de producción de cereales tuvo importantes efectos progresivos en la protección del suelo, la conservación y la mejora de sus condiciones físicas, químicas y biológicas. Este es uno de los logros más importantes de la producción agrícola sostenible en todo el mundo.

Sistemas de producción agrícola-ganadero-forestal

Estos tipos de sistemas de producción integrados son un buen ejemplo de una producción equilibra-

da, sostenible y rentable combinada con un uso generalizado en todo el país por varios tipos de agricultores y que ofrece mejoras del suelo, agua y condiciones de vegetación, principalmente en áreas de selva tropical y también en otras zonas del país.

Desarrollo sostenible de las sabanas

El desarrollo de paquetes tecnológicos para cultivos y producción ganadera permitió la integración sostenible y competitiva de las sabanas brasileñas (Cerrados) en el sistema productivo nacional, creando una de las más importantes producciones agrícolas del mundo –Eldorado–, que utilizó grandes zonas del Centro-Oeste, Norte y NE de Brasil.

Desarrollo de cadenas productivas clave

La constante inversión en investigación agrícola, producción y extensión de la comercialización dio paso al desarrollo y el mejoramiento de cadenas de producción clave dedicadas a aves de corral, cerdos, maíz, cereales, fruta y ganado, entre otros. Estas cadenas de producción garantizaron la seguridad alimentaria y nutricional de los consumidores nacionales y registraron excedentes para exportación. El aumento de la oferta interna de estos productos contribuyó en gran medida a la continua disminución de los precios reales de la canasta de alimentos y su efecto fue de ingreso positivo en los consumidores. Aún más, el desarrollo de estas cadenas de producción clave se convirtió en un referente para muchos países en desarrollo, y es ampliamente reconocido como un ejemplo de buenas prácticas de producción agrícola en los países tropicales.

Servicios públicos básicos de apoyo al desarrollo

Cabe destacar los casos de un conjunto de servicios de apoyo exitosos que han brindado a los agricultores acceso a servicios básicos, incluyendo tecnologías e innovaciones, a través del Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF), el Servicio Nacional para la Pequeña Empresa (SEBRA), el Crédito Rural para agricultores medianos y grandes, la Extensión Rural y la investigación agrícola a través de EMBRAPA, universidades, Institutos de Enseñanza e Investigación y Organizaciones Estatales. Estos servicios son actualmente referentes para algunos países en desarrollo, debido a su orientación hacia los pequeños, medianos y grandes agricultores familiares.

Bibliografía

1. Características nacionales de Brasil

Alves, E.R.A.; Souza, G.S.; Rocha, D.P. Marra, R. (2013). Fatos marcantes da agricultura brasileira. En: Alves, E.R.A.; Souza, G.S.; Gomes, E.G. (Eds.) *Contribuições da EMBRAPA para o desenvolvimento da agricultura no Brasil.* Brasília: EMBRAPA. pp.13-45.

EMBRAPA (2014). *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.* Brasília: EMBRAPA. 194 pp.

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (2000). *Land resource potential and constraints at regional and country levels.* World Soil Resources Report, 90. Rome: FAO.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Área territorial brasileira.* Disponible en http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm Consultado el 29 de noviembre, 2016a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores sociais municipais: uma análise dos resultados do universo do censo demográfico 2010.* Disponible en: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/indicadores_sociais_municipais.pdf Consultado el 15 de febrero de 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Uma análise das condições de vida da população brasileira 2015.* Disponible en http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/popula-

cao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsociais2015/default_tab_xls.shtm Consultado el 29 de noviembre, 2016b.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. *Segurança alimentar: 2004/2013: Brasil, grandes regiões e unidades da federação.* Disponible en http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/seguranca_alimentar_2013/default_xls_2013.shtm Consultado el 29 de noviembre, 2016c.

Lopes, M.A. (2012). The Brazilian Agricultural Research for Development (ARD) System. En: *Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings.* Paris: OECD. pp. 323-338.

Martha Jr., G.B.; Alves, E. Brazil's agriculture modernization and EMBRAPA. En: Baer, W.; Amann, E.; Azzoni, C.R. (Eds.) *The Oxford Handbook of the Brazilian Economy.* (En prensa).

Osorio, R. (2014). Desigualdade e pobreza. En: Calixtre, A.; Vaz, F. (Orgs.) *PNAD 2014. Breves análises.* pp. 7-11.

Rodríguez, A.; Dahlman, C.; Salmi, J. (2008). *Knowledge and innovation for competition in Brazil.* Washington, D.C.: World Bank. 247 pp.

WRI (World Resource Institute) (2008). *World resources 2008: the roots of resilience – growing the wealth of the poor.* Washington, D.C.: WRI.

2. Marco institucional

Alves, E. (2010). EMBRAPA: a successful case of institutional innovation. *Revista de Política Agrícola,* v.19, Edición especial, pp. 64-72.

Alves, E.R.A.; Souza, G.S.; Rocha, D.P. Marra, R. (2013). Fatos marcantes da agricultura brasileira. En: Alves, E.R.A.; Souza, G.S.; Gomes, E.G. (Eds.) *Contribuições da EMBRAPA para o desenvolvimento da agricultura no Brasil.* Brasília: EMBRAPA. pp.13-45.

EMBRAPA (2014). *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.* Brasília: EMBRAPA. 194 pp.

Flaherty, K.; Guiducci, R.C.N.; Torres, D.P.; Vedovoto, G.L.; Ávila, A.F.; Perez, S. (2016). *Brazil: Agricultural R&D Factsheet.* Disponible en www.asti.cgiar.org/brazil

Lopes, M.A. (2012). The Brazilian Agricultural Research for Development (ARD) System. En: *Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings.* Paris: OECD. pp. 323-338.

Martha, Jr. G.B.; Contini E.; Alves, E. (2012). EMBRAPA: its origins and change. En: *The regional impact of national policies: the case of Brazil.* Editado por Baer W. Northampton: Edward Elgar Publishers.

Martha Jr., G.B.; Alves, E. Brazil's agriculture modernization and EMBRAPA. En: Baer, W.; Amann, E.; Azzoni, C.R. (Eds.) *The Oxford Handbook of the Brazilian Economy.* (En prensa).

Sowell, T. (2015). *Wealth, poverty and politics: an international perspective.* New York: Basic Books. 328 pp.

3. Características de los ecosistemas y recursos: fitotecnia, genética y biodiversidad

Aidar, H. e Kluthcouski, J. (2003). Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos cerrados. In: Kluthcouski, J.; Stone, L.F. e Aidar, H. (ed.). *Integração lavoura-pecuária.* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão. pp. 25-58.

Balbino, L.C.; Cordeiro, L.A.M.; Oliveira, P.; Kluthcouski, J.; Galerani, P.R. e Vilela, L. (2012). Agricultura sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). *Informações Agronômicas* 138:1-19.

CONAB (2017). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V.4 – Safra 2016/17-N. 7 – Sétimo Levantamento, abril 2017. 160 pp.

Cong, L.; Ann Ran, F.; Cox, F.D.; Lin, S.; Barretto, R.; Habib, N.; Hsu, P.D-; Wu, X.; Jiang, W.; Marraffini, L.A. and Zhang, F. (2013). Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science* 339 (6121): 819-823.

Convention on Biological Diversity (1992). https://www.cbd.int

Fonarce, K.M.; Drakeley, C.J.; William, T.; Espino, F.; and Cox, J. (2014). Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology. *Trends in Parasitology* 30(11): 514-519.

Fowler, C. (2016). *Seed on Ice: Svalbard and the Global Seed Vault.* 160 pp.

Geraldi, I.O. (2012). Contribution of graduate programs in plant breeding to the education of plant breeders in Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* S2: 1-6.

Gibson, D.G.; Glass, J.I.; Lartigue, C.; Noskov, V.N.; Chuang, R.Y.; Algire, M.A.; Benders, G.A.; Montague, M.G.; Ma, L.; Moodie, M.M.; Merryman, C.; Vashee, S.; Krishnakumar, R.; Assad-Garcia, N.; Andrews-Pfannkoch, C.; Denisova, E.A.; Young, L.; Qi, Z.Q.; Segall-Shapiro, T.H.; Calvey, C.H.; Parmar, P.P.; Hutchison, C.A.; Smith, H.O. and Venter, J.C. (2010). Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science* 329 (5987): 52-56.

Neufeldt, H.; Resck, D.V.S. and Ayarza, M.A. (2002). Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisoils, Central Brazil. *Geoderma* 197(3-4): 151-164.

Paterniani, E. (2001). Agricultura sustentável nos Trópicos. *Estudos Avançados* 15 (43): 303-326.

Ramalho, M.P.; Toledo, F.H.R.B. e Souza, J.C. (2010). Melhoramento genético de plantas no Brasil. In: *Compendio em melhoramento genético de plantas no Brasil.* Ramalho *et al.* (Ed). pp.17-37.

4. Tecnología e innovación

Aalves, F.V.; Almeida, R.G.; Laura, V.A.; Silva, V.P.; Macedo, M.C.M.; Medeiros, S.R.; Ferreira, A.D.; Gomes, R.C.; Araújo, A.R.; Montagner, D.B.; Bungenstab, D.J.; Feijó, G.L.D. (2015). Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Brasília, DF: EMBRAPA, (EMBRAPA Gado de Corte. Documentos, 210). Disponible en: https://www.EMBRAPA.br/gado-de-corte/busca-de-publicacoes/-/publicacao/busca/carne%20carbono%20neutro?

CICARNE (Centro de Inteligência da Carne). Disponible en: http://www.cicarne.com.br/ Consultado el: 29/12/2016.

Collins, J.P.; Heitman, E.; Achee, N.L.; Chandler, V.; Delborne, J.A.; Gaut, B.S.; Higgs, S.; Kaebnick, G.E.; Kingiri, A.; Landis, W.; Riddiford, L.; Tait, J.; Taneyhill, L.A.; Travis, J.; Turner, P.E.; Winickoff, D.E.; Sawyer, K.; Thévenon, A.; Miller, R.; Sharples, F.; Kolesnikova, A. (2016). *Gene drives on the horizon: advancing science, navigating uncertainty, and aligning research with public values.* Washington, D.C.: The National Academy of Sciences, Report in Brief, June 2016.

Economist. Brazilian agriculture: the miracle of the cerrado. *The Economist,* August 26th, 2010. Disponible en http://www.economist.com/node/16886442 Consultado el 28 de agosto, 2010.

EMBRAPA (2014). *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.* Brasília: EMBRAPA. 194 pp.

Erb. K.-H., Lauk, C., Kastner, T., Mayer, A., Theur. M.C., Haber, H. Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. *Nature Communications,* DOI: 10.1038/ncomms11382. 2016.

Fedoroff, N.V. Food and a future of 10 billion. *Agriculture and Food Security.* DOI 10.1186/s40066-015-0031-7. 2015.

Galvão, Cleber E.; Rosinha, Grácia Maria S.; Sanches, Cristiane C.; Elisei, Carina; Araújo, Flábio R.; Feijó, Gelson L. D.; Almeida Torres, Roberto Augusto; Soares, Cleber O. (2012). Polymorphisms of Intron 1 and the Promoter Region at the PRNP Gene in BSE-Free Caracu Cattle. *Biochemical Genetics,* v. 1, pp. 1-13.

Gonçalves, Aline N.D.; Soares, Cleber O.; Sanches, Simone C.; Reis, Fernando A.; Rosinha, Grácia Maria S. Genotypic profile of Pantanal creole sheep regarding susceptibility or resistance to scrapie. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* v. 51, p. 684-687, 2016.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006). *IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Japan: IGES, v. 4.

Karvatte Jr., N.; Klosowski, E.S.; Almeida, R. G.; Mesquita, E. E.; Oliveira, C. C.; Alves, F.V. (2016). Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. *International Journal of Biometeorology,* v. 60, pp. 1-9.

Martha Jr., G.B.; Alves, E. Brazil's agriculture modernization and EMBRAPA. En: Baer, W.; Amann, E.; Azzoni, C.R. (Eds.) *The Oxford Handbook of the Brazilian Economy.* (En prensa)

Martha Jr. G.B; Alves E.; Contini E. (2012). Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. *Agricultural Systems,* v.110, pp.173-177.

Martin, V.J.J., Pitera, D.J., Withers, S.T., Newman, J.D., Keasling, D. Engineering a mevalonate pathway in *Escherichia coli* for production of terpenoids. *Nature Biotechnology* 21, 796-802.

Medford, J.I., Prasad, A. (2016). Towards programmable genetic circuits. *The Plant Journal,* 87, 139-148.

Melo, Elane S.P.; Souza, Ingred I.F.; Ramos, Carlos A.N.; Osório Ana Luiza A.R.; Verbisck, Newton V.; Aráujo, Flábio R. (2015). Evaluation of the use of recombinant proteins of *Mycobacterium bovis* as antigens in intradermal tests for diagnosis of bovine tuberculosis. *Archivos de Medicina Veterinaria,* v. 47, pp. 273-280.

Nemhauser, J.L., Torii, K.U. (2016). Plant synthetic biology for molecular engineering of signalling and development. *Nature Plant,* DOI: 10.1038/NPLANTS.2016.10

Nielsen, A.A., Der, B.S., Shin, J., Vaidyanathan, V.P., Strychalski, E. A., Ross, D., Densmore, D., Voigt, C.A. Genetic circuit design automation. *Science*, 352, DOI: 10.1126/science.aac734.

OIE (Organização Mundial de Sanidade Animal) (2016). Estatus de los países miembros respecto de la encefalopatia espongiforme bovina. Resolución N° 20 (84ª Sesión General de la Asamblea Mundial, mayo de 2016). Disponible en: http://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/estatus-sanitario-oficial/eeb/estatus-sanitario-oficial/. Consultado el 12 de diciembre. 2016.

Pereira, P.A.A.; Martha Jr., G.B.; Santana, C.A.; Alves, E. (2012). The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. *Agriculture and Food Security,* v.1, n.4.

Rech, E.L., Arber, W. Biodiversity as a source for synthetic domestication of useful specific traits. *Annals of Applied Biology* 162:141-144. 2013.

Rech, E.L., Lopes, M.R. (2012). Insights into Brazilian agricultural structure and sustainable intensification of food production. *Food and Energy Security* 1:77-80.

Soares, Cleber O. (2014). PD&I alavanca a pecuária sustentável. *Agroanalysis*, v.43, n.11, p. 41.

UNDP (United Nations Population Division) (2015). *World population prospects – The 2015 Revision: Highlights and tables.* Nueva York: UNDP.

Viale, M.L.; Zumárraga, M.J.; Aráujo, F.R.; Zarraga, A.M.; Cataldi, A.A.; Romano, M.I.; Bigi, F. (2016). La genómica de las micobacterias. *Revue Scientifique et Technique - Office International des Épizooties,* v. 35, pp. 215-240.

Zhang, Y., Zhang, F., Li, X., Baller, J.A., Qi, Y., Starker, C.G., Bogdanove, A.J., and Voytas, D.F. (2013). Transcription activator-like effector nucleases enable efficient plant genome engineering. *Plant Physiology* 161, 20–27.

5. Aumento de la eficiencia de las cadenas de sistemas alimentarios

ABAG (2015). Logística e competitividade do agronegócio brasileiro. SP: ABAG. 260 pp.

Buainain, A.M. (2014). Alguns condicionantes do novo padrão de acumulação da agricultura brasileira. En Buainain, Alves, Silveira e Navarro (Editores Técnicos). *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola.* Brasília, DF: EMBRAPA, pp. 211-240.

Oliveira, A. L.R. (2014). A logística do agronegócio: para além do "apagão logístico". En Buainain, Alves, Silveira, e Navarro (Editores Técnicos). *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola.* Brasilia, DF: EMBRAPA. pp. 337-370.

Veira Filho, J.E. e Gasques, J.G. (2016). *Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade.* Brasília, DF: IPEA. 391 pp.

6. Consideraciones de salud

ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne). Exportações Brasileiras de Carne Bovina. Janeiro a Dezembro de 2015. Disponible en: http:llwww.abiec.com.br/downloadlrelatorio-anual-2015.pdf. Consultado el 12 de diciembre de 2016.

BRASIL (2016). Secretária de Vigilância em Saúde. Surtos de Doenças Transmitidas por Alimen-

tos no Brasil. Disponible en: http://portalsaude.saude.gov.brlimages/pdfJ20161junho/08/Apresenta--o-SurtosDTA-2016.pdf Consultado el 12 de diciembre de 2016.

Claro, R.M. *et al*. Unhealthy food consumption related to chronic noncommunicable diseases in Brazil: National Health Survey, 2013. *Epidemiol. Serv. Saúde,* Brasília, 24 (2), abr-jun 2015.

Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica (2014). *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável.* 2ª. ed. Brasília: Ministério da Saúde.

Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde (2011). *Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) no Brasil 2011-2022.* Brasília: Ministério da Saúde.

Nutti, M. R., Carvalho, J.L.V. de (2015). Progress of Biofortification in Brazil. In: *Reunião de Biofortificação no Brasil,* 5. pp. 242-246, São Paulo. Anais... Brasília, DF: EMBRAPA. T515.

OIE (Organização Mundial de Sanidade Animal) (2016). Estatus de los países miembros respecto de la encefalopatia espongiforme bovina. Resolución N° 20 (84ª Sesión General de la Asamblea Mundial, mayo de 2016). Disponible en: http://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/estatus-sanitario-oficial/eeb/estatus-sanitario-oficial/. Consultado el 12 de diciembre. 2016.

Popkin BM, Gordon-Larsen P. (2004). The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants. *Int J Obes Relat Metab Disord* [Internet]. Nov 2004 [cited 2015 Jan 8]; 28 (Suppl 3):S2-S9. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15543214

Ruel, M. T., Alderman, H. Maternal and Child Nutrition Study Group (2013). Nutrition-sensitive interventions and programmes: how can they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition? *Lancet*, 382(9891): 536-551.

World Health Organization (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation.* Geneva: World Health Organization.

World Health Organization (2004). *Integrated prevention of noncommunicable diseases: global strategy on diet, physical activity and health.* Geneva: World Health Organization.

7. Consideraciones normativas

EMBRAPA (2014). *Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.* Brasília: EMBRAPA. 194 pp.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. *Segurança alimentar: 2004/2013: Brasil, grandes regiões e unidades da federação.* Disponible en http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/seguranca_alimentar_2013/default_xls_2013.shtm Consultado el 29 de noviembre, 2016c.

Martha Jr., G.B.; Alves, E. Brazil's agriculture modernization and EMBRAPA. En: Baer, W.; Amann, E.; Azzoni, C.R. (Eds.) *The Oxford Handbook of the Brazilian Economy.* (En prensa)

Martha Jr., G.B.; Pena Júnior, M.A.G.; Marcial, E.C.; Castanheira Neto, F.; Torres, L.A.; Nogueira, V.G.C.; Chervenski, V.M.B.; Silva, G.T.S.; Wosgrau, A.C. (2016). *Cenários exploratórios para o desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.* Brasília, DF: EMBRAPA. 26 pp.

8. Logros y Desafios

ASTI, IDB & EMBRAPA (2016). Agricultural R&D Indicators Factsheet, 2006-2013. Abril 2016.

Artículo Especial

Factores relacionados con el género y la seguridad / inseguridad alimentaria

Frances Henry, Profesora emérita y Co-Chair del programa Mujeres por la Ciencia de IANAS. Eduardo Bianchi, Argentina. Profesor e investigador de la Escuela Argentina de Negocios. Fiorella Bianchi, Argentina. profesora e investigadora de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Mónica Moraes R., Bolivia. Profesora emérita del Instituto de Ecología - Unidad de Botánica (Herbario Nacional de Bolivia). Zulema Lehm A., Bolivia. Wildlife Conservation Society-Bolivia. Susana Raffalli, Venezuela. Asociación Caritas de Venezuela. María Tapia, Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela.

Introducción

Este capítulo se basa en la premisa de que las condiciones mundiales de seguridad alimentaria y, en particular, de inseguridad alimentaria, no pueden entenderse sin hacer mención expresa de la importancia del género[1] en la sociedad. La seguridad alimentaria, una "condición en la cual todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades nutricionales y preferencias alimentarias para una vida activa y saludable"[2] es una de las condiciones sociales más importantes del mundo moderno que afecta a millones de personas. Los problemas asociados con la seguridad e inseguridad alimentarias se han examinado y estudiado con bastante detenimiento, especialmente en la literatura sobre desarrollo.[3] Las mujeres mantienen una estrecha relación con el cultivo, la preparación, la manufactura y la distribución de los alimentos que empiezan en el núcleo familiar. También desempeñan un importante papel en la producción agrícola y de otros alimentos, y hoy día se tiene claro que la inclusión del papel del género es fundamental para entender la forma en que se deben desarrollar las estrategias para producir y distribuir alimentos suficientes para alimentar a la población mundial.[4] Por lo tanto, es indispensable que se analice el papel del género en la producción de alimentos, pero el término en sí es bastante nuevo en las publicaciones de ciencias sociales y, por tanto, puede resultar algo confuso.

Por eso, comenzamos este capítulo con una ideal general de su significado y las diversas instancias en que se utiliza. Después ofrecemos un estudio del caso de una comunidad indígena boliviana en el que se destaca la importancia de las mujeres en la toma de decisiones, seguido por un estudio de caso sobre la crisis moderna provocada por los cambios políticos en la Venezuela contemporánea en relación con la gestión de alimentos. La sección final del capítulo destaca la muy importante pero negativa relación entre la desigualdad de género y la inseguridad alimentaria.

Definición de "género" y términos relacionados con él

Las personas nacen hombres o mujeres, pero la sociedad en la que nacen decide las características de cada sexo. Lo que significa ser "masculino"

1. Este capítulo define el género principalmente en términos de masculino y femenino, pero reconocemos el papel de las identidades de género más fluidas, los géneros trans e intersexuales.

2. FAO, 2006: www.fao.org/about/en

3. Reformas comerciales y seguridad alimentaria- Trade Reforms and Food Security

4. www.fao.org/fileadmin/templates/gender/docs/FAO_Final-Gender_Policy_2012.pdf

o "femenino" es, por tanto, una función de los factores socioculturales e históricos que estructuran el pensamiento de la sociedad.[5] A medida que los niños crecen y se desarrollan aprenden los roles apropiados a su sexo; las mujeres aprenden a ser mujeres y los hombres aprenden a ser hombres. Las reglas de género también estructuran las relaciones entre los sexos y con frecuencia ubican a las mujeres en posiciones sociales inferiores a las de los hombres. El género no se refiere a hombres y mujeres en sí, sino a las relaciones entre los sexos, en el sentido tanto perceptivo como físico. Si bien los factores biológicos afectan las diferencias de sexo en las mentes y cuerpos de las personas, el entorno social influye aún más sobre estos, y el concepto de género pone de relieve las relaciones sociales entre los sexos en lugar de asignarles una identidad estática. Es necesario que se ponga atención a los procesos culturales, sociales, políticos y morales que atribuyen valores a estas relaciones, casi siempre ubicando a las mujeres en posiciones sociales inferiores. El género, al igual que la edad, es uno de los conceptos organizadores centrales de todas las sociedades pasadas y presentes y, por consiguiente, desempeña un papel importante en la gestión de la seguridad alimentaria y nutricional. Las mujeres son quienes con frecuencia producen, compran, manejan, preparan y sirven la comida de la familia y en las instituciones de la comunidad.

Centrar la atención en el género, entonces, invita al examen de las interacciones entre las diferencias y los puntos en común, y de los factores biológicos y los elementos del contexto sociocultural que en la interacción dan origen a desventajas estructurales. Las relaciones no equitativas ubican a varios grupos de mujeres y hombres en una posición desfavorable y subordinada con respecto a otros en cuanto a disponibilidad, accesibilidad, adecuación, aceptabilidad y agilidad en materia de seguridad alimentaria y nutricional. La búsqueda de la equidad en la seguridad alimentaria pretende corregir estos desequilibrios y sus efectos en la estructuración en torno a los procesos de alimentación y nutrición.

5. Gender Socialization-Boundless: https://www.boundless.com

Las muchas divisiones de "género"[6]

Si bien es cierto que el término 'género' abarca todo, es posible subdividirlo más en muchas formas específicas en las que funciona. Los **roles de género** se refieren a las tareas y los comportamientos que una sociedad considera adecuados para los hombres, mujeres, niños y niñas, mientras que las **relaciones de género** se refieren a los derechos y responsabilidades que tienen los hombres y las mujeres. La **igualdad de género** existe cuando hombres y mujeres gozan de igualdad de derechos y de oportunidades, mientras que **equidad de género** significa imparcialidad y objetividad en el trato de mujeres y hombres e incluye derechos, beneficios y oportunidades. La **discriminación de género** es la exclusión o restricción basada en el género que impide el disfrute de los derechos humanos en su totalidad y la **incorporación de la perspectiva de género** es una expresión muy generalizada que se aplica a todas las estrategias diseñadas para lograr la igualdad de género.

En cuanto a la relación entre género y seguridad e inseguridad alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha tomado los primeros pasos para la identificación de objetivos que culminen en una mayor igualdad de género en la producción de alimentos, en especial en las sociedades agrícolas.[7] Estos incluyen los que se mencionan a continuación:

- Las mujeres participan de la misma forma que los hombres en la toma de decisiones en las instituciones rurales y en la conformación de leyes, políticas y programas.
- Las mujeres y los hombres tienen igual acceso y control en materia de empleos e ingresos dignos, tierra y otros recursos productivos.
- Las mujeres y los hombres tienen igualdad de acceso a bienes y servicios necesarios para el desarrollo agrícola y los mercados.
- La carga laboral de las mujeres se reduce 20% gracias a mejores tecnologías, servicios e infraestructura.

6. https://goo.gl/84Hi5F

7. http://www.fao.org/news/story/en/item/128104/icode/

- El porcentaje de ayuda agrícola destinada a proyectos relacionados con la mujer y la igualdad de género aumentó a 30% en total.

Así, pues, a pesar de que es bien sabido que las mujeres tienen menos poder en cuanto a los recursos locales que los hombres, y sus aportaciones normalmente son minimizadas, actualmente también se reconoce cada vez más que una mayor *igualdad de género* entre hombres y mujeres en muchas áreas del mundo, en especial en aquellas en donde los recursos alimenticios son limitados, daría lugar a un mayor crecimiento y desarrollo. Pasemos ahora a los estudios de caso.

Estudio de caso 1

El acceso de las mujeres a la toma de decisiones en el pueblo Tacana en Bolivia

Los tacanas viven en las tierras bajas de Bolivia, en los departamentos de Pando, Beni y en el norte del departamento de La Paz.[8] Históricamente, el pueblo Tacana tenía normas sociales que garantizaban la sostenibilidad de los recursos naturales, desarrollando modalidades de uso de la tierra, métodos de caza y prácticas culturales basadas en el control social y sus creencias culturales.[9] Estas prácticas han sufrido cambios a lo largo del tiempo debido al establecimiento de aldeas misioneras, el auge comercial de la quina y el caucho en la región amazónica, así como la explotación de la madera, la exportación de pieles de felinos y saurios (lagartijas), además de la entrada de colonos, que incidió en los sistemas tradicionales de producción del pueblo Tacana.[10]

En la actualidad, el pueblo Tacana y en particular Tumupasa (departamento de La Paz) se encuentran en proceso de elaboración de nuevas formas de control y normas de conformidad con las leyes bolivianas, pero basadas en prácticas tradicionales de acceso y uso de los recursos naturales instauradas por el Consejo Indígena del Pueblo Tacana (CIPTA), que representa a 20 comunidades de 3,773 habitantes (47% mujeres), y el Consejo Indígena de Mujeres Tacanas (CIMTA), cuyo propósito es promover la organización de las mujeres en las distintas comunidades. Cuentan con una estructura organizativa que incluye un número igual de hombres y mujeres, así como un secretario especial en cuestiones de género.[11] En la práctica, sin embargo, y a pesar de la igualdad de representación de hombres y mujeres en CIPTA y en sus asambleas, continúa existiendo cierta desigualdad en detrimento de las mujeres.

Las mujeres tacana, por lo general, participan en los niveles de adopción de decisiones en el Consejo Indígena del Pueblo de Tacana y son responsables de representar a grupos organizados de madres, artesanos y productores. Forman parte de las delegaciones que visitan las comunidades para organizar talleres y dar seguimiento a los proyectos y actividades que llevan a cabo. En las sesiones de trabajo, las mujeres siempre participan, cuestionan y proponen, a la par que los hombres.

Las organizaciones comunales y el grupo de artesanos de CIMTA involucran a mujeres de diferentes edades quienes, según datos de las Juntas Directivas y Consejos Tacana, organizan de forma permanente actividades de capacitación en otras comunidades y enriquecen el trabajo comunitario, además de dar a conocer las acciones generadas por el Consejo Tacana. Están a cargo de la elaboración, tejido y tallado de materias primas (maderas, tejidos, semillas, entre otros) para la elaboración de artesanías que se comercializan con objeto de obtener ingresos para los artesanos que

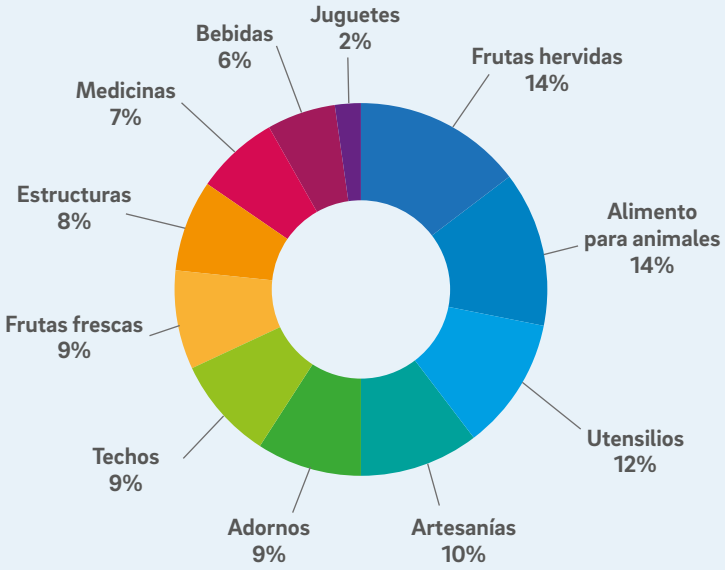
8. Tejeiro, J. (2010). Regionalización y diversidad étnica cultural en las Tierras bajas y sectores del subandino Amazónico y platense de Bolivia. P.C.A. Ingenieros Consultores S.A. Plural. Editores, La Paz.

9. Hahn, A. & K. Hissink (2000). Los Tacana. Datos sobre la historia de su civilización. APCOB, Plural editores, La Paz; Díez Astete, A. (2011). Compendio de etnias indígenas y ecorregiones: Amazónica, Oriente y Chaco. Centro de Servicios Agropecuarios y Socio-Comunitarios (CESA). Plural Editores, La Paz. 618 pp.

10. CIPTA-CIMTA (Consejo Indígena del Pueblo Tacana–Consejo Indígena de Mujeres Tacana) (2014). Plan de gestión territorial indígena del pueblo Tacana. Tumupasa. 197 pp.

11. CIPTA (Consejo Indígena del Pueblo Tacana) y WCS (Wildlife Conservation Society-Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre) (2005). Estrategia de desarrollo sostenible de la TCO-Tacana con base en el manejo de los recursos naturales. USAID Bolivia, La Paz. 308 pp.; CIPTA-CIMTA (Consejo Indígena del Pueblo Tacana–Consejo Indígena de Mujeres Tacana) (2014). Plan de gestión territorial indígena del pueblo Tacana. Tumupasa. 197 pp.

Figura 1. Uso de las palmeras de Tumupasa, Bolivia



fabrican los productos. El CIPTA también asigna un punto de venta o tienda para la venta de estos productos.

Palmeras útiles, alimentos y artesanías de las mujeres tacanas

Existen aproximadamente 100 especies de palmeras en Bolivia de las cuales casi 60% son consideradas útiles por el pueblo porque producen alimentos aptos para el consumo humano.[12] Las actividades diarias de las personas en el área de Tumupasa incluyen el uso de productos cosechados de su entorno –como las palmeras– y el uso de estos productos se ha transmitido por generaciones.[13] Aunque hoy día existe una tendencia a reemplazar los materiales de construcción en gran medida debido al creciente proceso de semiurbanización en Tumupasa, las costumbres y tradiciones de usar los materiales de la palma para tallar herramientas, techar y construir viviendas siguen en pie.

Entre 2013 y 2014 se elaboró un estudio de investigación etnobotánica a partir de entrevistas realizadas a 12 informantes clave (pero solo una mujer) de 36 a 67 años de la comunidad tacana en Tumupasa. De las 23 palmeras útiles para el área de Tumupasa –que representan 79% del número total de palmeras en la zona–, 18 son especies nativas y el resto fueron introducidas a Bolivia de otras regiones del país o de otros continentes.[14] Existen 14 especies nativas de importancia regional que constituyen una fuente de materiales de construcción o alimentos para la región. Varias especies son multiusos porque tienen más de cuatro usos. Doce palmeras tienen 4-8 usos, cuatro tienen 2-3 usos y siete tienen un solo uso.

Según Cartagena et al. (2014),[15] se identificaron 11 categorías de uso de las palmeras de Tumupasa, por ejemplo, los alimentos para consumo humano constaban de tres subcategorías (frutas frescas, hervidas y bebidas). Además, los materiales para la construcción, techo y estructura (armazón, vigas y paredes) se combinan en uno (**Figura 1**)[16]. En ocho categorías, el empleado en alimentos es el más importante con 29%, seguido por el que se emplea en materiales de construcción (17%) y, por último, el alimento de la fauna (14%).

El uso más extendido en la región es la fruta dulce comestible de la palmera Motacú y la palmera de Chima que se cocina con sal. La palma de Motacú se utiliza para elaborar utensilios y artesanías como ventiladores y cestas, además de semillas de marfil talladas. También es típica la preparación de bebidas con frutos de majo y asaí. Los techos hechos de palmera de Jatata, asaí y motacú son muy característicos y duraderos (18-25 años).

Las diversas especies de palmeras ofrecen alimento, bebida y refugio. Tanto las mujeres como los hombres participan en estos procesos y en la preparación de los alimentos y toda la familia participa en su comercialización. Las mujeres de las 20 comunidades Tacana manejan y administran todo lo que tiene que ver con el diseño y el teñido de las prendas de vestir, así como el tejido de ar-

12. Moraes R., M. (ed.) (2014a). Palmeras útiles de Bolivia - Las especies mayormente aprovechadas para diferentes fines y aplicaciones. Herbario Nacional de Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz. 148 pp.

13. Cartagena, T. et. al. (2014). Palmeras útiles de Tumupasa. pp. 19-28. En: Moraes R., M. (ed.) Palmeras de Tumupasa en La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Graphic Team srl., La Paz.

14. *Ibidem*

15. *Ibidem*

16. *Ibidem*

tesanías con materia prima de las palmeras. Las mujeres también deciden los precios de los productos que elaboran, así como su medio de transporte a los mercados locales (**Foto 1**). Tanto hombres como mujeres participan en la construcción de techos tejidos con hojas de palma de Jatata, pero únicamente los hombres se encargan de cortar los troncos para la construcción. Ambas actividades son organizadas por grupos de familias Tacana y los productos son elaborados de acuerdo con los estándares de calidad especificados por sus clientes.

Así pues, los tacana han desarrollado estrategias para gestionar la producción de alimentos y la construcción de viviendas que incluye igual número de mujeres que de hombres. El papel de las mujeres en esta comunidad y su autoridad en la toma de decisiones ha sido de gran utilidad para alcanzar un nivel de vida relativamente bueno y poder proporcionar alimentos adecuados a partir de los recursos ambientales a su disposición.[17]

Este estudio de caso es un excelente ejemplo de un grupo de indígenas cuyas vidas tradicionales han cambiado pero que, sin embargo, han desarrollado estructuras administrativas para manejar el crecimiento y uso de las plantas botánicas en su entorno, aunque los usos de estas palmeras son el resultado de conocimientos tradicionales transmitidos de generación en generación. No todo ha cambiado y eso es lo que permite que los indígenas Tacana mantengan su singularidad cultural.

Estudio de caso 2

Factores externos (políticos) que afectan la seguridad alimentaria y la nutrición por género

En el contexto de los factores políticos prevalecientes en Venezuela, el "Sistema Centinela de Monitoreo de la Situación Nutricional" de Caritas de Venezuela pretende analizar la relación entre el género, especialmente mujeres, y la seguridad alimentaria y nutricional, con objeto de examinar algunos de los efectos de estos factores por género.

Algunos aspectos del contexto nacional: Grave inaccesibilidad a los alimentos por una alta inflación

En 2015, el Banco Central de Venezuela reportó altas tasas de inflación de 180.9%. El Fondo Monetario Internacional proyectó cifras de 720.5% en 2017 y de 2,068.5% en 2018. También hay una alta dependencia en la importación de alimentos, una política que se ha visto reducida por la caída de los precios del petróleo que, junto con los estrictos controles en la economía, disminuyeron la producción agrícola y ganadera culminando en una mayor escasez de alimentos básicos. El Gobierno implementó políticas restrictivas para combatir la escasez, como la regulación de los precios de los alimentos básicos, los sistemas de racionamiento que ocasionan que se formen largas filas frente a las tiendas de alimentos y supermerca-

Foto 1. Mujer Tacana en Tumupasa

17. Cabe señalar, sin embargo, que las mujeres Tacana que trabajan en la agricultura reciben un salario 6% menor que el de los hombres. La participación de las mujeres Tacana en las asociaciones comerciales solo alcanza 30%. Aunque los Tacana han avanzado mucho, todavía queda mucho camino por recorrer para lograr una equidad de género eficaz.

dos custodiados por personal militar, el registro biométrico de huellas dactilares, documentos de identidad con dígito terminal (un día/semana/persona), Comités Locales de Abastecimiento y Producción (CLAP) integrados por organizaciones gubernamentales y miembros del partido que venden alimentos básicos regulados sin periodicidad alguna, controles o criterios transparentes. Como resultado, la población ha desarrollado estrategias para encontrar los escasos alimentos básicos regulados, y con esto surgió la práctica de la reventa llamada "bachaqueo" con los consiguientes aumentos en los precios de hasta 1,500%.

El empeoramiento de la nutrición es dramático e indica la existencia de una grave inseguridad alimentaria que está pronta a convertirse en una emergencia en algunas zonas geográficas del país y en grupos de mayor riesgo. Las repercusiones negativas en los alimentos, de los cuales cada vez hay mayor escasez y son de baja calidad, con menos calorías y proteínas, culminará en una grave situación nutricional y problemas de salud tales como retraso en el crecimiento de los niños, anemia y diabetes.[18] Se han presentado estrategias de supervivencia familiar como una disminución de la calidad y cantidad de alimentos, abstención, destitución de los recursos familiares para satisfacer las necesidades alimentarias y fragmentación de la familia para garantizar la alimentación de todos los miembros. La reducción del empoderamiento de las mujeres ha dado lugar a una mayor discriminación y exposición a la pobreza, así como a menores oportunidades de empleo. De acuerdo con los boletines epidemiológicos oficiales, 30% de niños falleció antes de cumplir su primer año y 64% más de mujeres murió durante el embarazo o dentro de los 42 días después del parto en 2016 en comparación con las cifras de 2015. Caritas de Venezuela (2017)[19] ha generado sistemáticamente los datos más recientes sobre desnutrición: 11.4% de la desnutrición aguda (emaciación) en niños <5 años, se encontró en 31 parroquias vulnerables en cuatro condados a nivel subnacional en los que Caritas lleva a cabo el monitoreo nutricional. Los datos se analizaron para ver el efecto de la crisis alimentaria y nutricional en mujeres y niños por género. A continuación, se presentan algunos indicadores identificados por Caritas de Venezuela en sus sitios del sistema Centinela de monitoreo:

Desigualdades en torno al acceso a los alimentos y su consumo

En 2013, el Instituto Nacional de Estadísticas estimó una brecha salarial de género de 18% en promedio. En 2015, la tasa de desempleo femenino era tres veces mayor que la de los hombres. Entre 2001 y 2011, los hogares pobres encabezados por mujeres pasaron de 29 a 39%, en los cuales en 52.8% hay tres o más hijos y donde a pesar de que 30% son hogares formados por una pareja, las mujeres son cabeza de familia. En 2013 había 107 mujeres por cada 100 hombres en pobreza y 112 mujeres por cada 100 hombres en pobreza extrema. La pobreza aumentó de 48 a 82% en 2016,[20] y era peor en las mujeres quienes, como jefas de familia, tenían que esperar largas filas para conseguir cantidades insuficientes de alimentos y medicinas. Según el Estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud, 93.9%[21] de los venezolanos no cubre las recomendaciones de requerimientos calóricos, siendo la ingesta calórica de las mujeres de 1,749.1 Kcal/día y 2,059 Kcal/día de los hombres. La ingesta calórica disminuyó significativamente a mayor edad de las mujeres.

La desigualdad en torno a las estrategias para hacer frente a la inseguridad alimentaria

En una alta proporción de hogares entrevistados sobre su situación de seguridad alimentaria, se

18. Universal Periodic Review (UPR) (2016). Gender equality and Women rights - Revisión periódica universal (2016). Igualdad de género y derechos de la mujer. Hoja Informativa 2º Ciclo UPR Venezuela 2016. Disponible en: https://goo.gl/k4gXE6

19. Caritas de Venezuela (2017). Monitoreo de la Situación Nutricional en Niños Menores de 5 años. VENEZUELA. Distrito Capital, Vargas, Miranda y Zulia. Octubre 2016 – Abril 2017.

20. Encuesta sobre Condiciones de Vida Venezuela (ENCOVI) 2016 (2016). Alimentación, Educación, Pobreza, Salud, Seguridad personal y Trabajo. Disponible en: www.fundacionbengoa.org/noticias/2017/encovi-2016.asp

21. Ramírez, G.; Herrera-Cuenca, M.; Vásquez M.; Landaeta-Jiménez, M.; Hernández, P.; Meza, CR; Kovalskys, I.; Gómez, G. y Fisberg, M. en nombre del grupo de estudio ELANS (2017). The Impairment of Food Patterns in Venezuela - El deterioro de los patrones alimentarios en Venezuela: Resultados preliminares del estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud (ELANS) - Capítulo Venezolano. Resumen presentado a la Conferencia de Nutrición de Alimentos y Expo (FNCE) 2017. (En prensa).

hizo evidente que las familias ya habían puesto en práctica estrategias de afrontamiento para hacer frente a la escasez de alimentos. Algunas de ellas se mencionan a continuación: comer menos o dejar de comer alimentos específicos (70-80% de hogares), dejar de comer para que otro miembro de la familia coma (53% de los hogares) y pasar todo el día sin comer (48% de los hogares). Entre los hogares que utilizan estas estrategias, las personas a las que se hacía alusión cuando se tocaba el tema de quién dejaba de comer, eran siempre las mujeres (33% de hogares). El 56% de los hogares respondió que eran los "adultos" y los "ancianos" quienes sacrificaban sus alimentos, pero no especificaron si eran mujeres. Dado que aproximadamente 60% de los jefes de hogar en las parroquias más pobres del país son mujeres, se puede inferir que sirven de "amortiguadores" o "absorbedores de impacto" contra el deterioro de los alimentos familiares. El aplazamiento de su propia ingesta de alimentos ocasiona una disminución de su propio bienestar nutricional.

El sistema Centinela de monitoreo nutricional de Caritas funciona a través de ferias para la atención nutricional. El análisis de la cobertura de estas ferias indicó que 40% de los niños que fueron llevados a la evaluación y consulta nutricional durante los días de atención son menores de seis meses y, de entre ellos, 60% son varones y 40% son niñas. Es decir, de 10 bebés traídos para evaluación y atención, sólo 4 son niñas y 6 son niños. Para una tasa de natalidad masculina/femenina de 50% en el país, esta diferencia proporcional podría estar reflejando un patrón de comportamiento en el que las niñas se encuentran en desventaja. La relación hombre/mujer en términos de asistencia a consultas de seguimiento relacionadas con la salud y la nutrición disminuye un poco, pero se mantiene a mayor edad: 55% de los niños de más de 6 meses que fueron llevados a actividades relacionadas con la salud son niños y 45% son niñas.

La desigualdad en torno al estado nutricional

La desnutrición aguda, medida por la evaluación del peso según la talla como medida de desnutrición, fue más frecuente en los niños que en las niñas. De cada 100 niños que se encontraban desnutridos según su estatura, 58 eran niños y 42 eran niñas. Es posible recuperarse de este tipo de daño nutricional con relativa rapidez, o sea, es fácilmente reversible si no se prolonga demasiado.

La desnutrición crónica, medida por la evaluación de estatura según la edad, que pone de manifiesto si el niño ha crecido normalmente en su primer período de crecimiento, mostró un mayor deterioro en las niñas que en los niños. De 100 niños con retraso en el crecimiento debido a deficiencias nutricionales crónicas, 53 eran niñas y 47 niños. Este tipo de daño nutricional –cuando ocurre antes de los dos años de edad y en países con condiciones de salud, alimentación y nutrición como las de Venezuela– puede llegar a ser irreversible, con consecuencias metabólicas, cognitivas y afectivas perjudiciales para la vida. Según estas cifras, las niñas llevan la peor parte.

Cuando el crecimiento de una niña o de un niño ya ha sido afectado por el retraso del crecimiento, es más difícil saber si está desnutrido o no. En niñas y niños con retraso del crecimiento, la desnutrición no se asienta tan fácilmente debido a los mecanismos metabólicos de adaptación a la privación nutricional crónica. Puede ser la razón de que, si las niñas son más propensas a mostrar retraso del crecimiento, los niños parecen ser más afectados por la desnutrición.

La crisis ha creado una situación en la cual la disponibilidad, acceso y consumo de alimentos en Venezuela tiene un efecto proporcionalmente mayor en niñas y mujeres. Esto no sólo tiene graves consecuencias para el país en su conjunto, sino también sobre la salud y la prosperidad de las generaciones futuras.

Estudio de caso 3

Perspectiva de género en la seguridad alimentaria y nutricional

La seguridad alimentaria es un problema que afecta a millones de personas en nuestro continente y en todo el mundo, en particular a mujeres y niñas. Por diversas razones, las mujeres y las niñas tienden a consumir menos alimentos que los hombres de la familia, y en algunos países es incluso habitual que coman después de estos. Las estadísticas muestran que el número de mujeres que sufren de desnutrición es dos veces mayor que el de los hom-

bres y que las niñas tienen el doble de probabilidades de morir por falta de alimentos que los niños.

Varios estudios[22] revelan que existe un fuerte vínculo entre la desigualdad de género y la inseguridad alimentaria y nutricional. Esto se debe a que las necesidades de las mujeres y los niños son diferentes a las de los hombres y terminan siendo desatendidas debido a la prevalencia de normas sociales y culturales discriminatorias.

Las mujeres tienen un acceso limitado a la tierra, la educación, la información, créditos, tecnología y a las esferas de toma de decisiones. Su responsabilidad principal es la de criar a los niños y dependen de las redes sociales que han desarrollado, ya que les sirven como mecanismo informal de protección social de la familia en momentos de crisis. Cuando trabajan en empleos formales, suelen recibir salarios más bajos que sus colegas varones, a pesar de contar con las mismas habilidades. Debido a la triple carga de responsabilidades, como resultado de su papel productivo, reproductivo y social, las mujeres también cuentan con menos tiempo para atender sus propias necesidades, ya sea para descansar o de otro tipo.

Al mismo tiempo, las mujeres tienen necesidades fisiológicas muy particulares durante el embarazo y la lactancia. Durante estos períodos, el cuerpo femenino se vuelve particularmente vulnerable y requiere un buen estado nutricional, una dieta equilibrada y servicios de salud adecuados. Una buena salud y una dieta equilibrada son esenciales para la correcta formación del embrión y su posterior supervivencia fuera del cuerpo de la madre. El estado nutricional de los recién nacidos está estrechamente vinculado con el de sus madres, tanto durante el embarazo como posteriormente a través de la lactancia materna. La desnutrición materna tiene un impacto directo en las altas tasas de morbilidad y mortalidad infantil. Por tanto, los casos de desnutrición durante el embarazo son doblemente alarmantes, ya que comprometen la salud tanto de la madre como del feto, que nacerá con bajo peso e incluso con menos probabilidades de sobrevivir o desarrollarse adecuadamente.

Los estudios revelan que a las mujeres con menos influencia o poder en el hogar y en la comunidad no les es posible garantizar la distribución justa de los alimentos que proporcionan a sus familias. De esa manera, aunque los orígenes de la inseguridad alimentaria y nutricional son políticos y económicos, también es una cuestión de justicia de género. Las desigualdades de género muy pronunciadas son tanto causa como resultado de la inequidad en el acceso a los alimentos, así como a su consumo y producción.

Las actuales preocupaciones políticas sobre el aumento de la disponibilidad de alimentos se reflejan en las estrategias a corto plazo que se han diseñado para proporcionar asistencia alimentaria y las estrategias a largo plazo diseñadas para aumentar el suministro de alimentos a través de una producción agrícola intensiva. Estas políticas incluyen a las mujeres y recomiendan efectuar inversiones en mujeres agricultoras a pequeña escala, y comprenden la importancia de las agricultoras rurales como un recurso previamente desaprovechado que puede impulsar el crecimiento económico.

Aunque estas medidas están avanzando en la dirección correcta no han avanzado lo suficiente y se continúa valorando a las mujeres únicamente como un medio para lograr una mayor eficiencia económica y una seguridad alimentaria y nutricional. De cualquier modo, estas políticas reconocen que el empoderamiento económico es sólo una parte de la solución. A menos de que las solucio-

22. ABOUD G. AND BALLARA M. (2015) "El pueblo maya ch'orti': Afrontando la inseguridad alimentaria mediante un enfoque con justicia de género". En En Breve, Bridge, Reino Unido, ISBN 978-1-78118-204-8; BRODY A. (2015) "Género y seguridad alimentaria: panorama general". En En Breve, Bridge, Reino Unido, ISBN 978-1-78118-204-8; (2014). "Género y seguridad alimentaria. Hacia una seguridad alimentaria y nutricional con justicia de género", Informe general, Bridge; (2011) "Género, Seguridad Alimentaria y Nutrición", Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CSA), 37° period de sesiones; DAND S. AND ABOUD G. (2015) "El derecho a la alimentación en Guyarat: Organización local que está contribuyendo al cambio en el ámbito nacional". En En Breve, Bridge, Reino Unido, ISBN 978-1-78118-204-8; ONIANG'O R. AND MUKUDI E. (2002) "Nutrición y género". En Nutrición: La Base para el Desarrollo, Geneva: SCN.

nes previstas aborden las causas que originan la desigualdad de género, existe el peligro de que los enfoques actuales más bien empeoren las desigualdades. Es probable que continúen los ciclos de discriminación por razones de género, prolongando la injusticia de género, la pobreza y la inseguridad alimentaria.

Del mismo modo, la importancia del derecho a la alimentación como principio fundador de soluciones para la seguridad alimentaria se ha reafirmado por su papel protagónico en los documentos y procesos de alto nivel a nivel multilateral. Sin embargo, a pesar de estas medidas y de los numerosos marcos vinculantes, la idea del derecho a la alimentación ha avanzado muy poco en la transformación de las desigualdades de género. Esto se debe en parte a que los derechos de las mujeres y el derecho a la alimentación han sido artificialmente separados en documentos internacionales jurídicamente vinculantes y en mecanismos institucionales y políticos que no han sido estandarizados.

Por lo tanto, es necesario que las estrategias de política pública emprendidas por los Estados reconozcan que la inseguridad alimentaria es un problema político y económico agravado por las relaciones de poder desiguales que se han venido repitiendo a través de generaciones y que se encuentran presentes en múltiples niveles: global, nacional, social, pero, sobre todo, nacional.

Una seguridad alimentaria y nutricional con perspectiva de justicia de género significa un mundo que garantice el derecho de todos a una alimentación adecuada, de acuerdo con su situación y necesidades nutricionales, garantizando así el respeto por la dignidad humana y los derechos humanos fundamentales.

Conclusiones

Este capítulo sostiene que la seguridad alimentaria mundial y la inseguridad no pueden entenderse plenamente sin hacer especial mención de una de las principales fuerzas sociales que dividen a la sociedad. Si bien es verdad que el sexo es básicamente una división biológica basada principalmente en los órganos y funciones reproductivas, el género es una clasificación social basada en la identidad personal, el comportamiento y las interacciones con otros. El género es un comportamiento aprendido que los seres humanos adquieren a través de los procesos de socialización. A lo largo de la mayor parte de la historia humana, sin embargo, el sexo masculino y sus características sociales relacionadas se han valorado más que los de las mujeres dando lugar a una diferencia significativa en la dinámica de poder de cualquier sociedad. El género visto a través de los valores, las normas y el comportamiento cotidiano casi siempre crea desigualdad e injusticia y en ninguna parte esto se hace más evidente que en el acceso y distribución desigual de los alimentos y los recursos alimenticios. Las pequeñas ganancias, como ilustra el estudio de caso boliviano anterior, indican que, con una acción concertada, las mujeres pueden compartir por igual los procesos relacionados con los alimentos. El estudio de caso de Venezuela, por otro lado, brinda una evidencia contundente de cómo las fuerzas políticas configuran la vida y el destino de las mujeres y las niñas en tiempos de escasez de alimentos. Nuestro estudio de caso final sostiene de manera conmovedora que las necesidades de las mujeres no pueden ser satisfechas sin cambiar las fuerzas sociopolíticas más amplias que crean y mantienen la desigualdad de género.

Seguridad alimentaria y nutricional en Canadá

Granja y campo de canola en Alberta, Canadá © Shutterstock

Canadá

[1] John Klironomos
[2] Satinder Kaur Brar
[3] Evan Fraser
[4] Krishnamoorthy Hegde
[5] Negin Kazemian
[6] Ashley McInnes
[7] Jeremy McNeil
[8] Mitra Naghdi
[9] Vinayak Pachapur
[10] Mehrdad Taheran

Resumen

Canadá es un país grande con abundantes recursos naturales y un sector agrícola muy variado. Es uno de los mayores productores y exportadores de alimentos del mundo. La mayor parte de su actividad agrícola se encuentra cerca de la frontera sur con Estados Unidos de América. A pesar de ser un país rico, existe una brecha cada vez mayor entre ricos y pobres, y una porción considerable de su población (aproximadamente 12%) se encuentra en situación de pobreza y sufre escasez de alimentos. Las comunidades del norte son particularmente vulnerables. Aparte de eso, otro 20% de la población se considera obeso. Se hacen importantes inversiones en educación agrícola e investigación en todo el país. Las universidades de todo el país ofrecen programas en agricultura y tecnología alimentaria. Las universidades, laboratorios gubernamentales y la industria llevan a cabo investigaciones dirigidas a mejorar la producción de alimentos mediante el uso de tecnologías avanzadas. Se han propuesto muchas recomendaciones normativas para fomentar la agricultura y promover las prácticas sostenibles. El cambio climático representa un riesgo importante para la seguridad alimentaria y nutricional de Canadá.

1. Características nacionales

Canadá es el segundo país más grande del mundo con una superficie total de 9,984,670 km², de los cuales 891,163 km² corresponden a extensiones de agua. La población multicultural actual de Canadá se estima en 35,362,905; 18.2% vive en áreas rurales y el 81.8% restante vive en centros urbanos que se ubican en su mayoría a 150 km de la frontera con Estados Unidos de América (EUA).

Debido a su ubicación geográfica y consecuentes condiciones climáticas, <7.5% de los 9,093,507 km² de la masa terrestre canadiense se destina a fines agrícolas: la mayoría se ubica a menos de 300-400 km de la frontera con EUA. Por otra parte, el porcentaje de la masa total dedicada a la agricultura varía considerablemente entre las provincias, siendo el más alto el de Alberta (31.9), Saskatchewan (42.4) e Isla Príncipe Eduardo (42.3), y los más bajos los de Terranova (0.1), Quebec (2.5) Nueva Brunswick (5.3) y Ontario (5.6).

El número de plantaciones activas en Canadá disminuyó de manera considerable entre 1931 y 2006, de 728,623 a 229,373. Para 2011, el número de plantaciones había disminuido 10.3% adicional, mientras que el tamaño de las granjas promedio aumentó aproximadamente 50 acres (6.9%). Al mismo tiempo, la superficie total de cultivo, 160.2 millones de acres, se ha reducido 4.1% desde 2006. En general, poco menos de 60% de las granjas canadienses producen cultivos, mientras que el resto se dedica a la ganadería. Las provincias de Ontario (51,950), Alberta (43,234), Saskatchewan (36,952) y Quebec (29,437)

Canadá es rico en recursos naturales e importante exportador de alimentos, pero **vulnerable al cambio climático** y la brecha cada vez mayor entre ricos y pobres

cuentan con el mayor número de explotaciones agrícolas, en tanto que las de mayor tamaño se encuentran en Saskatchewan (1,668 acres), Alberta (1,168 acres) y Manitoba (1,135 acres), con extensiones de tierra considerablemente mayores a los 244 y 280 acres en las granjas de Ontario y Quebec, respectivamente.

Los principales cultivos agrícolas son las semillas oleaginosas (canola, linaza, soya), cereales (trigo, cebada, maíz, avena, centeno, cereales mixtos) y legumbres (guisantes secos, lentejas, frijoles secos y garbanzos). En 2011 se produjeron semillas oleaginosas en 30% (19,400.000 acres) del total de las tierras de cultivo canadienses, con >98% de canola producida en Saskatchewan, Alberta y Manitoba y la mayor parte de la soya en Ontario, Quebec y Manitoba. El trigo de invierno y los cultivos forrajeros son de considerable importancia y cada uno ocupa 20% del total de las tierras de cultivo, aunque los cultivos forrajeros han disminuido (13.5% de 2006 a 2011) debido a la disminución en la producción de carne. Se ha observado un aumento significativo en la producción de legumbres que ahora representa 6% (2.2 millones de acres) de todos los cultivos que se producen en Canadá. Muchas de estas legumbres (79.3%) se cultivan en Saskatchewan.

El área dedicada a la producción de hortalizas es de 267,665 acres, 83.2% de los cuales se encuentran en Ontario y Quebec. El maíz es el cultivo número uno (más de 65,000 acres), seguido por los guisantes verdes, las zanahorias, los frijoles, los tomates, las cebollas, las crucíferas y las calabazas. Se ha registrado un aumento en la industria de producción en invernaderos, que ahora ocupa 249.3 millones de pies cuadrados, de los cuales 135.1 se dedican a la producción de hortalizas y, el resto, a las flores. La mayoría de los invernaderos se encuentran en Ontario (54.2%), Columbia Británica (24.5%) y Quebec (12.2%) y las verduras que más se producen son los tomates, pepinos, pimientos y lechugas.

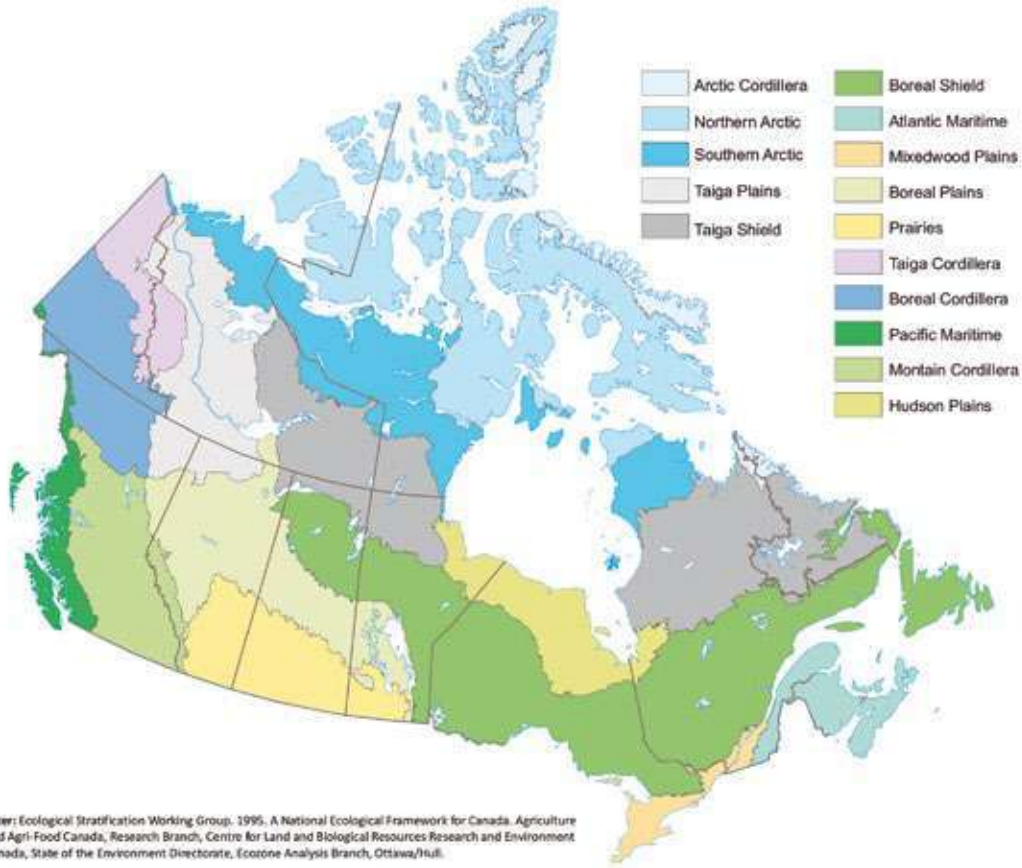
En Canadá, la producción de frutas ocupa 312,041 acres, siendo los arándanos el cultivo más importante, con casi 175,078,000 acres dedicados a su producción en Quebec, las provincias Marítimas y la Columbia Británica. Las manzanas son la segunda cosecha de fruta más importante, seguida por las uvas; esta última asociada a la creciente industria del vino en la Columbia Británica, Ontario, Quebec y Nueva Escocia. Otras frutas de árbol que se cultivan son duraznos (3,154 hectáreas), peras (944 ha), ciruelas y ciruelas pasas (684 hectáreas). La producción de arándanos ha aumentado a nivel nacional, siendo Quebec y la Columbia Británica los principales productores.

La apicultura, tanto para la polinización de otros cultivos (especialmente de frutas) como para la producción de miel, se puede encontrar en todo Canadá, aunque se concentra más en las llanuras. Por ejemplo, en Alberta, Manitoba y Saskatchewan se ubica más de 70% de las 561,297 colonias de abejas registradas, así como >98% de otras especies de abejas que se utilizan para la polinización (es decir, abejas cortadoras de hojas). La miel de maple es una alternativa de la miel y Canadá es una importante fuente de miel de maple, produciéndose >94% en la provincia de Quebec.

Si bien se ha observado una disminución de la producción ganadera en los últimos 20 años, las explotaciones dedicadas a la producción de carne de vacuno y las granjas lecheras continúan siendo los sectores más importantes de la producción ganadera canadiense. Alberta cuenta con casi 60% del ganado vacuno de carne nacional, mientras que Quebec (37.4%) y Ontario (33.1%) son las

[1] John Klironomos, Coordinador del capítulo. Facultad de Biología, Universidad de la Columbia Británica, Okanagan campus, BC, Canadá, john.klironomos@ubc.ca **[2] Satinder Kaur Brar,** Institut National de la Recherche Scientifique, Quebec, Canadá. **[3] Evan Fraser,** Facultad de Geografía, Universidad de Guelph, Ontario, Canadá. **[4] Krishnamoorthy Hegde,** Institut National de la Recherche Scientifique, Quebec, Canadá. **[5] Negin Kazemian,** Facultad de Biología, Universidad de la Columbia Británica, Okanagan campus, BC, Canadá. **[6] Ashley McInnes,** Facultad de Geografía, Universidad de Guelph, Ontario, Canadá. **[7] Jeremy McNeil,** Facultad de Biología, Western University, Ontario, Canadá. **[8] Mitra Naghdi,** Institut National de la Recherche Scientifique, Quebec, Canadá. **[9] Vinayak Pachapur,** Institut National de la Recherche Scientifique, Quebec, Canadá. **[10] Mehrdad Taheran,** Institut National de la Recherche Scientifique, Quebec, Canadá.

Mapa 1. Ecozonas terrestres de Canadá



After: Ecological Stratification Working Group. 1995. A National Ecological Framework for Canada. Agriculture and Agri-Food Canada, Research Branch, Centre for Land and Biological Resources Research and Environment Canada, State of the Environment Directorate, Ecozone Analysis Branch, Ottawa/Hull.

provincias con mayor cantidad de ganado lechero. Quebec, Ontario y Manitoba son los principales productores de carne de cerdo, mientras que Ontario es el mayor productor avícola del país, con 38.2% de gallinas ponedoras y 32.5% de aves para consumo.

Además de la dinámica industria pesquera marina, la acuicultura se practica actualmente en todo el país y es responsable de alrededor de 20% del total de los productos de mar canadienses, incluyendo varias especies de salmón, trucha y trucha alpina, así como mejillones, almejas y ostiones.

En la última mitad de siglo, la población de Canadá ha aumentado de poco más de 19.6 millones a algo más de 36.5 millones. Actualmente, más de 81% de la población vive en áreas urbanas (73% en 1965) y más de 70% de los canadienses viven en dos provincias: Quebec y Ontario. Debido al envejecimiento de la población (la edad promedio en 2016 fue de 40.8 años en comparación con 27 años en 1965) y la disminución de la fertilidad promedio (el número de hijos por mujer disminuyó de 3.6 a 1.6), el aumento natural representa sólo un tercio del crecimiento demográfico. De este modo, 67% del crecimiento de la población es resultado de la inmigración, una tendencia que se espera que continúe en los próximos años.

En la actualidad, menos de 2% de la población económicamente activa participa directamente en la agricultura; sin embargo, 2.2 millones de canadienses trabajan en la agricultura y en la industria agroalimentaria que representan 12.5% de la fuerza de trabajo del país (Statistics Canada, 2011; AAFC, 2016c). A pesar de eso, el número de agricultores está disminuyendo; además de la reducción en el número de granjas, la edad media de los agricultores está aumentando, lo que pone de manifiesto el alarmante fracaso de la transferencia intergeneracional (Schutter, 2012). Alrededor de 14% de las explotaciones agrícolas canadienses se

consideran multigeneracionales, y este porcentaje es incluso menor en Alberta (12.3%) y más alto en Quebec (20.3%), en tanto que un poco menos de 7% de la comunidad agrícola está integrada por inmigrantes europeos. El Sindicato Nacional de Agricultores (NFU) de Canadá se queja del papel de los poderosos grupos de presión del sector manufacturero de alimentos que mantienen el precio de sus productos a niveles bajos mientras que los precios de los insumos van en constante aumento. A esto se le conoce como el desfase entre precios y costos y ha dado lugar a que un número cada vez mayor de agricultores abandone esta forma de vida por no resultar redituable.

Si bien la agricultura de precisión ha mejorado la eficiencia, también requiere de inversiones significativas en maquinaria y, por tanto, es más rentable para las granjas de mayor tamaño. Esto explicaría por qué <10% de las explotaciones activas en Canadá, con frecuencia empresas familiares, representan aproximadamente 50% de todos los ingresos agrícolas brutos. El aumento observado en la edad media de los agricultores se debe, en parte, a los altos costos que implica establecer un negocio próspero. Con todo, el aumento del valor de ciertos cultivos, aunado al aumento de la rentabilidad resultante de la agricultura como negocio, está atrayendo a los jóvenes de vuelta a este negocio.

Los trabajadores extranjeros temporales son una parte importante de la agricultura canadiense y existen dos diferentes programas gubernamentales para hacer posible esto. El primero es el Programa de Trabajadores Agrícolas Temporales (SAWP) abierto a ciudadanos de México y 12 países del Caribe. De ser aprobado, los trabajadores podrán prolongar su estancia hasta 8 meses de un año calendario trabajando en granjas canadienses. El segundo programa se llama Programa de Trabajadores Extranjeros Temporales y permite que ciudadanos de otros países trabajen en el sector agrícola hasta dos años.

Canadá es un actor importante en el comercio internacional de productos agrícolas y agroalimentarios (PAA). Fue clasificado quinto exportador más grande en 2014 y sexto importador más grande de productos agrícolas y agroalimentarios del mundo. Ese año, las exportaciones e importaciones canadienses alcanzaron los C$ 51,500 millones de dólares y C$ 39,400 millones de dólares, representando 3.6 y 2.9% del valor total de las exportaciones e importaciones mundiales de productos agrícolas y agroalimentarios, respectivamente. En 2015, las exportaciones de productos agroalimentarios y pesqueros de Canadá superaron los C$ 61G. Los principales países importadores fueron EUA (C$ 32.6G), China (C$ 6.3G), Japón (C$ 3.8G), México (C$ 1.7G), India (C$ 1.5G), Hong Kong (C$ 0.9G) Italia (C$ 0.8G), Bangladesh (C$ 0.8G), Indonesia (C$ 0.7G) y los Emiratos Árabes Unidos (C$ 0.6G). Los principales productos agroalimentarios de exportación fueron el trigo, la semilla de canola, las legumbres secas, los crustáceos, el cerdo, los aceites vegetales no modificados, la soya, el pan y la pastelería, el ganado vivo y la carne de vacuno.

En el mismo año, las importaciones agroalimentarias fueron de C$ 47.0G, siendo los principales exportadores EUA (C$ 28.0G), México (C$ 2.1G), China (C$ 1.4G), Italia (C$ 1.1G) Francia (C$ 0.9G), Brasil (C$ 0.8G), Chile (C$ 0.8G), Tailandia (C$ 0.8G), Australia (C$ 0.6G) e India (C$ 0.6G). Los principales productos importados fueron el vino, los alimentos preparados, los productos de panadería, los alimentos para mascotas, el café, el chocolate y los productos que contienen cacao, las aguas embotelladas, las frutas frescas, las frutas preparadas, los frutos secos y los crustáceos.

Uno de los mayores desafíos para la agricultura canadiense, al igual que para el resto de los países, será la adaptación a los efectos del cambio climático. Esto se debe a que el cambio climático no sólo tendrá efectos directos sobre los cultivos, sino que también afectará el impacto de los insectos benéficos (por ejemplo, polinizadores, agentes de control biológico, micorrizas) y de las plagas (es decir, herbívoros, patógenos). A medida que aumente la demanda de productos agrícolas a nivel mundial, otros desafíos incluirán la formulación de políticas que aseguren la cantidad y calidad de las tierras agrícolas disponibles para lograr la productividad deseada, al mismo tiempo que se toman medidas para mitigar los efectos negativos que las prácticas agrícolas tienen en otros ecosistemas.

Por último, la seguridad alimentaria es un problema importante para muchas de las comunidades del norte de Canadá que no tienen acceso a tierras aptas para la agricultura y que se

Tabla 1. Estaciones de investigación de Agricultura y Agroalimentación de Canadá en las provincias canadienses (AAC, 2017a)

Provincias de Canadá	Estaciones de Investigación
Columbia Británica	Centro de Investigación y Desarrollo Agassiz Centro de Investigación y Desarrollo Summerland
Alberta	Centro de Investigación y Desarrollo Lacombe
Alberta	Centro de Investigación y Desarrollo de Lethbridge
Saskatchewan	Centro de Investigación y Desarrollo de Saskatoon Centro Swift Current Research and Development Centre
Manitoba	Centro de Investigación y Desarrollo de Brandon Centro de Investigación y Desarrollo Morden
Ontario	Centro de Investigación y Desarrollo London Centro de Investigación y Desarrollo de Ottawa Centro de Investigación y Desarrollo de Guelph Centro de Investigación y Desarrollo de Harrow
Quebec	Centro de Investigación y Desarrollo de Sherbrooke Centro de Investigación y Desarrollo de Saint-Hyacinthe Centro de Investigación y Desarrollo de Quebec Centro de Investigación y Desarrollo Saint-Jean-Sur-Richelieu
Nuevo Brunswick	Centro de Investigación y Desarrollo de Fredericton
Isla del Príncipe Eduardo	Centro de Investigación y Desarrollo de Charlottetown
Nueva Escocia	Centro de Investigación y Desarrollo de Kentville
Terranova y Labrador	Centro de Investigación y Desarrollo St. John's

encuentran en zonas aisladas y remotas. La inseguridad alimentaria en las comunidades del norte se ve empeorada por el cambio climático, ya que el aumento de las temperaturas está acortando el tiempo de uso práctico de las "carreteras de hielo" que se utilizan para transportar mercancías de sur a norte con seguridad. Es evidente que estas necesidades deben solucionarse mediante el desarrollo de nuevas estrategias impulsadas por programas de bienestar social, respaldados por investigaciones de vanguardia e iniciativas que ofrezcan oportunidades para desarrollar ciertas formas de agricultura sostenible en áreas en las que actualmente esta es limitada o inexistente.

En todo el país se calcula que aproximadamente uno de cada siete canadienses (1 de cada 5 niños) viven en la pobreza y no tienen acceso a alimentos, vivienda adecuada ni atención médica. La incidencia es mayor en ciertos grupos, entre los que se incluyen los de madres solteras, ancianos, miembros de las Naciones Originarias y canadienses con discapacidades mentales o físicas. En los últimos años se ha observado un aumento significativo del uso de los bancos de alimentos en la mayor parte del país, ya que 12% de los hogares canadienses tiene dificultades para acceder al sustento diario.

2. Marco institucional

Sistemas nacionales de investigación agrícola: Capacidades de investigación canadienses y áreas de fortaleza locales

Canadá es uno de los líderes mundiales en investigación agrícola. El Ministerio de Agricultura y Agroalimentación de Canadá (AAC) cuenta con 20 centros de investigación y desarrollo en todo el país (**Tabla 1**) (AAC, 2017a). Estas estaciones de investigación, junto con sus ubicaciones satelitales e instalaciones, son las responsables de la investigación científica y los avances en agricultura del país. Del mismo modo, muchos de estos cen-

Lago Ontario (Foto: J. de Sousa).

tros de investigación participan en el programa de menor utilización de productos plaguicidas que el Ministerio de Agricultura y Agroalimentación en conjunto con el Organismo Regulador de Manejo de Plagas de Canadá (AAC, 2017b) lanzó en 2002. El programa se centra en aumentar la competitividad de los productores al facilitarles nuevas y eficaces herramientas de protección de cultivos y tecnologías (AAC, 2017b). Cada una de las provincias de Canadá tiene áreas específicas de atención y sistemas de investigación relacionados con las características particulares de los sistemas agrícolas de esa región (véase Sección 1). Por ejemplo, uno de los centros de investigación en Saskatchewan (el Centro Swift Current Research and Development) se enfoca en dar solución a problemas severos de sequía, erosión, heladas, plagas y enfermedades de cultivos, así como en desarrollar sistemas de manejo de tierras que mejoren la calidad del suelo y del agua para el cultivo de algunas variedades de trigo (AAC, 2017d).

La aplicación de nuevas tecnologías y métodos ha dado lugar a una alta productividad en el sector agrícola. Con todo, la investigación, y en particular los proyectos de más largo plazo, necesitan más financiamiento. La mentalidad de "rápido al mercado" ocasiona que los fondos de investigación se destinen a cumplir con los objetivos de mercado a corto plazo. Aparte de eso, cada una de las provincias también cuenta con sus propios Ministerios de Agricultura y con frecuencia estos mantienen una estrecha relación con universidades específicas. Por ejemplo, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Asuntos Rurales de Ontario mantiene una estrecha relación en materia de investigación y extensión con la Universidad de Guelph a través de un "contrato de investigación" que exige la cooperación en el mantenimiento de las instalaciones de investigación agrícola y los laboratorios dedicados al bienestar animal y la seguridad alimentaria.

La investigación y el desarrollo también han hecho posible que Canadá se convierta en un líder

internacional en áreas como la genética animal, el desarrollo de nuevos cultivares y la producción en invernaderos e invernaderos de clima controlado (Steppler & Switzer, 2014). Canadá también es conocido internacionalmente por sus éxitos en la investigación del mejoramiento genético de plantas y animales, y el control de enfermedades. Entre los logros más significativos (AAC, 2017d) figuran el desarrollo de algunas variedades de trigo, desde Red Fife (1840) hasta Marquis (1907), así como variedades resistentes a la roya (por ejemplo, Renown 1936, Selkirk 1953). El concepto de la canola como fuente de aceite vegetal fue también una importante historia de éxito canadiense durante la posguerra (AAC, 2017d). La Universidad de Manitoba llevó a cabo una investigación que fue en gran parte responsable del desarrollo de un nuevo cultivo de cereales, el triticale, una cruza fértil entre el trigo y el centeno (AAC, 2017d).

Canadá también es líder en términos de genética ganadera. Por ejemplo, el trabajo realizado en la Universidad de Guelph ha utilizado valores de mejoramiento genético para lograr la inmuno-respuesta del ganado reproducido de forma natural para que oponga una mayor resistencia a las enfermedades. Otros avances importantes en el mejoramiento del maíz, la soya, el girasol, el tabaco y otras frutas y verduras han contribuido a aumentar el rendimiento de los cultivos (AAC, 2017d). También se están llevando a cabo importantes investigaciones que se centran en los defectos genéticos y congénitos de animales como aves de corral (para carne y huevos), ganado vacuno y ganado lechero (AAC, 2017d).

Colaboración científica de Canadá

Se han desarrollado varios programas para promover la innovación y colaboración científica. El Programa Agro-Innovaciones canadiense tiene muchas iniciativas, como promover las oportunidades de inversión en la agricultura reuniendo a inversionistas y agroempresarios potenciales (AAC, 2017b). El Programa de Innovación de Bioproductos Agrícolas es otro programa cuyo objetivo es brindar apoyo a redes de talento privado, público y académico para fortalecer la capacidad de investigación en áreas específicas de bioproductos y bioprocesos agrícolas (AAC, 2016b). Las colaboraciones internacionales también son un tema importante. Por ejemplo, Canadá es uno de los miembros fundadores de la Alianza Mundial de Investigación sobre los Gases de Efecto Invernadero de origen Agropecuario, que es una red internacional de más de 30 países dedicada a la investigación colaborativa sobre la mitigación de los gases de efecto invernadero y las prácticas de manejo provechosas para los agricultores (AAC, 2017a).

Canadá y EUA tienen una larga historia de colaboración bilateral en ciencia y tecnología en la agricultura, lo que es particularmente útil ya que comparten algunas zonas climáticas parecidas (aunque sólo en los estados del norte). Esta alianza es un importante sector económico para ambos países y cuenta con la participación del Ministerio de Agricultura y Agroalimentación de Canadá y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en el desarrollo de diversas iniciativas, entre ellas PROCINORTE, Humedad del Suelo Activo Pasivo (SMAP) y la Iniciativa del Trigo, que contribuyen al avance del sector agrícola (AAC, 2017a).

Canadá y China también mantienen una relación sólida y bien establecida en materia de investigación agrícola en genética y genómica, plagas, enfermedades de los cultivos, agroalimentación y sistemas de producción sostenibles (Gobierno de Canadá, 2016). La Red de Ciencia Agrícola Canadá-China se estableció en 2014 con el fin de reunir a científicos y colaboradores agrícolas canadienses y chinos (Gobierno de Canadá, 2016).

Bases de datos agrícolas de Canadá

Las bases de datos agrícolas son fundamentales en la investigación científica y pueden reducir la duplicidad y ofrecer una visión general del estado actual del trabajo. Las bases de datos, como la Base de Datos sobre las Prioridades del Agricultor, constituyen un importante recurso de información para los agricultores, los participantes y los funcionarios reguladores (Health Canada, 2014). La Base de Datos Nacional sobre el suelo también contiene información importante relacionada con datos sobre el suelo, el paisaje y el clima en todo el país (AAC, 2017c). El contenido de los archivos nacionales fue recolectado mediante encuestas de campo federales y regionales, o elaborados a partir de información de proyectos de análisis de datos de tierras.

Otros datos provenientes de la Colección *in vitro* de *Glomeromycota* (GINCO) también han sido indispensables en la investigación científica. Por ejemplo, GINCO, la primera colección internacional de hongos *Glomeromycota* (micorriza) propagada bajo condiciones de cultivo monoxénico sobre raíces escindidas, es una valiosa fuente de información para la investigación de las interacciones planta-microorganismo de los cultivos (AAC, 2017a). La colección Recursos de Genes Vegetales de Canadá contiene un banco de genes clonados y ayuda a conservar, caracterizar, indexar y distribuir plantas de cultivo (AAC, 2017a). Otras colecciones como el Herbario Micológico Nacional de Canadá (DAOM) contienen más de 350,000 especímenes de hongos y enfermedades fungicidas de plantas, lo que lo convierte en la colección de hongos no liquenizados más grande de Canadá (AAC, 2017a).

El Ministerio de Agricultura y Agroalimentación de Canadá también alberga colecciones de plantas vasculares e incluye 1.5 millones de especímenes insustituibles protegidos en un ambiente controlado en la Granja Experimental Central de AAC (AAC, 2017a).

Aunque las bases de datos y las colecciones requieren un compromiso a largo plazo de desarrollo y mantenimiento continuo para mantenerse al día, son fundamentales para las investigaciones que se llevan a cabo actualmente sobre agricultura y su mejora es un elemento esencial.

Tabla 2. Instituciones que ofrecen programas de capacitación en agricultura

Provincias de Canadá	Estaciones de Investigación
Columbia Británica	Universidad de Columbia Británica Universidad Fraser Valley Instituto de Agricultura Ecológica de la Columbia Británica Universidad Politécnica de Kwantlen Universidad de la Isla de Vancouver College of the Rockies Camosun College Malaspina University College Kootenay Permaculture Institute
Alberta	Universidad de Alberta Universidad de Lethbridge Lethbridge College Red Deer College Olds College Grand Prairie Regional College Lakeland College
Saskatchewan	Universidad de Saskatchewan Universidad de Regina Saskatchewan Polytechnic Parkland College
Manitoba	Universidad de Manitoba Red River College Assiniboine College
Ontario	Brock University Universidad de Guelph Mohawk College Algonquin College Fleming College Trent University Seneca College Durham College Conestoga College St. Lawrence College
Quebec	McGill University (McDonald College) Université Laval
Nueva Escocia	Universidad Agrícola de Nueva Escocia (NSAC)
Yukón	Yukon College

Universidades e institutos de investigación, desarrollo científico e infraestructura

El país cuenta con una enorme experiencia agrícola, a pesar de que los recortes en el gasto federal de los últimos años han dado lugar al cierre de algunos centros de investigación agrícola con la consecuente reducción de puestos de investigación. En las universidades se ha recurrido cada vez más al apoyo de las agencias federales de investigación "Tri-Consejo" para la investigación relacionada con la agricultura, específicamente en relación con las subvenciones del Consejo de Investigación de Ciencias Naturales e Ingeniería del Canadá que, a menudo, requiere fondos de la industria. Dicho esto, existen algunos grupos de productores que aportan fondos en pequeña escala.

También en 2015 y 2016 se instituyeron diversos programas federales de investigación sobre agricultura gracias a las donaciones del Primer Fondo para la Investigación de Excelencia de Canadá. Estos incluyen algunos proyectos relacionados con la genética de los cereales y la conservación del agua dirigidos por la Universidad de Saskatoon y un programa de $76.6 millones llamado Food from Thought (Sistemas Agrícolas para un Planeta Sano), que se centra en la aplica-

Iceberg de cerca (Foto: J. McNeil).

ción de la inteligencia de datos en la producción de alimentos que se lleva a cabo en la Universidad de Guelph. Adicionalmente, existen muchas universidades, colegios e institutos en todo Canadá que ofrecen capacitación en campos relacionados con la agricultura (**Tabla 2**). Estos programas van desde programas universitarios y de posgrado hasta certificados más especializados en áreas específicas.

Investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria, modelización y asimilación de innovaciones tecnológicas

La investigación interdisciplinaria del país fomenta y consolida las innovaciones tecnológicas relacionadas con los sistemas alimentarios y agrícolas. La iniciativa Esfuerzos de Investigación por una Agricultura Competitiva cuenta con programas como la Red Canadiense de Innovación y Regulación Agrícola, que reúne a los investigadores para estudiar los procesos de innovación agrícola y promover la participación del Gobierno, la industria, el mundo académico y el público en general para mejorar el sistema de innovación agrícola de Canadá (CAIRN, 2011). Esta red está compuesta por 37 miembros que representan a instituciones académicas, gubernamentales y privadas desde la Columbia Británica hasta Nueva Escocia, así como a EUA y Europa (CAIRN, 2011).

Hay muchos proyectos exitosos en todo el país. Por ejemplo, los investigadores de la Universidad de Carleton y Agricultura y Agroalimentación de Canadá colaboran en proyectos en los que se aplican métodos de nanotecnología para

crear fertilizantes "inteligentes" que reducen la lixiviación en las cuencas al mismo tiempo que cumplen con los requerimientos específicos GPS de nutrientes (Steppler & Switzer, 2014). Los agricultores también están utilizando tecnología de localización en los sistemas de rastreo con el fin de que se plante la variedad de semilla adecuada en la ubicación adecuada de acuerdo con el contenido de nutrientes y agua del suelo (Steppler & Switzer, 2014). El Instituto Canadiense de Fertilizantes también ha popularizado los nuevos enfoques "4R" de buen manejo de nutrientes entendidos como "fertilizante adecuado en la cantidad adecuada en el momento adecuado y en el lugar adecuado", que facilitan que los agricultores varíen las dosis y apliquen la cantidad adecuada de fertilizantes, evitando así la contaminación de los medios acuáticos y la atmósfera de acuerdo con las condiciones climatológicas (Steppler & Switzer, 2014). La rotación de cultivos también ha contribuido a que los agricultores mejoren el manejo de los fertilizantes y la conservación de los suelos al interrumpir los ciclos de plagas, enfermedades y hierbajos (Steppler & Switzer, 2014). Los agricultores han venido utilizando modelos dinámicos del clima en invernaderos que ahorran energía y mejoran la calidad de los cultivos y que además reducen el consumo de energía en invierno (Steppler & Switzer, 2014). Por último, existen muchos ejemplos de desarrollo de nuevos varietales de cepas como la nueva variedad de cereza Sweetheart, cuyas características de autofecundación y maduración tardía pueden extender la temporada de crecimiento y cosecha. Este cultivar ha logrado aumentar las exportaciones de cerezas de la Columbia Británica de C$ 500,000 al año en la década de 1990 a casi C$ 40 millones en 2011 (Steppler & Switzer, 2014).

También es importante señalar que esas innovaciones invariablemente requieren alianzas interdisciplinarias e intersectoriales y que estas, a su vez, requieren de apoyos financieros adecuados y una buena administración para no exceder los costos administrativos y de colaboración adicionales asociados (CFA, 2016). La innovación no se limita a las actividades de investigación, por lo que es imprescindible que este impulso no se interrumpa para poder prosperar en las actividades del sector agrícola.

Desarrollo de fuerza de trabajo calificada y Sistema Nacional de Educación de Canadá

El sistema canadiense de educación agrícola comenzó en la Nueva Francia en 1670 en el Petit Seminaire en St. Joachim (Johnson, 2015; CAHRC, 2016). El programa fue iniciado por el Obispo Laval quien impartió cursos de capacitación de agricultura con experiencia práctica en la granja-escuela (Johnson, 2015). En 1874 se estableció la primera escuela agrícola en idioma inglés en Guelph, Ontario (Johnson, 2015). Hoy día, el sistema de educación agrícola de Canadá se ha ampliado a 18 instituciones de enseñanza postsecundaria, cinco de las cuales ofrecen programas en francés (una en Nueva Brunswick, tres en Quebec y una en Ontario), y las 13 restantes ofrecen programas en inglés (Johnson, 2015). Aparte de eso, hay muchos cursos que ofrecen otras instituciones y que están dirigidos a quienes ya se encuentran trabajando en la agricultura (por ejemplo, patología de las plantas, entomología).

Los temas que se consideraban apropiados para la agricultura también han cambiado de forma considerable con el paso del tiempo. Las primeras escuelas ofrecían cursos sobre producción agrícola y animal, así como ciencias del suelo, ingeniería agrícola y economía agrícola (Johnson, 2015). En la actualidad, cada vez más facultades se enfocan en el procesamiento de los productos agrícolas, así como en la producción primaria. Algunas incluyen la vida silvestre y la silvicultura como parte de la formación en el manejo de los recursos naturales, así como estudios ambientales (Johnson, 2015).

Aunque el sistema educativo canadiense ha evolucionado a lo largo de los años, el desafío de difundir el conocimiento agrícola al público continúa siendo un problema. Muchos de los consumidores actuales no tienen idea de dónde proviene su alimento o de cómo funciona el sector agrícola. Por lo tanto, es imprescindible educar a la gente en materia de sistemas agroalimentarios. Las organizaciones como Agricultura en el Aula, que se pueden encontrar en siete provincias del país, incorporan la educación agrícola en el plan de estudios canadiense. Estas organizaciones también sirven para exhortar a los estudiantes a unirse al sector agrícola y compensar la escasez de canadienses que trabajan en la agricultura.

La brecha entre la demanda de mano de obra y la mano de obra nacional en la agricultura también se ha duplicado de 30 mil a 59 mil trabajadores en los últimos diez años y las proyecciones indican que para 2025 la mano de obra agrícola canadiense necesitará 114 mil trabajadores adicionales (FSC, 2011a). Ofrecer programas de capacitación agrícola en comunidades rurales y urbanas junto con apoyos financieros, al igual que la condonación parcial de deudas relativas a préstamos estudiantiles para quienes ingresen a la agricultura, sería de gran utilidad para disminuir esta brecha.

Financiamiento

En Canadá, la agricultura se encuentra en una jurisdicción federal-provincial compartida y reforzada por el sector privado. Las responsabilidades dependen principalmente de las autoridades federales, mientras que las provincias tienen jurisdicción sobre la enseñanza y extensión agrícolas, ya que las actividades de investigación agrícola varían de una provincia a otra y son exclusivas de cada región.

Entre los departamentos federales se incluyen los siguientes: Agricultura y Agroalimentación de Canadá; Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos (CFIA); Health Canada, Environment Canada; Agencia Federal de Investigación e Innovación; Consejo Nacional de Investigación de Canadá; los tres consejos federales de investigación responsables de la donación de fondos (los institutos canadienses de Investigación en Salud, el Consejo de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades), que proporcionan fondos a investigadores universitarios, algunos de los cuales trabajan en temas relacionados con la agricultura, la pesca y la silvicultura (Steppler & Switzer, 2014).

El Gobierno federal también utiliza un marco legislativo y regulatorio basado en la ciencia para dirigir la introducción de nuevos productos en el mercado o el desarrollo de nuevos métodos (Steppler & Switzer, 2014). Este último participa y financia actividades de investigación e innovación emprendidas dentro del propio Gobierno o en conjunto con la industria y el mundo académico (Steppler & Switzer, 2014). El Gobierno federal apoya a las partes interesadas para facilitar la transferencia y adopción de nuevos procesos o tecnologías. Por ejemplo, el Comité de Coordinación de Servicios Agrícolas de Canadá se encarga de los servicios de investigación, extensión y educación, y es responsable de evaluar las necesidades inmediatas y futuras de investigación con el fin de formular propuestas adecuadas (Steppler & Switzer, 2014). Los comités provinciales y regionales también evalúan y formulan recomendaciones en materia de investigación agrícola y educación en las provincias. Así, la función de investigación es compartida entre Agricultura de Canadá y otras agencias federales, departamentos provinciales de agricultura, consejos provinciales de investigación, facultades universitarias de agricultura y medicina veterinaria, así como la industria privada.

Muchas políticas clave han contribuido a conformar las políticas públicas de ciencia y tecnología de Canadá. Por ejemplo, en 1999, el Consejo de Asesores de Ciencia y Tecnología publicó el informe Asesoramiento Científico para la Eficacia Gubernamental, que confirmó el papel del Gobierno federal en la investigación del bien público (AAC, 2017a). Los gobiernos de las provincias también han puesto en marcha un innovador Fondo de Inversión para el Desarrollo Económico Comunitario financiado por inversionistas individuales, pero apoyado por el Gobierno provincial a través de incentivos fiscales. Un proyecto que se financió en 2011, por ejemplo, ha culminado en la inversión de más de un millón de dólares en empresas agrícolas y alimentarias nuevas o en expansión en Nueva Escocia.

Growing Forward 2, un marco estratégico de cinco años (2013-2018) para el sector agropecuario y agroalimentario de Canadá, es una inversión de C$ 3B de los gobiernos federal, provincial y territorial, y la base para los programas y servicios agrícolas del Gobierno (AAC, 2017d). Growing Forward 2 se centra en la innovación, la competitividad y el desarrollo del mercado para facilitar a los agricultores las herramientas y recursos que requieren para continuar innovando y capitalizando las oportunidades de los mercados emergentes (AAC, 2017d). En términos de inversión gubernamental en agricultura, en cambio, la tendencia es hacia niveles más bajos de subsidios agrícolas, lo que se traduce en una situación difícil para los agricultores individuales. En términos más generales, el Gobierno canadiense se ha centrado menos en apoyar la investigación básica y

Yukon (Foto: B. Spragg).

los subsidios a la producción y más en promover la comercialización y la innovación de los productos finales (CFA, 2016). Las asociaciones públicas y privadas también aprovechan los fondos y los recursos y fomentan la colaboración entre el Gobierno, las universidades y la industria (CFA, 2016).

3. Características de los recursos y ecosistemas

Recursos hídricos y desafíos de Canadá

Se necesitan suministros de agua seguros y confiables para el riego, los abrevaderos y las operaciones de limpieza y procesamiento, así como para el uso doméstico y potable de agua en las explotaciones agrícolas. A pesar de que Canadá es actualmente un país con grandes cantidades de recursos hídricos, existen muchos desafíos. Los estanques y refugios, por ejemplo, son embalses comunes en todo Canadá y representan una importante fuente de agua para los pobladores rurales y se utilizan para surtir de agua a los hogares y los abrevaderos, en la pulverización de los cultivos y en la agricultura en general (AAC, 2017a). Sin embargo, como resultado de la descomposición, los niveles de oxígeno son bajos en muchos de estos cuerpos, por lo que la descomposición anaeróbica puede ocasionar cambios en el color, olor y sabor del agua (AAC, 2017a). Más aún, parte del agua recolectada proviene de escurrimientos superficiales que pueden contener materiales no deseados, entre ellos, agentes patógenos, nutrientes vegetales, plaguicidas, materiales vegetales descompuestos, sedimentos suspendidos y contaminantes como combustibles y solventes (AAC, 2017a).

La erosión hídrica es otro desafío que puede ocasionar la acumulación de sedimentos, lo que a su vez puede causar enturbiamiento del agua en arroyos y lagos, y reducir los volúmenes de los lagos y embalses (AAC, 2017a). Otro desafío impor-

tante es la contaminación del agua local y regional debido al transporte de fósforo y otros nutrientes de las tierras de cultivo (Natural Resources Canada, 2017). Por ejemplo, 70% del fósforo arrastrado a los Grandes Lagos se ha atribuido a fuentes agrícolas (Bickis, 2016). La rápida expansión de los proyectos de arenas petrolíferas de Canadá también está causando tensiones en las fuentes de agua dulce y puede ocasionar muchos problemas ecológicos y ambientales.

Recursos hídricos y desafíos de Canadá

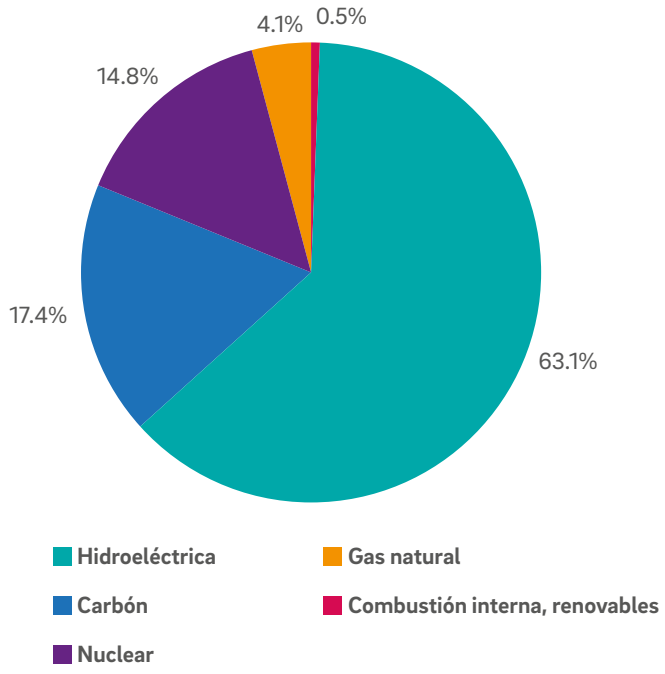
Las tierras canadienses cuentan con muchos tipos diferentes de suelos aptos para la agricultura. Por otro lado, la degradación de los suelos continúa presentando un desafío debido a las altas tasas de erosión del suelo y otras formas de degradación del mismo, como salinización, acidificación, compactación y agotamiento de la materia orgánica (AAC, 2017a). La capa superficial del suelo es la más susceptible a la erosión y su desaparición puede ocasionar pérdidas de su productividad y afectar los rendimientos de los cultivos (Natural Resources Canada, 2017).

Algunos estudios realizados con anterioridad han encontrado que la desaparición de la capa superficial del suelo redujo los rendimientos de los cultivos no fertilizados en 50% en cuatro de seis suelos en Alberta (AAC, 2017a). La desaparición de suelos y sustancias químicas asociadas a las tierras de cultivo también puede afectar el suministro de agua y provocar un aumento de la eutrofización, deterioro de los hábitats de los peces, reducción de la capacidad de retención de agua y disminución de los rendimientos de los cultivos (Bickis, 2016). También da origen a cultivos irregulares difíciles de manejar y de menor rendimiento en general (AAC, 2017a). Muchos de estos problemas del suelo se han relacionado también con las prácticas asociadas con la agricultura convencional, como la labranza excesiva, el monocultivo bajo tendal y el decreciente número de granjas agropecuarias (cuya consecuencia es una menor rotación forrajera) (Bickis, 2016).

Desafíos energéticos

Canadá cuenta con enormes y variadas fuentes de energía (**Cuadro 1**), incluyendo la hidroeléctrica, eólica, solar, oceánica (oleaje y mareomotriz), biomasa, uranio, petróleo, gas natural, carbón, arenas bituminosas y metano de mantos carboníferos (Environment Canada, 1995). Canadá genera una inmensa cantidad de energía hidroeléctrica y uranio –que representa 21% de la producción mundial–, ocupa el segundo lugar en exportaciones de gas natural y es el séptimo mayor productor de petróleo del mundo (Environment Canada, 1995; Natural Resources Canada, 2016). Canadá también tiene algunas de las mayores y más seguras centrales nucleares del mundo, así como varias importantes instalaciones de investigación nuclear que contribuyen a la investigación y desarrollo de otros sectores como el aeroespacial, automotriz, manufacturero e ingeniería (Environment Canada, 1995). A pesar de estas grandes fuentes de energía, el consumo de energía continúa representando un problema. Por ejemplo, los canadienses gastaron casi C$ 135,000 millones de dólares en 2004 en energía para calentar y refrescar sus hogares y operar sus electrodomésticos, automóviles y procesos industriales (Canadian Biodiversity, 2016).

Cuadro 1. Los recursos energéticos de Canadá (Natural Resources Canada, 2016)



Canadá incrementa de forma importante el consumo mundial de energía, que continúa siendo problemático y, además, se prevé que aumentará en 49% durante el próximo cuarto de siglo, de 522 julios (EJ) en 2007 a 779 julios (EJ) en 2035 (Environment Canada, 1995).

En Canadá, el sector agroalimentario representa aproximadamente 11% del consumo total de energía (Environment Canada, 1995). La mecanización de la agricultura en las granjas, la producción comercial de fertilizantes y plaguicidas sintéticos, y el transporte y manipulación de productos agrícolas para el comercio dan lugar a altos niveles de uso de energía (Environment Canada, 1995).

El uso de combustibles fósiles como fuente de energía para aumentar la productividad agrícola también plantea desafíos importantes que se suman a varios problemas ambientales (Environment Canada, 1995). Por consiguiente, aunque cada vez es más difícil encontrar y aprovechar las fuentes de energía no renovables, las nuevas fuentes de energía sostenible para el futuro deben ser prioridad fundamental para el país (Canadian Biodiversity, 2016).

La investigación continua sobre formas alternativas de combustible como el etanol, el biodiésel, los gases naturales y la electricidad para el transporte puede ser de gran utilidad para enfrentar los desafíos energéticos canadienses (Canadian Biodiversity, 2016).

Conflictos y retos de la biodiversidad

La huella humana continúa aumentando a nivel mundial como resultado de la creciente población, urbanización y desarrollo, así como de los hábitos de consumo. Canadá es el hogar de más de 70 mil especies conocidas y muchas otras que aún no se han descubierto (Canadian Biodiversity, 2016). La degradación de los ecosistemas y hábitats debida a la contaminación, el cambio climático, las enfermedades de la vida silvestre y la introducción de especies exóticas, ha puesto en peligro a muchas especies y ha afectado la biodiversidad de Canadá (Canadian Biodiversity, 2016). La agricultura es un sector que requiere un espacio importante, lo que reduce los espacios para la vida silvestre. Por ejemplo, el sector agrícola ha sido causante de la disminución de llanuras no alteradas (13% de las praderas de pastos cortos, 19% de las praderas de pastos mezclados y casi no queda ninguna de las comunidades de praderas de hierba alta) (Natural Resources Canada, 2017). Esta reducción de tierras disponibles pone en riesgo a muchas especies de las llanuras y puede terminar provocando el agotamiento de la diversidad genética.

La agricultura es muy importante para la economía del país, genera muchos empleos e incluso juega un importante papel en la protección de los hábitats al impedir su urbanización y conservando las especies vegetales. Aunque son muchas las ventajas en este frente, la recolección excesiva y la sobreexplotación del sector agrícola han incidido más en la biodiversidad (Canadian Biodiversity, 2016). Los seres humanos han estado explotando especies con el fin de maximizar los beneficios a corto plazo, afectando la sostenibilidad de muchas especies y dando lugar al agotamiento de los recursos.

Otros impactos y métodos de gestión, como las alteraciones de los hábitats, la erosión del suelo, la introducción de plagas exóticas y la contaminación por plaguicidas y fertilizantes también han impactado el ecosistema en gran medida (Canadian Biodiversity, 2016). Asimismo, la conservación genética microbiana y los hongos micorrízicos han contado con mayor aceptación en Canadá, ya que desempeñan un papel importante en la diversidad de la vida. Por eso es necesario probar las aplicaciones agrícolas de fertilizantes y pesticidas para determinar su efecto sobre la biodiversidad.

Con la pérdida de la biodiversidad en Canadá, los avances en las prácticas de manejo ecológico se han vuelto imprescindibles. La restauración y rehabilitación de las especies y los ecosistemas puede resultar extremadamente costosa y no siempre tiene éxito, pero es fundamental para prevenir la degradación de los ecosistemas. Por ejemplo, Agricultura y Agroalimentación de Canadá ha establecido el Programa Canadiense de Recursos Genéticos Animales en colaboración con Razas Exóticas Canadá, y su objetivo es conservar, preservar y aumentar la utilización de la diversidad genética de las plantas, animales, microbios y virus de plantas económicamente importantes para Canadá (AAC, 2017b).

Canadá también ha participado en extensos trabajos de investigación sobre este tema en todo el país y ha diseñado una serie de estrategias que

incluyen la protección de áreas ecológicamente importantes, la conservación de tierras privadas, la interconexión de las estrategias de conservación y el manejo de los recursos a partir de una planificación y manejo integrados, la reducción de los impactos humanos en los paisajes en operación y la restauración de los ecosistemas dañados.

Tendencias e implicaciones forestales

Gran parte de Canadá está cubierto por bosques, y una buena parte de estas tierras se destina a uso humano, incluyendo la agricultura. La silvicultura tiene un gran impacto en la economía canadiense. En 2013, por ejemplo, las exportaciones forestales aportaron C$ 19,300 mil millones a la balanza comercial neta (Natural Resources Canada, 2017). A pesar de que la silvicultura puede tener muchas ventajas, las prácticas forestales tales como el corte a tala rasa pueden afectar considerablemente al sector forestal, que es responsable de recursos como alimentos, combustible y medicamentos que se usan para cazar, atrapar y recolectar. En 2010, por ejemplo, se estima que 45,900 ha fueron deforestadas en Canadá (Natural Resources Canada, 2017). Las tasas de deforestación de Canadá, sin embargo, han venido disminuyendo y se encuentran entre las más bajas del mundo. En 2010, por ejemplo, la tasa era inferior a 0.02% de los bosques (Natural Resources Canada, 2017). Los bosques sanos, productivos y prósperos de esta región ubican a Canadá como líder mundial en manejo forestal sostenible.

La deforestación ocasionada por los pastizales y la agricultura puede ser provechosa para el sector agrícola, pero también costosa para el medio ambiente ya que arrasa con los hábitats, afecta la calidad del suelo y del agua, influye en el cambio climático y disminuye la diversidad biológica. La deforestación también puede ocasionar que la lluvia y el viento arrastren la capa superficial rica en nutrientes provocando la eutrofización y disminución de la productividad. Este proceso puede afectar la biodiversidad y reducir el almacenamiento de carbono de los bosques dando lugar a emisiones de dióxido de carbono neto. Los rebrotes y la plantación de árboles también pueden propiciar la uniformidad en densidad y tipos de árboles, que se diferencian del entorno original. De cualquier modo, se ha puesto en práctica una serie de planes y normas para el manejo forestal con objeto de continuar estableciendo áreas protegidas para apoyar la conservación de la biodiversidad forestal. El Gobierno protege los bosques a través de enérgicas leyes cuyo cumplimiento vigila, además de publicar informes con regularidad sobre la deforestación dirigidos a apoyar en el manejo de la salud de los bosques canadienses.

Cambio climático

El cambio climático y sus impactos son tema de preocupación para Canadá, ya que su tasa de calentamiento es de aproximadamente el doble de la tasa mundial. Los modelos de simulación de calentamiento global por computadora han pronosticado diferentes efectos para diferentes zonas de vegetación en Canadá, desde la contracción de la zona de la tundra con el consecuente aumento de las temperaturas hasta la expansión de la zona de bosques de madera dura en el sur. El cambio climático también puede afectar los bosques de Canadá y las temperaturas del agua y alterar los ecosistemas. La alteración de la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes también afectan la biodiversidad (Steppler & Switzer, 2014). Otros cambios ecológicos, como la reducción de la duración de la cubierta de nieve, el deshielo anticipado en la primavera y el derretimiento de los glaciares y capas de hielo, dan lugar a fenómenos meteorológicos extremos como lluvias torrenciales y sequías prolongadas. Hay muchos efectos de las sequías e inundaciones, como la reducción del rendimiento de los cultivos y la productividad de los pastizales, un mayor crecimiento de hierbajos no deseados, mayor prevalencia de plagas y agentes patógenos, así como una mayor demanda de energía (asociados a la fabricación, transporte y aplicación de plaguicidas, por ejemplo) (Steppler & Switzer, 2014).

A pesar de que a muchos les preocupan los impactos negativos del cambio climático en la agricultura canadiense, es posible que este sector se beneficie de las mayores temperaturas que acompañan al cambio climático. Por ejemplo, las tierras que actualmente no son aptas para el cultivo pueden volverse adecuadas para éste ya que la temporada de crecimiento se prolonga. Aparte de eso, la temporada de crecimiento de los cultivos y otros productos hortícolas podría extenderse

Alberta rural (Foto: B. Spragg).

dando lugar a un aumento de la producción (Steppler & Switzer, 2014). Los beneficios para la producción pecuaria también pueden observarse por los menores requerimientos de pienso, el aumento de las tasas de supervivencia de los animales jóvenes y los menores costos de energía. Con todo, las temperaturas más altas también pueden resultar en estrés por calor para los cultivos (por ejemplo, canola). En general, los beneficios en términos de una temporada de crecimiento más prolongada y el aumento de la temperatura pueden verse anulados si el cambio climático también da lugar a nuevos patrones hidrológicos y de plagas. Todavía hay mucha incertidumbre sobre la forma en la que el cambio climático afectaría al sector agrícola canadiense.

En términos de emisiones, Canadá aporta alrededor de 2% de la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI), lo que ubica al país entre los emisores per cápita más altos (AAC, 2017a). Muchos sectores contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero en Canadá, y los sectores energéticos (que utilizan combustión estacionaria, transporte y fuentes de emisiones fugitivas) produjeron la mayoría de las emisiones totales de GEI en 2013, con 81% (AAC, 2017a). Otros sectores también contribuyeron, como la agricultura, los procesos industriales y el uso de productos, además de algunas pequeñas contribuciones del sector de los desechos. A pesar de que la agricultura se verá muy afectada por el cambio climático, hay una retroacción en la que el estado de la atmósfera y el clima podrían verse afectados por las prácticas agrícolas, ya que el sector agrícola produce altas emisiones de efecto invernadero. Aun así, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector agrícola han disminuido desde 2008, representando aproximadamente 10% de las emisiones totales en 2011 (AAC, 2017a). De cualquier modo, se necesita poner en práctica nuevas técni-

cas de gestión que resulten en un mayor secuestro de carbono de las tierras agrícolas. La implementación de soluciones y acciones para reducir los gases de efecto invernadero es de suma importancia y podrá aminorar los impactos en el país.

Desarrollo de resiliencia

La agricultura ecológica en Canadá es muy importante, ya que produce alimentos respetando la naturaleza y la biodiversidad. La asociación y alianza entre los científicos y los agricultores da cabida a la observación de los paisajes, los patrones climáticos y los recursos naturales con objeto de ampliar la diversidad de los recursos fitogenéticos. Los agricultores están desarrollando sistemas de producción altamente resistentes a la variabilidad y los climas cambiantes. El proyecto Semillas de Supervivencia de USC Canadá lanzado en 2013, por ejemplo, es una iniciativa para conservar la seguridad de las semillas canadienses, y colabora con los agricultores y los investigadores para crear un suministro de semillas más seguro y diverso en Canadá (USC Canadá, 2016). Con capacitación, selección de plantas y métodos de conservación adecuados, la seguridad y diversidad de las semillas se podrá proteger, asegurando de esta forma la supervivencia de las plantas y la biodiversidad del planeta.

Las nuevas técnicas y prácticas de gestión son fundamentales para conservar la biodiversidad y lograr un medio ambiente sostenible y capaz de adaptación. La integridad agroecológica prevé que los ecosistemas cuenten con una alta diversidad funcional y sean biológicamente resistentes y capaces de adaptación en caso de alteraciones. Los agricultores desempeñan un importante papel en la capacidad de adaptación ya que experimentan con nuevos enfoques y técnicas dirigidas a diversificar los sistemas de cultivo. La implementación de la selección de variedades y la rotación de los cultivares, por ejemplo, es un sencillo método que permite aumentar el rendimiento general, producir niveles más bajos de emisiones de GEI y aumentar la diversidad genética de los sistemas de cultivo en las llanuras canadienses. El uso de cultivos de cobertura autorregenerables, cultivos para la eliminación de hierbajos, intercalado de granos, adición de plantas leñosas, uso de estiércol verde y disminución de la labranza también podrán aumentar la capacidad de adaptación y la biodiversidad. Por ejemplo, es importante instituir prácticas agrícolas que presenten mayor resiliencia al cambio climático y que den cabida a cultivos resistentes a sequías e inundaciones, además de ser más resistentes a heladas y cambios extremos de temperaturas. También debe reducirse la dependencia de los recursos no renovables con el fin de aumentar la resiliencia. Mediante el uso de nuevos enfoques y la investigación continua en este campo, Canadá podrá aumentar su capacidad de reacción y velar por la seguridad alimentaria.

Perspectivas de futuro

Aunque los recursos naturales son vastos en Canadá, todavía hay muchos desafíos a superar. Se debe hacer hincapié en la conservación de los recursos, como el agua y el suelo, y en el desarrollo de nuevas fuentes de energía. Con las nuevas y novedosas tecnologías actualmente disponibles y las colaboraciones entre los diferentes departamentos gubernamentales, Canadá tiene el potencial de usar la energía de manera más eficaz y eficiente. La conservación de energía puede garantizar la seguridad energética de Canadá y reducir los impactos negativos en el medio ambiente. Todavía hay mucha incertidumbre sobre el impacto del cambio climático en la agricultura. Debe atenderse esta incertidumbre y realizar más trabajo de investigación.

4. Tecnología e innovación

Papel de la Biotecnología

La biotecnología agrícola es una colección de herramientas y métodos científicos, entre ellos las técnicas de cría tradicionales, pero también incluye la edición de genes y la modificación genética que se utilizan para alterar y mejorar la genómica de plantas, animales y microorganismos agrícolas. Por consiguiente, la biotecnología agrícola en general se refiere a una serie de métodos que hacen posible las mejoras genéticas que no son posibles únicamente mediante técnicas tradicionales como la reproducción, y ofrece una oportunidad para hacer la producción más manejable y menos costosa. Los productos agrícolas están regulados por

diferentes agencias canadienses. Los principales organismos reguladores son la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos, Health Canada y Environment Canada (CFIA, 2016). Los insumos de la biotecnología se utilizan en el sector agroalimentario de diversas formas para producir insumos agrícolas y productos alimenticios de mejor calidad. Las amplias áreas de aplicaciones biotecnológicas relacionadas con el sector alimentario y nutricional incluyen lo siguiente (CFIA, 2016):

1. Medicamentos veterinarios y productos biológicos
2. Biopesticidas para el control de insectos, enfermedades y plagas
3. Nuevos biofertilizantes o suplementos de fertilizantes para potenciar el crecimiento de las plantas
4. Alimentos para ganado y aditivos para piensos
5. Alimentos novedosos
6. Nuevas variedades de semillas

En los últimos diez años, la biotecnología ha cambiado considerablemente al sector agrícola y alimentario canadiense ofreciendo nuevas formas de mejoramiento de la agricultura y los productos alimenticios canadienses para obtener una mayor productividad y presentar una mayor resistencia a las plagas, insectos y condiciones ambientales adversas e implementando prácticas de manejo sostenibles (véase **Tabla 3** para lista de cultivos modificados genéticamente) (AAC, 2017d; Sparling, 2010). Las modernas y avanzadas prácticas han generado mayores ganancias, reducido los costos de producción y, en algunos casos, incrementado el secuestro de carbono y la posibilidad de obtener bonos de carbono comercializables (CFIA, 2016). Las tecnologías genómicas aplicadas al sector ganadero han dado lugar a prácticas de gestión que reducen los insumos, incluidos los antibióticos, al mismo tiempo que mantienen la salud del ganado y el bienestar de los animales junto con la productividad.

Además de los cultivos modificados genéticamente, Canadá utiliza otros métodos. Por ejemplo, los investigadores del Centro de Investigación y Desarrollo de Kentville han desarrollado una tecnología llamada HarvestWatch™ que monitorea la fluorescencia de la clorofila en las frutas almacenadas con objeto de calibrar la temperatura y otros factores ambientales, como los niveles de oxígeno y dióxido de carbono para garantizar una mayor vida útil y frescura de los productos (DeLong *et al*., 2007). Se han realizado varias mejoras en las variedades de mostaza en Canadá, como en las mostazas amarilla y marrón que se mejoraron mediante la reducción del contenido de aceite y el aumento de proteína (AAC, 2017d). Los enfoques tecnológicos modernos se han utilizado para mejorar AC Gehl –una variedad premium de avena que se cultiva ampliamente en Canadá– con objeto de duplicar su contenido de proteína, así como su alto contenido de antioxidantes, al mismo tiempo manteniendo su bajo índice glucémico, lo que hará que su consumo sea ideal para personas con diabetes (CFIA, 2016).

Se han iniciado otros enfoques novedosos en los sectores agropecuario, lácteo y pesquero. Se muestran algunos ejemplos en la **Tabla 3**. Además, las nuevas iniciativas de investigación incluyen formulaciones basadas en aceites esenciales para ayudar a controlar bacterias intestinales perjudiciales, como la Salmonela y *Clostridium perfringens* en aves de corral, novedosas técnicas de separación de leche para producir productos lácteos más nutricionales, investigación e innovación en genética, nutrición, reproducción y manejo de ganado en el sector de la carne de vacuno con el fin de producir 15% menos emisiones de gases de efecto invernadero en relación con las que se producían hace treinta años (AAC, 2017d).

La solidez de los compromisos de investigación y los logros de Canadá son evidentes por las diversas tecnologías y derechos de propiedad intelectual que ha compartido a través de Agricultura y Agroalimentación de Canadá para su comercialización (AAC, 2017a). Algunos de estos se mencionan a continuación:

1. Alteración de los perfiles de carotenoides en las plantas: Método de aumento de los niveles de carotenoides en semillas de plantas al alterar la expresión de la enzima licopeno épsilon-ciclasa.
2. Extracto vegetal contra la leucemia: Extracto que se produce a partir de legumbres para combatir la leucemia antimonocítica.
3. Alteración de contenido de aceite de las semillas y calidad del aceite: Nuevo clon con la enzima diacilglicerol O-aciltransferasa (DGAT)

Tabla 3. Cultivos y productos cárnicos modificados genéticamente que han sido aprobados y utilizados en Canadá los últimos 10 años (CFIA, 2016, Health Canada, 2015)

Producto agroalimentario genéticamente modificado	Tipo de modificación genética	Desarrollador	Año de aprobación de la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos
Maíz	Resistencia a los insectos y tolerancia a los herbicidas	Syngenta Canada, Inc.	Solicitud de aprobación en 2016
Alfalfa	Lignina reducida	Monsanto Canada, Inc. y Forage Genetics International LLC	2013
Manzana	Modificadas para no oxidarse	Okanagan Specialty Fruits, Inc.	2012
Canola	Tolerancia al glifosato	Monsanto Canada, Inc.	2011
Maíz	Tolerancia al herbicida glifosato	Monsanto Canada, Inc.	2011
Algodón	Tolerancia al dicamba y al glufosinato	Monsanto Canada, Inc.	2012
Maíz	Tolerancia a herbicidas	Monsanto Canada, Inc.	2015
Maíz	Aumento de biomasa de la espiga	Monsanto Canada, Inc.	2014
Maíz	Resistencia a los insectos y tolerancia a los herbicidas	Monsanto Canada, Inc.	2014
Maíz	Resistencia a gusano de la raíz del maíz del norte y oeste	Syngenta Seeds Canada, Inc.	2011
Mostaza (*Brassica juncea*)	Tolerancia a herbicidas utilizando métodos convencionales (mutagénesis y reproducción)	BASF Canadá, Inc.	2007
Papa (patatas Innate™)	Bajo potencial de acrilamida y puntos negros reducidos	J.R. Simplot Company	2015
Colza (*Brassica napus*)	Tolerancia a herbicidas utilizando métodos convencionales (mutagénesis y reproducción)	BASF Canadá, Inc.	2011
Arroz	Tolerante al glufosinato	Bayer CropScience Canada, Co.	
Arroz	Tolerancia al herbicida inhibidor ACCase	BASF Plant Science	2016
Soya	Tolerancia al herbicida dicamba	Monsanto Canada, Inc.	2011
Soya	Resistencia a insectos	Monsanto Canada, Inc.	2014
Soya	Resistencia a insectos	Dow AgroSciences Canada, Inc.	2014
Soya	Resistencia a herbicidas	Syngenta Canada, Inc. y Bayer CropSciences, Inc.	2014
Soya	Resistencia a herbicidas	Dow AgroSciences Canada, Inc.	2012
Soya	Aumento de rendimiento para fines de plantación comercial, alimento para animales y alimenticio	Monsanto Canada, Inc.	2011
Girasol (*Helianthus annuus*)	Tolerancia a herbicidas utilizando mutagénesis y métodos convencionales de reproducción	BASF Canadá, Inc.	2009
Tomate (Flavr Savr™)	Modificado para disminuir el tiempo de maduración	Calgene, Inc.	2013
Trigo	Reproducido para presentar tolerancia a herbicidas	BASF Canadá, Inc.	2006
Trigo (*Durum*)	Reproducido para presentar tolerancia a herbicidas	BASF Canadá, Inc.	2006
Huevos	Huevos de pollo enriquecidos por medios dietéticos en luteína	Maple Leaf Foods Agresearch, SHUR-GAIN	2007
Huevos	Huevos mejorados con luteína y zeaxantina	L.H. Gray & Son Limited	2007
Huevos	Huevos con cáscara y omega con contenido de luteína	Burnbrae Farms, Ltd.	2008
Salmón (Salmón AquAdvantage)	Genéticamente modificado para crecer más rápido	Aqua Bounty Canada, Inc.	2016

en la canola para alterar el contenido de aceite de la semilla, así como su calidad.

4. Modulación de la actividad del inhibidor de quinasa dependiente de ciclina: Un método para controlar el crecimiento y la morfología de las plantas.

Perspectivas de nuevos productos agrícolas de alto valor

La adopción de la innovación tecnológica es práctica común en las empresas agrícolas. La agricultura canadiense produce productos básicos para mercados altamente competitivos, incluyendo compuestos de alto valor como proteínas y otros alimentos como champiñones y trufas (Duckett Truffieres, 2013). Health Canada realiza evaluaciones de seguridad en organismos bien caracterizados antes de su liberación al mercado (Health Canada, 2015). El valor del mercado de enzimas en Norteamérica era de aproximadamente C$ 5 mil millones en 2015, con un crecimiento proyectado de 8% anual (véase **Tabla 4** para lista de enzimas disponibles) (Global Market Insights, 2016).

5. Aumento de la eficacia de los sistemas alimentarios

Perspectivas de aumentos en la producción agrícola como resultado de la tecnología Estatus de Canadá en la agricultura mundial

Canadá ha desempeñado un importante papel en el comercio internacional de productos agrícolas y agroalimentarios los últimos diez años. Durante 1994-2004 y 2004-2014, las ventas de exportación de productos agrícolas y agroalimentarios canadienses experimentaron un crecimiento de 76% y 96%, respectivamente. Del mismo modo, las ventas de importación de productos agrícolas y agroalimentarios experimentaron un crecimiento de 66% y 90%, respectivamente (AAC, 2016a; Mathews, 2015). Es interesante señalar que la balanza comercial de los productos agrícolas y agroalimentarios del sector de productos agrícolas primarios (es decir, las exportaciones directas del sector agrícola) aumentó de menos de C$ 4,000 millones de dólares en 2004 a más de C$ 16,000 millones en 2014, en tanto que la balanza comercial del sector de productos agroalimentarios transformados disminuyó de forma continuada de C$ 2.5G en 2004 a -C$ 4G en 2014 (AAC, 2016a). Las tecnologías que aumentan la producción agrícola podrían aprovechar el crecimiento de este sector. Teniendo en cuenta la creciente demanda mundial de PAAs (más que nada debido al crecimiento de la población) y las capacidades naturales de Canadá (resultado del clima y las fuentes de agua), el país puede convertirse en un productor y exportador líder de este sector. Es necesario prestar atención a la diversificación de la cartera de PAAs (por ejemplo, variedades de cultivos de valor agregado para las demandas nacionales y también para los mercados extranjeros a mediano y largo plazos). Sin embargo, la tendencia a la baja de la balanza comercial del sector de productos agroalimentarios transformados es motivo de preocupación y pone de manifiesto la necesidad de Canadá de invertir en este sector, ya que la adición de valor y el número de empleos que se genera para la transformación de productos es generalmente más alta que para los productos puros. Es necesario considerar la adquisición de tecnologías a corto y mediano plazos para la producción eficaz de productos transformados a precios competitivos.

Uso de tierras agrícolas

Como se señaló anteriormente, el total de tierras utilizadas para la agricultura en Canadá disminuyó de 67.5 millones de hectáreas en 2004 a 64.8 millones de hectáreas en 2014, lo que representa 7% de la superficie total del país. A pesar de esta ligera disminución en el uso de la tierra, se observó un incremento de 80% en el índice de volumen de los PAAs durante 1997-2014, debido en gran parte a la implementación de nuevas tecnologías y métodos. Estas nuevas tecnologías han mejorado la eficiencia de la producción y compensado la necesidad de más tierras, pero también reducirán la necesidad de mano de obra.

La infraestructura más importante actualmente para aumentar la producción de PAAs es la disponibilidad de tierras adecuadas. Las tierras de Canadá se dividen en siete clases, siendo la Clase 1 la mejor tierra sin limitaciones para la producción de cultivos, mientras que la Clase 7 no tiene capacidad para pastizales permanentes o cultivos herbáceos. La mayoría de las tierras de Clases 1 y

Tabla 4. Lista de enzimas alimentarias permitidas publicada por Health Canada

Aditivo	Fuente permitida	Permitido en	Nivel máximo de uso y otras condiciones
Amilasa	*Aspergillus niger var.; Aspergillus oryzae var.; Bacillus amyloliquefaciens var.; Bacillus subtilis var.; Rhizopus oryzae var.*	Cerveza Ale, cerveza baja en calorías, licor de malta, Porter, cerveza negra, pan, harina, harina integral, sidra, vino, jarabes de chocolate, bebidas a base de plantas, productos de cereales para lactantes	Buenas prácticas de manufactura
Celulasa	*Aspergillus niger var.; Rasamsonia emersonii; Trichoderma longibrachiatum*	Pulpa para destiladores, concentrado líquido de café, extractos de sabor y color naturales, extractos de especias, jugos de frutas de concentración natural, hojas de té para producción de sólidos de té, pan, harina, harina integral y jugos de frutas	Buenas prácticas de manufactura
Proteasa	*Geobacillus stearothermophilus* TP7, *Bacillus licheniformis; Bacillus subtilis Aspergillus oryzae var.*	Proteínas animales, lácteas y vegetales hidrolizadas, preparados aromatizantes a base de productos lácteos, proteínas animales, lácteas y vegetales hidrolizadas, queso pulverizado industrial en polvo, preparados de ablandamiento de carne, bebidas a base de plantas	Buenas prácticas de manufactura
Papaína	Fruto de la papaya *Carica papaya* L. (Fam. Caricaceae)	Ale, cerveza baja en calorías, licor de malta, Porter, cerveza negra, salmuera para el curado de cortes de carne	Buenas prácticas de manufactura
Tripsina	Páncreas del jabalí (*Sus scrofa*)	Proteínas hidrolizadas de animales, leche y vegetales	Buenas prácticas de manufactura
Lipasa	Tejido pancreático animal; *Aspergillus niger var.; Aspergillus oryzae var.*; Tejido comestible de ternera, corderos; *Rhizopus oryzae var.*	Preparaciones aromatizantes a base de productos lácteos, queso Cheddar, (nombre de la variedad) queso, queso Cheddar procesado, proteína hidrolizada de animal, leche y vegetal	Buenas prácticas de manufactura
Maíz	Tolerancia a herbicidas	Monsanto Canada, Inc.	2015
Maíz	Aumento de biomasa de la espiga	Monsanto Canada, Inc.	2014
Lipoxidasa	Suero de leche de soya o harina	Pan, harina, harina integral	Buenas prácticas de manufactura

2 ya se utilizan para la agricultura. Todavía hay tierras de Clase 3 que están cubiertas por bosques o arbustos, y cuyo uso para la agricultura debe estudiarse a fondo para analizar los impactos ambientales. Gran parte de las tierras de la Clase 4 a la 6 se encuentran alejadas de la infraestructura agrícola existente como el transporte y las plantas de procesamiento (AAC, 2016a; CFA, 2016). Dicho esto, a medida que maduran nuevas tecnologías como la agricultura vertical y otras relacionadas con la producción de alimentos en interiores, la relativa importancia de la tierra como principal motor de la producción agrícola se verá disminuida. Algunas de estas tecnologías requieren cierto tipo de infraestructura (véase lista a continuación).

Pérdidas posteriores a la recolección

El tratamiento posterior a la cosecha es importante, ya que el deterioro del producto comienza después de haberse cosechado, así que la forma como se manipula determinará si el producto puede venderse fresco o procesado (Fan *et al*., 2014). El almacenamiento en un lugar apropiado y limpio en el cual se ha llevado a cabo un proceso de clasificación y envasado constituye una etapa importante de los procesos de tratamiento postcosecha en Canadá debido a las grandes distancias entre los puntos de producción y consumo. Aparte de la distancia, otra preocupación tiene que ver con las temperaturas bajo cero y la elevada humedad. Muchos alimentos se pueden congelar, pero otros

–como las frutas– deben mantenerse en un ambiente frío, mas no helado.

En 2014, los canadienses desperdiciaron alrededor de C$ 31G de alimentos: más de 30% de las frutas y verduras fueron rechazadas por las tiendas debido a su mala apariencia, y otro 47% se desechó después de haber sido comprado por los consumidores. Este desperdicio de alimentos representa un conflicto ya que muchos canadienses utilizan bancos de alimentos para obtener una nutrición adecuada (Second Harvest, 2016). Además de educar al público en cuanto a este desperdicio de alimentos, también es necesario implementar medidas científicas y tecnológicas. En el caso de los productos frescos, el uso de técnicas para preservar la apariencia del producto y aumentar su vida útil parece ser la mejor solución a corto plazo. Asimismo, puede utilizarse la manipulación genómica para prevenir defectos de forma y vulnerabilidad a hongos, bacterias, raspaduras y magulladuras. En el caso de los alimentos frescos que rechazan los supermercados, es necesario diseñar estrategias para su rápida distribución entre las personas necesitadas o reubicarlos para su transformación.

En vista de los costos ambientales de los combustibles fósiles, es urgente desarrollar fuentes de energía más limpias y renovables a partir del viento, la energía solar y los biocombustibles. No obstante, el uso de estas fuentes alternativas también presenta consecuencias potencialmente negativas. Los cultivos de biocombustibles como el trigo, el maíz y la soya también son fuentes clave de alimento para millones de personas, y su utilización para producir bioenergía reduciría su disponibilidad como alimento (Helston, 2012). Más aún, las tierras utilizadas para este fin pueden desplazar a otros cultivos relacionados con la alimentación (Helston, 2012). Una planta capaz de producir 100,000 m³ de etanol de trigo al año necesita aproximadamente 300 mil toneladas de grano anualmente, para lo que se necesitan 101,000 ha

Ganado en Blackfoot, Alberta (Foto: Wapiti8).

Infraestructura necesaria para el desarrollo de tecnologías agrícolas

- **Transporte:** Los operadores de las granjas deben tener acceso a diferentes medios de transporte, incluyendo ferrocarriles, carreteras, puertos en vías navegables y aeropuertos, a precios competitivos.
- **Telecomunicaciones:** Los operadores de las granjas deben contar con teléfono fijo y celular así como fax e Internet para mantenerse en comunicación con los diferentes sectores.
- **Redes meteorológicas:** Las estaciones de redes meteorológicas en áreas remotas son necesarias para las actividades agrícolas.
- **Energía:** Las nuevas zonas agrícolas deben contar con acceso a la mayoría de las formas de energía, como la electricidad, el gas natural, etc.
- **Educación y capacitación:** El sistema educativo debe estar comprometido con el desarrollo de programas orientados a atender las necesidades de la agricultura en cuanto a habilidades instrumentales y de gestión.
- **Maquinaria:** Los nuevos operadores agrícolas deben recibir apoyo para adquirir la maquinaria que necesitan a través de programas de arrendamiento, alquiler o compra.
- **Desarrollo tecnológico:** Debido al incuestionable papel de la tecnología en la mejora de la eficiencia, la solución de problemas y aumento de la rentabilidad, los operadores agrícolas deben aprovechar los nuevos avances de las tecnologías agrícolas.
- **Seguros:** La industria agrícola está sujeta a riesgos intrínsecos específicos y es por esto que las compañías de seguros deben aceptar los programas de gestión de riesgos desarrollados por el sector agrícola.

de tierra (ECCC, 2017b). En Canadá, el maíz y el trigo son los principales cultivos que se utilizan para la producción de bioetanol. En 2006, 7% del maíz y 1% del trigo producido se utilizaron para la producción de etanol en Canadá (Helston, 2012). En 2014, alrededor de 6% de la producción agrícola primaria total se utilizaba para fines no alimentarios (AAC, 2016a). Para contrarrestar este conflicto, es necesario desarrollar aún más las materias primas no alimentarias como las algas y los cultivos celulósicos como el pasto varilla para utilizarse para la siguiente generación de combustibles. En la actualidad, se están llevando a cabo muchos proyectos de investigación para la producción de biohidrógeno, biometanol, biodiésel a partir de biomasa, pero aún no se alcanzan los niveles de los biocombustibles de primera generación en términos de costos de producción (Helston & Wilt, 2015).

En la mayoría de los países, los sistemas agroalimentarios tienen cadenas de suministro integradas y competitivas que son lo suficientemente flexibles para adaptarse a las distintas demandas de los consumidores y los avances de las tecnologías relacionadas. Estas cadenas de suministro incluyen proveedores de insumos y servicios a explotaciones agrícolas, productores primarios, servicios de almacenamiento y transporte, plantas de procesamiento de alimentos y bebidas, mayoristas y minoristas de alimentos y proveedores de servicios alimentarios. En Canadá, uno de cada ocho empleos proviene de esta cadena de suministro y representa 6.6% del Producto Interno Bruto (PIB) (CFIA, 2016).

El Sindicato Nacional de Agricultores de Canadá ha manifestado su preocupación sobre las consecuencias que se pueden esperar como resultado de las acciones de poderosos grupos de presión del sector de manufactura de alimentos que mantienen los precios de sus productos en niveles bajos mientras que los precios de los insumos a nivel de granja aumentan constantemente. También les preocupa la disminución del número de explotaciones agrícolas y el aumento de la edad promedio de los agricultores (véase la sección 1), que hacen evidente el alarmante fracaso de la transferencia intergeneracional (Schutter, 2012).

6. Consideraciones de salud

Existen diversas consideraciones de salud de importancia relacionadas con la agricultura y la seguridad alimentaria en Canadá. En primer lugar está el problema causado por las enfermedades transmitidas por alimentos. Cada año, más de 4 millones de canadienses sufren de intoxicación

Cabra en Sherbrooke Quebec (Foto: A. Chivinski).

por alimentos teniendo como resultado 11,600 hospitalizaciones y 238 muertes. Del total anual, 2.4 millones se deben a causas desconocidas y 1.6 se asocian con bacterias, virus y parásitos de los que se tiene conocimiento. De los casos en los que se ha identificado el agente causal de la intoxicación alimentaria, 1 millón se debió a norovirus, ocasionando que un poco menos de 1,200 personas fueran hospitalizadas y otras 21 murieran.

Los agentes bacterianos más frecuentes son *Eschericia coli, Campylobacteria jejuni, Clostridium botulinum, Listeria* spp, *Salmonella* spp*, Shigella* spp *y Vibrio* spp. Con todo, los efectos en la salud por intoxicación alimentaria varían dependiendo del agente causal. Anualmente, surgen alrededor de 88 mil casos de Salmonela (25% de todos los casos de intoxicación alimentaria en Canadá), pero sólo 925 terminan en hospitalización y 17 en muerte. En cambio, de los 178 casos de intoxicación alimentaria asociada con *Listera*, 150 personas fueron hospitalizadas y 35 murieron.

Las causas de infección son parecidas en todos los casos: (i) consumo de alimentos y agua contaminados casi siempre derivados de una mala higiene en las plantas de transformación o en la industria de servicios, o ii) contacto directo con seres humanos o animales infectados. Como lo demuestra el pequeño número de casos de personas que terminan en el hospital o mueren, en la gran mayoría de los casos en Canadá los individuos infectados manifiestan síntomas de gripe que, aunque desagradables, son generalmente de corta duración.

Existen unos cuantos parásitos asociados directamente con la producción de alimentos en Canadá. Por tanto, la mayoría de los casos que se reportaron fueron contagios durante viajes al extranjero y, en raras ocasiones, relacionados con el consumo de alimentos importados contaminados.

El segundo gran problema de salud pública asociado a los alimentos son las enfermedades crónicas relacionadas con los regímenes alimentarios.

Desde la década de 1980, la proporción de canadienses con sobrepeso u obesidad se ha duplicado: actualmente 36% de los adultos y 20% de los niños tienen sobrepeso, con 25.4% adicional de adultos y 13% de niños clasificados como obesos (informe del Senado 2016). Además de las diferencias entre los grupos étnicos, existen diferencias regionales en cuanto a la proporción de la población que se clasifica como obesa, con la Columbia Británica manejando una proporción significativamente menor que la media nacional, mientras que esta proporción es más alta en Newfoundland, Nueva Escocia, Nuevo Brunswick, Manitoba, Saskatchewan y los territorios del noroeste.

El aumento de la obesidad se ha asociado con aumentos significativos en la incidencia de diabetes, accidentes cerebrovasculares, enfermedades del corazón y ciertos tipos de cáncer. Por ejemplo, entre 2008 y 2015 la proporción de la población canadiense que fue diagnosticada con diabetes aumentó de 6.8 a 9.3% y, en 2008, 19.1% de individuos de edades entre 45 y 65 años que no tenían diabetes eran obesos, en comparación con 47.5% de diabéticos del mismo grupo de edad. Mozaffarian *et al*. (2015) examinaron los factores que influyen en las enfermedades cardíacas y los accidentes cerebrovasculares en EUA y encontraron que la mala alimentación era un factor importante por lo que es razonable suponer que lo mismo ocurre en Canadá. De esta manera, el aumento de la obesidad observada, sin duda, dará lugar a un aumento similar en las enfermedades cardiovasculares y los accidentes cerebrovasculares.

A partir del aumento significativo de la obesidad, así como de los costos directos e indirectos relacionados con el sistema de salud (estimado en C$ 4,300 millones en 2008), un informe del Senado de 2016 publicó una serie de recomendaciones para abordar este asunto, incluyendo, entre ellas, las siguientes: (i) cambios fiscales que garanticen que las personas de menor estatus socioeconómico puedan permitirse un estilo de vida saludable, (ii) gravar las bebidas azucaradas, (iii) reducir la ingesta de grasas trans, (iv) publicar la lista actualizada de alimentos nacionales basándose en las últimas pruebas científicas que incluyen los beneficios de los alimentos frescos en comparación con los procesados y destacando que, en general, los alimentos más sanos no requieren etiquetado; v) prohibir la publicidad de alimentos dirigida a niños; vi) acciones de los diferentes niveles del Gobierno dirigidas a promover la actividad física como parte de un estilo de vida sano. En consecuencia, en 2016 el Gobierno federal anunció que revisaría la "Guía Alimentaria de Canadá" y se han programado encuestas públicas para el año 2017. Como se señaló con anterioridad, se acentúa la importancia de la frase "con base en la evidencia" en el desarrollo de esta guía nacional de alimentos. Este proceso deberá incluir un examen imparcial sobre la validez de los estudios financiados por diversas juntas de comercialización en cuanto a los beneficios positivos/negativos en la salud de ciertos productos alimenticios. Por ejemplo, Kearns *et al*. (2016) examinaron el papel de la industria azucarera en la elaboración de publicaciones científicas que difunden la idea de que la principal causa de las enfermedades coronarias es la grasa ingerida en la alimentación y no el azúcar.

7. Consideraciones normativas

Aunque la política agrícola canadiense anterior apoyaba a los agricultores a través de programas de subsidios, para 1996 estos se redujeron de acuerdo con las nuevas normas de la Organización Mundial del Comercio que prohíben los subsidios que otorgan a los productores una ventaja competitiva en los mercados mundiales (Wipf, 2013). Tras diez años de reducción de los subsidios, una deuda en rápido aumento de los agricultores y la consiguiente presión en cuanto al aumento de los subsidios agrícolas, Canadá implementó un marco único de política agrícola nacional denominado Growing Forward (GF), que se tradujo en un aumento significativo de los subsidios agrícolas (Wipf, 2013). Estos programas se diseñaron con el fin de acatar las normas comerciales de la OMC cuyo objetivo es apoyar a los agricultores en períodos de poco margen de utilidad sin otorgarles una ventaja competitiva en los mercados globales. Estos programas se centran en la Gestión de Riesgos Empresariales (GRE) –por ejemplo, las redes de seguridad– como los programas de seguros que cubren la disminución de los márgenes de utilidad o el apoyo en casos de desastres y cuyo objetivo es

ofrecer apoyo en caso de disminución de los ingresos de los agricultores, respetando las normas comerciales. En muchos sentidos, Growing Forward vuelve a instituir la programación de los subsidios agrícolas y la ayuda federal institucionalizada a los agricultores para hacer frente a los desastres (Wipf, 2013). Desde entonces, Growing Forward II (GF2) ha sido el sucesor del marco original en 2013, y actualmente, el Ministerio Federal de Agricultura y Agroalimentación de Canadá (AAC) está analizando un nuevo marco de GF3.

Growing Forward II

GF2, el actual marco de política agrícola y agroalimentaria de Canadá, es una inversión de C$ 3,000 millones de dólares de los gobiernos federal, provincial y territorial, que establece las bases para los programas y servicios agrícolas del Gobierno durante el periodo de cinco años de 2013 a 2018. Los programas se centran en la competitividad económica, las oportunidades de mercado, la innovación de productos y tecnologías y la gestión de riesgos. GF2 incluye programas de Gestión de Riesgos Empresariales, aunque con un gasto reducido en comparación con el primer marco normativo de GF, y un cambio de prioridad en cuanto a los subsidios agrícolas de GRE a programas estratégicos a través de Gestión de Riesgos no Empresariales (GRNE) (Wipf, 2013). Los programas de Gestión de Riesgos no Empresariales incorporan dos elementos: uno administrado por los gobiernos provinciales y, el otro, por el Gobierno federal. El elemento provincial, que toma los acuerdos bilaterales como base, incluye un compromiso de financiamiento de costo compartido de C$ 2 mil millones (proporción federal/provincial de 60:40). Hace posible que las provincias adapten los programas a las necesidades locales en tres áreas prioritarias: Innovación, Competitividad y Desarrollo del Mercado, y Adaptabilidad y Capacidad de la Industria (AAC, 2017d). El componente federal de C$1,000 millones incluye tres programas: Agroinnovación, Agricompetitividad y Agricomercialización. Estos dan prioridad al desarrollo tecnológico, la rentabilidad y el desarrollo del mercado, respectivamente, y no hacen mucho por atender las necesidades de los agricultores y consumidores canadienses. En efecto, aun cuando se tiene por sabido el creciente interés de los consumidores en el sistema alimentario por lo que se refiere a salud, medio ambiente y bienestar animal, GF2 no hace mayor esfuerzo por atender estos asuntos y, en cambio, presta especial atención a la percepción pública sobre las prácticas industriales.

Los detractores de los marcos normativos de Growing Forward sostienen que el objetivo de la norma es atender las necesidades de la industria en general y no al sector agrícola en específico. Más aún, creen que GF se centra casi exclusivamente en la agricultura en lugar de en una serie de asuntos relacionados con la seguridad alimentaria, la nutrición, la equidad y el acceso. Por consiguiente, GF y GF2 no realizan grandes esfuerzos para poner fin a lo que algunos perciben como acciones anticompetitivas de los agronegocios, como la consolidación corporativa (Winson, 2013; Wipf, 2013). Al invertir dólares federales en áreas favorecidas por las corporaciones agroindustriales, el Gobierno federal demuestra un mayor compromiso con la agroindustria (NFU, 2013) pero muestra poco interés en otros problemas sociales o ambientales relacionados con la agricultura, como la seguridad alimentaria. De hecho, el Gobierno invirtió (o subsidió) a través de GF2 en desarrollos tecnológicos de agroindustrias, incluyendo biotecnología e insumos químicos, lo cual posiblemente agravó aún más el desfase entre precios y costos, ya que los agricultores tienen que pagar los costos aumentados de estas nuevas tecnologías (Qualman, 2011), ocasionando una disminución en el número de explotaciones agrícolas grandes, pues los agricultores buscan economías de escala (Magnan, 2011). Los programas de subsidios agrícolas que se centran en los planes de asistencia para situaciones de emergencia pueden brindar apoyo a los agricultores uno, o incluso unos cuantos años malos, pero no hacen mucho por mantener las granjas operando durante largos períodos de endeudamientos resultantes del creciente desfase entre precios y costos. Como resultado, Wipf (2013) sostiene que la norma da lugar a una mayor neoliberalización de la agricultura canadiense al enfatizar la competitividad del mercado y ofrece poca seguridad en cuanto a que los ingresos agrícolas se recuperarán o mejorarán en el contexto de las enfermedades, las plagas, el cambio climático y los asuntos comerciales que continúan afectando a los agricultores. Más aún,

la norma no aborda el asunto de la seguridad alimentaria en Canadá, a pesar de los casi 2.5 millones de canadienses en situación de inseguridad alimentaria y la cada vez mayor dependencia en los programas no gubernamentales de acceso a alimentos como los bancos de alimentos (Wiebe y Wipf, 2011). Los pueblos indígenas se ven particularmente afectados por la inseguridad alimentaria, porque se considera que hasta 75% de la población de algunas comunidades indígenas se encuentra en situación de inseguridad alimentaria y ya no tiene acceso a los territorios tradicionales en los que la caza, la recolección, el cultivo, la pesca y el comercio eran sus medios de subsistencia antes de la colonización (Desmarais y Wittman, 2014).

Por último, GF2 no hace grandes esfuerzos por atender las enormes necesidades de los agricultores (limitándose a las redes de seguridad), y mucho menos las de los demás actores del resto del sistema alimentario. En respuesta, un movimiento para adoptar una política alimentaria nacional que responda mejor a las necesidades de los canadienses está ganando terreno en Canadá.

La necesidad de una política alimentaria nacional

Puesto que GF2 se enfocará en el mercado agrícola y no en el sistema alimentario en general, los académicos y activistas coinciden en que una reforma política es necesaria (p.ej. Blay-Palmer, 2012; Boehm *et al*., 2011; CAPI, 2009). En concreto, los argumentos en favor de una política alimentaria integrada que refleje la diversidad de intereses y sectores relevantes al sistema alimentario (agricultura, salud, medio ambiente, valores sociales y culturales, y desarrollo económico) están ganando terreno (p.ej. FSC, 2015; Kneen, 2011; MacRae, 2011). Existen numerosos departamentos federales involucrados en el sistema alimentario canadiense, entre ellos Agricultura y Agroalimentación de Canadá, Pesca y Océanos Canadá, Ministerio del Medio Ambiente de Canadá, Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio Internacional de Canadá, Health Canada, Industry Canada y Transport Canada (CAPI, 2009). La falta de vías de comunicación claras entre estas divisiones jurisdiccionales o un lugar institucional determinado para trabajar, plantean obstáculos con el fin de poder diseñar políticas y programas preventivos que se ocupen de los complejos y multifacéticos asuntos que enfrenta el sistema alimentario canadiense (MacRae, 2011). Por ejemplo, muchos creen que el Plan de Acción de Canadá para la Seguridad Alimentaria (CAPFS) que se desarrolló en respuesta a la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996 fracasó debido en parte a la falta de coordinación interdepartamental (Koc & Bas, 2012).

La complejidad de la política alimentaria canadiense significa que los actores que buscan ampliar el debate sobre la política nacional relativa a los alimentos suelen ser más eficaces cuando buscan cambios específicos de políticas, pues los esfuerzos por crear un marco de política integral para el "sistema alimentario", que incorpore temas que van desde la agricultura sostenible hasta la necesidad que tienen los consumidores de bajos ingresos de obtener alimentos sanos y nutritivos, generalmente han fracasado (Eaton, 2013). La necesidad de conocer bien la maquinaria del funcionamiento interno de los departamentos y los programas gubernamentales relevantes que mantienen una estrecha comunicación con el personal y los funcionarios electos que trabajan en ellos significa que cualquier organización que trabaja en el cambio de políticas –en general, con presupuestos muy reducidos– debe enfocarse en sus metas (MacRae & Winfield, 2016).

Hasta ahora, los intentos por crear una estrategia alimentaria nacional han recaído generalmente en manos de actores no estatales. Por ejemplo, el Conference Board de Canadá estableció una estrategia nacional de alimentos en 2014 (Conference Board of Canada, 2014). Del mismo modo, Canadá cuenta con varias redes provinciales y federales que hacen posible el impacto colectivo para lograr un cambio sistémico. Food Secure Canada (FSC) es una de esas redes que opera a nivel nacional que ofrece tanto oportunidades de comunicación como un marco institucional para participar en trabajos en los sistemas alimentarios. Desde su creación en 2005, Food Secure Canada ha dirigido varias campañas encaminadas a dar forma a una política alimentaria nacional, como la coordinación de la elaboración de la política alimentaria nacional People's Food Policy Project, que se publicó durante la campaña electoral federal de 2011 (FSC, 2011b). La política se basa en una plataforma de soberanía alimenta-

ria, hace hincapié en la importancia del compromiso de la comunidad en el desarrollo de políticas y ofrece una perspectiva integral del sistema alimentario. FSC impulsó sus objetivos durante las elecciones federales de 2015 y lanzó Eat Think Vote, una campaña nacional cuyo objetivo era llamar la atención sobre la necesidad de una política alimentaria nacional. La campaña obtuvo el apoyo de cuatro de los cinco principales partidos políticos, incluido el Partido Liberal electo, para diseñar una política alimentaria nacional. En concreto, el Partido Liberal se comprometió a promover y financiar una estrategia nacional para reducir la inseguridad alimentaria en Canadá, además de brindar su apoyo a los nuevos agricultores y unir su voz a la de la sociedad civil para promover la política alimentaria (FSC, 2015). El desarrollo de esta política recayó en el Ministro de Agricultura y las consultas públicas sobre este importante tema darán inicio en 2017.

Futuras tendencias de la política alimentaria canadiense

Desde su llegada al poder en 2015, el Partido Liberal ha tomado una serie de nuevas iniciativas que sugieren que el Gobierno federal está tomando medidas para establecer una estrategia nacional integral en materia de alimentos que dé prioridad a la seguridad alimentaria de Canadá. Por ejemplo, y como se señaló con anterioridad, el próximo marco de política agrícola y agroalimentaria del Canadá se pondrá en marcha en 2018. Esta política se basará en la Declaración de Calgary, en la que se destacan las principales áreas prioritarias, entre ellas: Mercados y Comercio; Ciencia, Investigación e Innovación; Gestión de Riesgos; Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático; Agricultura con Valor Agregado y Procesamiento Agroalimentario; y Confianza del Público (AAC, 2017d). La Declaración de Calgary indica que el próximo marco federal de política agrícola podría continuar haciendo lo mismo de siempre, pero las áreas de prioridad Sostenibilidad Ambiental y Cambio Climático enfatizan un firme enfoque en la gestión de riesgos y el crecimiento económico, y al igual que GF2, se centran en contar con la confianza del público en cuanto a las prácticas del sector, en lugar de apoyar las prácticas preferidas de muchos canadienses (AAC, 2017d). Al mismo tiempo, se ha encomendado al Ministro de Agricultura el establecimiento de una estrategia alimentaria nacional que incluya explícitamente la seguridad alimentaria como uno de sus cuatro pilares.

Si bien es verdad que AAC puede continuar manteniendo su enfoque en el crecimiento económico, Environment and Climate Change Canada (ECCC) ha incluido los alimentos en su reciente estrategia de desarrollo sostenible y podría establecer una política alimentaria que cubra las necesidades de todos los canadienses. Específicamente, ECCC lanzó una Estrategia Federal de Desarrollo Sostenible (FSDS) que se rediseñó para incluir una sección sobre alimentación y agricultura con base en los resultados de la encuesta pública (ECCC, 2017a). El objetivo a largo plazo es similar a los planes del FG, específicamente, que "la innovación y el ingenio contribuyen a una economía mundial líder para el beneficio de todos los canadienses" (ECCC, 2017a: 66). Además, las metas a corto plazo destacan la importancia de la continuidad o el cumplimiento de los programas y regulaciones existentes, y el socio destacado es Agrium, una empresa de fertilizantes. Aun así, muchas de las "acciones contributivas" incluyen la investigación sobre desafíos ambientales correspondientes a la agricultura y el fomento de prácticas agrícolas sostenibles. Más aún, si bien el plan de acción cuenta con C$ 30 millones de dólares para investigación en biotecnología, también incluye C$ 197.1 millones de dólares para las ciencias del agua dulce y del océano. Un objetivo adicional a corto plazo es expandir el número de comunidades que reúnen las condiciones necesarias para considerar su inclusión en Nutrition North, un programa de subsidios cuyo fin es apoyar la seguridad alimentaria de las comunidades indígenas en el Norte de Canadá –obsérvese que Nutrition North en sí genera mucha controversia entre algunos expertos que exigen su revisión completa (Splawinski, 2015)–. En general, la inclusión de alimentos sostenibles en la Estrategia Federal de Desarrollo Sostenible ofrece un prometedor punto de partida para el desarrollo de una política alimentaria sostenible en Canadá, pero algunos continúan preocupados por que acabe en un programa más que mantenga el estado de las cosas actual y se siga priorizando la economía por encima de las preocupaciones sociales y ambientales, se subsidie la agroindustria y no se

haga gran cosa por mitigar el desfase entre precios y costos que enfrentan los agricultores, ni se reduzca la inseguridad alimentaria de Canadá.

A pesar de que hasta el momento Environment and Climate Change Canada ofrece una perspectiva más integral de la política alimentaria que Agricultura y Agroalimentación Canadá, es demasiado pronto para saber exactamente qué dirección va a tomar el Gobierno federal en materia de seguridad alimentaria. Podría ser una parte esencial de la próxima política alimentaria nacional, encabezada por Agricultura y Agroalimentación Canadá, y aportar un sólido marco político decisivo para abordar los problemas de la seguridad alimentaria. Como quiera que esto resulte, sin un departamento federal dedicado exclusivamente a la política alimentaria, el sistema alimentario canadiense corre el riesgo de ser regulado por una serie de programas de políticas independientes en lugar de contar con una programación integrada y cohesiva. Dado el carácter interrelacionado de los retos y las soluciones de los sistemas alimentarios, el Gobierno federal canadiense debe comprometerse a una política alimentaria nacional que dé prioridad a la comunicación interdepartamental e integre los aspectos multifacéticos relacionados con los alimentos.

8. Conclusiones

Canadá es una nación vasta y un líder mundial en el sector agrícola y se encuentra entre los mayores productores y exportadores agrícolas del mundo. Sin embargo, debido a su ubicación geográfica y clima, menos de 7.5% de la masa terrestre del país se utiliza para la agricultura. Con menos de 2% de la población dedicada a la agricultura, la necesidad de fomentar la agricultura es más importante que nunca. Por ende, el desarrollo de políticas para el crecimiento de la agricultura es prioridad.

Canadá es también líder mundial en investigación agrícola y cuenta con muchos centros de investigación y desarrollo en todo el país. Con las singulares características de cada provincia canadiense, existen varias áreas concretas de enfoque y sistemas de investigación. La educación y capacitación agrícola en Canadá es fácilmente accesible y ha evolucionado y mejorado con el tiempo. También la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria ha aumentado, dando origen a muchos programas cuyo objetivo es lograr la participación del Gobierno, la industria y el público. Existen muchos programas que promueven la colaboración científica y la innovación en Canadá y en el extranjero. Pese a que existen muchos proyectos de investigación que se están llevando a cabo actualmente, y casos de éxito, aún quedan muchos desafíos por superar, entre ellos, obtener el subsidio federal para el desarrollo científico. Fomentar y priorizar las inversiones y los proyectos de investigación a largo plazo requieren más financiamiento para sostener a un sector agrícola canadiense fuerte que sea competitivo internacionalmente. También es imprescindible informar al público y difundir los conocimientos agrícolas.

Son muchos los problemas ambientales que han surgido con el aumento del crecimiento de la población, la urbanización y el desarrollo económico de la nación. Canadá es un país con enormes recursos como agua, variedades de suelo, bosques y diversas fuentes y una gran cantidad de energía disponible para la agricultura y, sin embargo, subsisten los problemas a futuro y representan una amenaza para el sector agrícola. Se requieren políticas que impongan prácticas agrícolas acertadas, entre ellas el uso de plaguicidas y fertilizantes con el fin de proteger la calidad del agua y del suelo y eliminar las fuentes de contaminación. Aunque Canadá es una "superpotencia energética", también debe reducir su consumo de energía. Las investigaciones adicionales sobre formas de energía alternativas y más limpias son una prioridad fundamental para el país. Canadá también es líder mundial en el manejo forestal sostenible y sus tasas de deforestación han disminuido, pero los impactos ambientales ocasionados por la silvicultura continúan afectando la calidad del suelo y del agua, influyen en el cambio climático y disminuyen la diversidad biológica. Pese a que se han establecido planes de gestión para proteger las áreas y conservar los bosques, es necesario implementar nuevas políticas de concientización sobre el impacto ecológico provocado por la deforestación y aumentar nuestras capacidades de manejo de recursos en general.

Además de estos obstáculos, el cambio climático y los impactos asociados son grandes motivos de preocupación en el país, especialmente por su tasa de calentamiento que es de aproximadamente el doble del promedio mundial. Las comunidades del norte son particularmente vulnerables. Los esfuerzos encaminados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero son prioridad, al igual que la investigación sobre métodos de adaptación al cambio climático. Los efectos de la agricultura en los ecosistemas naturales también son motivo de preocupación, incluidos la entrada de contaminantes, la introducción de especies invasoras, la fragmentación de los hábitats y la propagación de agentes patógenos. Es necesario realizar investigaciones sobre mejores prácticas de manejo ecológico, y restauración y rehabilitación de especies y ecosistemas. Asimismo, es necesario concientizar y educar a la población sobre estos temas ambientales.

Canadá mejora constantemente su sector agrícola con nuevos avances tecnológicos, así como novedosos métodos. El país cuenta con muchos organismos genéticamente modificados que se han desarrollado y utilizado. Así y todo, la relación entre el descubrimiento científico y el desarrollo tecnológico puede mejorarse. Otras áreas de mejora incluyen la reducción de desperdicio de alimentos, el desarrollo de una guía nacional de alimentos basada en la evidencia y varias consideraciones de salud. Especialmente, la comodidad que representa adquirir alimentos procesados con alto contenido de azúcar y bajo contenido de nutrientes y su bajo costo, representa un grave problema. Las políticas se modifican todo el tiempo, aunque no está claro si estos cambios culminan en mejoras significativas reales.

Se han presentado varias recomendaciones de política para atender el problema de la seguridad alimentaria del país. Ha venido ganando terreno la noción de que es necesario que los canadienses cuenten con un salario digno que garantice su acceso a alimentos adecuados (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2012) así como el desarrollo de programas de asistencia social que se enfoquen en el acceso a los alimentos. Además, las leyes de zonificación urbana que favorecen la jardinería en tierras no aprovechadas, la agricultura animal dentro de los límites de la ciudad y que mejoran el acceso a frutas y verduras frescas agilizando las autorizaciones para mercados temporales de productos frescos en espacios urbanos pueden mejorar el acceso a alimentos frescos para los canadienses que habitan en zonas urbanas. Dadas las altas tasas de inseguridad alimentaria en las comunidades indígenas, junto con la histórica y continua marginación económica y política de esas comunidades en el país, es de especial importancia implementar una política que sustente la soberanía alimentaria indígena (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2012).

Las recomendaciones normativas que contribuyen a mayores ingresos de los agricultores incluyen: ajustes de políticas y de zonificación para dar cabida a negocios de valor agregado como los de transformación en la propia granja (Friedmann, 2011), regulaciones de salud y seguridad más flexibles y de fácil cumplimiento por las granjas pequeñas y medianas (Carter-Whitney, 2008), garantizar rendimientos justos a los agricultores a través de juntas de comercialización y políticas tradicionales dirigidas por estos últimos, que prohíban la captura corporativa de las ganancias mediante la imposición de altos costos de insumos y bajos precios de productos básicos (Qualman, 2011). Asimismo, la conservación de las tierras de cultivo y el mejoramiento del acceso de los agricultores a las tierras agrícolas constituyen puntos estratégicos claves de la política para reducir la disminución del número de agricultores canadienses. En la actualidad, la mayoría de las oportunidades que tienen los agricultores de comprar tierras agrícolas dependen de sus ingresos y financiamientos personales, mientras que el Gobierno canadiense ha favorecido la adquisición de tierras por parte de inversionistas, tanto a través de la comercialización dirigida a inversionistas internacionales como a través de la agencia federal de la Corona Farm Credit Canada, que ha concedido préstamos de varios millones de dólares a Assiniboia Capital, una empresa que compra tierras de cultivo en nombre de inversionistas (Qualman, 2011). Una serie de programas de Ontario podría facilitar algunos puntos de partida con el fin de mejorar el acceso de los agricultores a la tierra, entre ellos la propiedad cooperativa, los fideicomisos de tierras comunitarias y los acuerdos de conservación de tierras agrícolas (Learmonth *et al.*). Además, un

Campo agrícola en Alberta (crédito: N. Stanley).

mayor apoyo financiero destinado a los agricultores en edad de retiro impulsará la transferencia intergeneracional de las tierras de cultivo y hará posible que se manejen precios más razonables por estas para los nuevos agricultores, ya que actualmente muchos agricultores dependen de la venta de sus tierras para poder jubilarse, situación que se ve agravada por su creciente endeudamiento y una población de trabajadores agrícolas cada vez más vieja (Friedmann, 2011).

Las recomendaciones normativas dirigidas a apoyar la sostenibilidad ambiental de la agricultura destacan las prácticas agroecológicas y de agricultura orgánica. Algunos ejemplos incluyen el diseño de instrumentos normativos que reconozcan el valor de los servicios de los ecosistemas que se ubican en las granjas agroecológicas y que apoyan la expansión de los servicios ecosistémicos en las propias granjas (Power, 2010); la creación de instituciones de investigación y asociaciones entre agricultores y académicos con objeto de determinar la relación costo-beneficio total de las granjas convencionales así como de las orgánicas y agroecológicas y asignar fondos federales en consecuencia (Wittman, Desmarais & Wiebe, 2011); y el aumento del financiamiento a granjas orgánicas que, a final de cuentas, necesitarán menos financiamiento para programas de gestión de riesgos empresariales, pues los agricultores orgánicos obtienen mayores rendimientos por sus productos y corren menos riesgo de disminuciones de sus márgenes de utilidad por la ocurrencia de desastres cuando se combinan con las técnicas agroecológicas (MacRae, Martin, Juhasz, & Langer, 2009).

En general, es necesario implementar una política alimentaria que considere e integre todos los asuntos concernientes a la alimentación en Canadá para poder superar los retos relacionados con la alimentación. Para ser efectiva, esta política debe elaborarse en colaboración con todos los grupos afectados por los problemas alimentarios (Wiebe y Wipf, 2011). El Proyecto People's Food Policy ofrece un punto de partida para esta política: elaborado en colaboración con organizaciones e individuos que participan en el movimiento por alimentos de Canadá, su plan integral ofrece sugerencias sobre la soberanía alimentaria indígena, la soberanía alimentaria en comunidades rurales y remotas, el acceso a alimentos urbanos, la agricultura y medios de subsistencia, la pesca sostenible, la salud ambiental, la ciencia y tecnología, comercio y ayuda, salud y seguridad, y democracia alimentaria y gobernanza (People's Food Policy Project, 2011).

Bibliografía

AAFC, Agriculture and Agri-Food Canada (2016a). An Overview of the Canadian Agriculture and Agri-Food System 2016. Disponible en https://caes.usask.ca/members/_pdf/Overview%202016-Final_eng.pdf

AAFC, Agriculture and Agri-Food Canada (2016b). Innovation From the Agricultural Bioproducts Innovation Program. Disponible en http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/doc/pdf/2010_08_ABIP_EN.pdf

AAFC, Agriculture and Agri-Food Canada (2017a). Science and Innovation. Disponible en http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/?id=1360882179814

AAFC, Agriculture and Agri-Food Canada (2017b). Programs and Services. Disponible en http://www.agr.gc.ca/eng/programs-and-services/?id=1362675650980

AAFC, Agriculture and Agri-Food Canada (2017c). Canadian Soil Information Service. Disponible en http://sis.agr.gc.ca/cansis/nsdb/index.html

AAFC, Agriculture and Agri-Food Canada (2017d). About Us. Disponible en http://www.agr.gc.ca/eng/about-us/?id=1360699683758

Bickis, I. (2016). Agricultural Industry Betting the Farm on Innovation to Boost Yields, Profits. Disponible en http://www.cbc.ca/news/technology/farming-technology-1.3442023

Blay-Palmer, A. (2012). Alternative Land Use Services and the Case for Multifunctional Policy in Canada. In R. MacRae & E. Abergel (Eds.), *Health and Sustainability in the Canadian Food System: Advocacy and Opportunity for Civil Society* (pp. 39-69). Vancouver, BC: UBC Press.

Boehm, T., Moore, H., & Beingessner, N. (2011). Getting to Food Sovereignty: Grassroots Perspectives From the National Farmers Union. In H. Wittman, A. A. Desmarais, & N. Wiebe (Eds.), *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems* (pp. 43-58). Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing.

CAHRC, Human Agricultural Human Resource Council (2016). Shortages of Canadians Working in Agriculture to Double by 2025. Disponible en http://www.cahrc-ccrha.ca/news-events/shortage-canadians-working-agriculture-double-2025

CAIRN, Canadian Agricultural Innovation And Regulation Network (2011). An Enabling Research For Competitive Agriculture Network. Disponible en http://www.ag-innovation.usask.ca/

Canadian Biodiversity (2016). Conservation Issues: Human Activities and their Impacts. Disponible en http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/english/conservation/activities.htm

CAPI, Canadian Agri-Food Policy Institute (2009). Regulatory Reform in Canada's Agri-Food Sector. Disponible en http://capi-icpa.ca/pdfs/CAPI-Regulatory-Framework-4March2009.pdf

Carter-Whitney, M. (2008). Bringing Local Food Home: Legal, Regulatory and Institutional Barriers to Local Food. Canadian Institute for Environmental Law and Policy.

CFA, Canadian Federation of Agriculture (2016). Disponible en http://www.cfa-fca.ca/

CFIA, Canadian Food Inspection Agency (2016). Plants. Disponible en http://www.inspection.gc.ca/eng/1297964599443/1297965645317

Conference Board of Canada (2014). From Opportunity to Achievement: Canadian Food Strategy. Disponible en http://www.conferenceboard.ca/e-library/abstract.aspx?did=6091

DeLong, J. M., Prange, R. K., & Harrison, P. A. (2007). Chlorophyll Fluorescence-Based Low-O2 CA Storage of Organic 'Cortland' and 'Delicious' Apples. *Acta Horticulturae*, 737, 31–37.

Desmarais, A. A., & Wittman, H. (2014). Farmers, Foodies and First Nations: Getting to Food Sovereignty in Canada. *J Peasant Stud*, 41(6), 1153-1173.

Duckett Truffieres (2013). *The Economics of Growing Truffles* [Online]. Disponible en www.ducketttruffieres.com/index.htm

Eaton, E. (2013). *Growing Resistance: Canadian Farmers and the Politics of Genetically Modified Wheat*. Winnipeg: University of Manitoba Press.

ECCC, Environment and Climate Change Canada (2017). Sustainable Development. Disponible en https://www.ec.gc.ca/dd-sd/default.asp?lang=En&n=C2844D2D-1

ECCC, Environment and Climate Change Canada (2017b). Environmental Indicators. Disponible en https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=En

Environment Canada (1995). Canadian Biodiversity Strategy: Canada's Response to the Convention on Biological Diversity. Disponible en http://www.biodivcanada.ca/560ED58E-0A7A-43D8-8754-C7DD12761EFA/CBS_e.pdf

Fan, D., Kandasamy, S., Hodges, D. M., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2014). Pre-harvest Treatment of Spinach with Ascophyllum Nodosum Extract Improves Post-Harvest Storage and Quality. *Scientia Horticulturae*, 170, 70-74.

Friedmann, H. (2011). Food Soveriegnty in the Golden Horseshoe Region of Ontario. In H. Wittman, A. A. Desmarais, & N. Wiebe (Eds.), *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems* (pp. 169-189). Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing.

FSC, Food Secure Canada (2011a). Discussion Paper 4-Agriculture, Infrastructure, and Livelihoods. Disponible en https://foodsecurecanada.org/sites/foodsecurecanada.org/files/DP4_Agriculture,_Infrastructure_and_Livelihoods.pdf

FSC, Food Secure Canada (2011b). Resetting the Table: A People's Food Policy for Canada. Disponible en https://interpares.ca/sites/default/files/resources/2011-04ResettingTheTableA-PeoplesFoodPolicyForCanada.pdf

FSC, Food Secure Canada (2015). Federal Elections: 4 Parties are in Favour of a National Food Policy. Disponible en https://foodsecurecanada.org/

Global Market Insights (2016) *Enzyme Market* [Online]. Disponible en https://www.gminsights.com/segmentation/detail/enzymes-market

Government of Canada (2016). Bilateral Relations. Disponible en http://www.canadainternational.gc.ca/china-chine/bilateral_relations_bilaterales/index.aspx?lang=eng&_ga=1.129542927.246945411.1485999937

Health Canada (2014). Consumer Product Service. Disponible en http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/agri-commerce/usa-can-gpd-eng.php

Health Canada (2015). Food and Nutrition. Disponible en http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index-eng.php

Helston, C. (2012). *Biofuels* [Online]. Disponible en http://www.energybc.ca/profiles/biofuels.html#references

Johnson, K. (2015). Agriculture Losing its Spot in Canada's Education System. The Western Producer. Disponible en http://www.producer.com/2015/07/agriculture-losing-its-spot-in-canadas-education-system/

Kearns, C. E., Schmidt, L. A., & Glantz, S. A. (2016). Sugar Industry and Coronary Heart Disease Research: A Historical Analysis of Internal Industry Documents. *JAMA Internal Medicine*, 176(11), 1680-1685.

Kneen, C. (2011). Food Secure Canada: Where Agriculture, Environment, Health, Food and Justice Intersect. In H. Wittman, A. A. Desmarais, & N. Wiebe (Eds.), *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems* (pp. 80-96). Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing.

Koc, M., Bas, J. A. (2012). Canada's Action Plan for Food Security: The Interactions Between Civil Society and the State to Advance Food Security in Canada. In R. MacRae & E. Abergel (Eds.), *Health and Sustainability in the Canadian Food System* (pp. 173-203). Vancouver, BC: UBC Press.

Learmonth, P., Darrell, A., English, A., Thomas, L., Watkins, M., & Young, T. Accessing Land for Farming in Ontario. Disponible en http://www.farmstart.ca/wp-content/uploads/Accessing-Land-for-Farming-in-ON-Guidebook-REV4.pdf

MacRae, R. (2011). A Joined-Up Food Policy for Canada. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, 6(4), 424-457.

MacRae, R., Martin, R. C., Juhasz, M., & Langer, J. (2009). Ten Percent Organic Within 15 years: Policy and Program Initiatives to Advance Organic Food and Farming in Ontario, Canada†. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(02), 120.

MacRae, R., & Winfield, M. (2016). A Little Regulatory Pluralism With your Counter-Hegemonic Advocacy? Blending Analytical Frames to Construct Joined-up Food Policy in Canada. *Canadian Food Studies,* 3(1), 140-194.

Magnan, A. (2011). The Limits of Farmer Control: Food Sovereignty and Conflicts Over the Canadian Wheat Board. In H. Wittman, A. A. Desmarais, & N. Wiebe (Eds.), *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems* (pp. 114-133). Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing.

Mathews, J. (2015). *The Fact Sheet: Prepare To Be Amazed By Canada's Agricultural Industry* [Online]. Disponible en http://talentegg.ca/incubator/2015/02/16/fact-sheet-canadas-agriculture-industry/

Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M. (2015). On Behalf of the American Heart Association Statistics Committtee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2015 Update: A Report From the American Heart Assciation. *Circulation*, 131(14), e29-e322.

Natural Resources Canada (2016). Energy. Disponible en http://www.nrcan.gc.ca/energy

Natural Resources Canada (2017). Forests. Disponible en http://www.nrcan.gc.ca/forests

NFU, National Farmers Union (2013). Growing Forward 2 – Accelerating Globalization, Stalling Food Sovereignty: Implications of the GF2 Strategic Initiatives Suite. Disponible en http://www.nfu.ca/

People's Food Policy Project (2011). *Resetting the Table: A People's Food Policy for Canada.* Disponible en https://foodsecurecanada.org/people-food-policy

Power, A. G. (2010). Ecosystem Services and Agriculture: Tradeoffs and Synergies. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci,* 365(1554), 2959-2971.

Qualman, D. (2011). Advancing Agriculture by Destroying Farms? The State of Agriculture in Canada. In H. Wittman, A. A. Desmarais, & N. Wiebe (Eds.), *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems* (pp. 20-42). Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing.

Second Harvest (2016). *Hunger Facts* [Online]. Disponible en http://www.secondharvest.ca/hunger-facts

Schutter, O. D. (2012). *Farmers, the Food Chain and Agriculture Policies in Canada in Relation to the Right to Food* [Online]. Disponible en http://www.nfu.ca/story/farmers-food-chain-and-agriculture-policies-canada-relation-right-food

Sparling, D. (2010). Innovation and Agricultural Biotechnology – Where's Canada's Future? Disponible en http://sites.ivey.ca/agri-food/files/2010/07/Innovation-and-Agricultural-Biotechnology-June-2010.pdf

Splawinski, A. (2015). The Failure that is Food Policy in Nunavut. *Rabble*. Dispo-

nible en http://rabble.ca/news/2015/02/failure-food-policy-nunavut

Statistics Canada (2011). *Canada Year Book* [Online]. Disponible en http://www.statcan.gc.ca/pub/11-402-x/2011000/chap/ag/ag-eng.htm

Steppler, H. A., Switzer, C. (2014). Agricultural Education. In the *Canadian Encyclopedia of Agriculture*. Disponible en http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/agricultural-education/

United Nations General Assembly (2012). Report of the Special Rapporteur on the right to food, Olivier De Schutter. Mission to Canada. UN Doc A/HRC/22/50/Add.1.

USC Canada, Unitarian Service Committee (2016). Building Resilience Through Ecological Agriculture. Disponible en http://www.usc-canada.org/

Wiebe, N., & Wipf, K. (2011). Nurturing Food Sovereignty in Canada. In H. Wittman, A. A. Desmarais, & N. Wiebe (Eds.), *Food Sovereignty in Canada* (pp. 1-19). Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing

Wilt, J. (2015). *Agriculture, not Energy, Will Fuel Canada's Economy in Coming Decades: Experts* [Online]. Disponible en https://www.desmog.ca/2015/07/29/agriculture-not-energy-will-fuel-canada-s-economy-coming-decades-experts

Winson, A. (2013). *The Industrial Diet: The Degradation of Food and the Struggle for Healthy Eating*. Vancouver: UBC Press. Disponible en http://www.ubcpress.ca/books/pdf/chapters/2013/TheIndustrialDiet.pdf

Wipf, K. (2013.) *From Farm Crisis to Food Crisis: Neoliberal Reform in Canadian Agriculture and the Future of Agri-Food Policy* (tesis de doctorado), University of Alberta, Edmonton, Alberta.

Wittman, H., Desmarais, A. A., & Wiebe, N. (Eds.) (2011). *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems*. Black Point, Nova Scotia: Fernwood Publishing.

Desafíos de la seguridad alimentaria y nutricional en el Caribe

Productores de plátano de comercio justo en San Vicente y las Granadinas (Foto por Terry Sampson, UWI, Trinidad)

Caribe

[1] Mark N. Wuddivira
[2] Vidya de Gannes
[3] Gerrit Meerdink
[4] Nequesha Dalrymple
[5] Shantelle Henry

La elaboración coordinada de **productos de valor agregado, que utilizan artículos básicos locales, podrá sustentar el futuro** al reducir el costo total de las importaciones de alimentos, establecer el mercado común del Caribe y fomentar la seguridad alimentaria y nutricional

Resumen

La región caribeña se compone de 43.5 millones de habitantes y se extiende desde las Bahamas en el Norte hasta Guyana y la República de Surinam en el continente sudamericano, incluyendo a Belice en Centroamérica. La disponibilidad, accesibilidad, utilización y estabilidad de los alimentos para satisfacer las necesidades alimentarias y nutricionales son fundamentales para el desarrollo sostenible de la población caribeña. Sin embargo, la situación de la seguridad alimentaria y nutricional en el Caribe ha tenido que hacer frente a desastres naturales, sobreexplotación de recursos naturales, volatilidad de la producción y precios de alimentos, trabas comerciales, tecnologías obsoletas, una alta incidencia de plagas y enfermedades, el cambio climático y la falta de un entorno propicio para fomentar la innovación. Además, las pequeñas economías caribeñas poco diversificadas han estado experimentando una actividad comercial lenta aunada a un lento crecimiento de las exportaciones. Por consiguiente, el costo total de las importaciones de alimentos ha aumentado considerablemente de US$ 2.08 mil millones de dólares en 2000 a más de US$ 4.25 mil millones de dólares en 2011. Las políticas alimentarias son débiles y están sujetas a factores socioeconómicos y políticos. A pesar de que el Caribe ha cumplido con los objetivos del milenio de la ONU para 2015 relativos a la reducción del hambre, el fácil acceso a alimentos azucarados poco saludables ultra procesados y grasos ha agravado la incidencia de obesidad y las enfermedades crónicas no transmisibles (CND), convirtiéndose en la principal causa de mortalidad y en una carga importante para los presupuestos individuales y nacionales. En este capítulo se explican los principales retos de la seguridad alimentaria y nutricional en el Caribe. Se proponen recomendaciones y políticas que se espera que, de implementarse, mejoren la situación de la seguridad alimentaria y nutricional de la región.

1. Introducción

La población caribeña proviene de muchas áreas del mundo y, por esta razón, la región se considera muy heterogénea. Esta diversidad da origen a una amplia variedad de idiomas, alimentos, cultivos tradicionales, culturas y sistemas agrícolas. Si bien hay más de 25 estados insulares en el Caribe (**Figura 1**), también hay muchos grupos regionales, pero el más grande es la Comunidad del Caribe (CARICOM), que incluye a 15 países de los cuales 12 son miembros asociados (www.caricom.org). La población de la región es de unos 43.5 millones en una superficie de aproximadamente 239,681 km², en la que alrededor de 25% está dedicada a la producción agrícola y 11% son tierras de cultivo. Hasta principios de los años sesenta, la agricultura fue el principal motor económico del Caribe. Sin embargo, en los últimos cincuenta años, el crecimiento de los diferentes sectores económicos, principalmente los de turismo y servicios,

ha dado lugar a un cambio de las economías agrarias a otras más diversificadas y prósperas de fuertes usos competitivos que a su vez han reducido la actividad agrícola y aumentado el costo total de las importaciones de alimentos de más de US$ 4 mil millones de dólares por año. Por consiguiente, a raíz de la disminución de la industria agrícola, los otros principales factores que contribuyen al PIB son la minería, el turismo y los servicios comerciales. Por ejemplo, en el caso de Jamaica y la República de Surinam, sus economías se sostienen de los sectores de recursos minerales, mientras que la economía de Trinidad y Tobago se basa en el petróleo y el gas. El sector turístico ocupa una posición predominante en la Organización de Estados del Caribe Oriental (www.oecs.org).

En años anteriores, la agricultura en muchos de los países del Caribe era controlada principalmente por los sectores de las plantaciones (caña de azúcar, plátano, cacao y café). Sin embargo, estos sectores han decrecido, dando lugar a la migración de la mano de obra de la agricultura. Por consiguiente, el estado de la seguridad alimentaria y nutricional de la región del Caribe puede considerarse precario debido a la cada vez mayor incidencia de plagas y enfermedades, una capacidad deficiente de recursos humanos, recursos limitados de tierras, la dependencia en tecnologías obsoletas e ineficaces para la producción y procesamiento de alimentos, la falta de suficientes recursos para la investigación, así como de un entorno propicio para fomentar la innovación y el espíritu

Figura 1. Ubicación, áreas ecológicas y de biodiversidad del Caribe

Fuente: Extractos 1 y 2 de www.worldbank.com

[1] Mark N. Wuddivira, Coordinador del capítulo. Física de Suelos Agrícolas y Ambientales, Gestión de Suelos y Agua, Agricultura de Precisión, Universidad de las Indias Occidentales, San Agustín, Trinidad y Tobago, mark.wuddivira@sta.uwi.edu **[2] Vidya de Gannes,** Biotecnología, Ecología Microbiana y Microbiología del Suelo, Universidad de las Indias Occidentales, San Agustín, Trinidad y Tobago, vidyadegannes@gmail.com **[3] Gerrit Meerdink,** Tecnología Química, Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de las Indias Occidentales, San Agustín, Trinidad y Tobago, gerrit.meerdink@sta.uwi.edu **[4] Nequesha Dalrymple,** Nutrición Humana y Dietética y Ciencias de la Nutrición, Universidad de las Indias Occidentales, San Agustín, Trinidad y Tobago, nequesha.dalrympe@sta.uwi.edu **[5] Shantelle Henry,** Aseguramiento de la Calidad y Seguridad Alimentaria, Universidad de las Indias Occidentales, San Agustín, Trinidad y Tobago, henryshantelle@live.com

empresarial, y la alta incidencia de tormentas tropicales, huracanes, inundaciones, sequías y terremotos. Además, la volatilidad de la producción de alimentos y sus precios, incluyendo los altos costos totales de importación, los enormes e insostenibles precios de la energía, las trabas comerciales y los continuos cambios climáticos y sus impactos indudablemente se suman a estas amenazas. Los informes han revelado que casi todos los países de la CARICOM importan más de 60% de los alimentos que consumen. Entre las cinco principales categorías de importación de alimentos de la región se encuentran los alimentos procesados, granos (trigo y maíz) y los productos ganaderos (carne y lácteos), que representan más de US$ 1,000 millones de dólares o alrededor de 25% de las importaciones anuales de alimentos a nivel regional (FAO, 2015). Se estima que las importaciones de alimentos aumentarán de US$ 8 a 10 mil millones de dólares para 2020 si no se toman medidas para atender este grave problema (FAO, 2015).

Los avances en biotecnología y tecnología ofrecen poderosas herramientas para reducir los problemas asociados con la seguridad alimentaria y nutricional. Estas herramientas incluyen la propagación masiva de plantas a través del cultivo de tejidos vegetales, el fitomejoramiento, un diagnóstico rápido y eficiente de plagas y enfermedades de plantas, los cultivos transgénicos, la inseminación artificial, la clonación molecular de genes, la transferencia génica, la manipulación genética de la transferencia de embriones de animales y plantas, los tratamientos químicos y biológicos de piensos de animales de baja calidad con objeto de mejorar su valor nutritivo, los agentes inmunodiagnósticos e inmuno-profilácticos manipulados genéticamente, así como las vacunas veterinarias. Sin embargo, el Caribe aún no ha explotado todos los beneficios de estas poderosas herramientas (de Gannes y Borrotto, 2016). De igual forma, no ha aprovechado de forma adecuada las tecnologías disponibles como la agricultura de precisión, que gestiona de forma eficiente los campos espacialmente variables para optimizar recursos limitados de mejor manera y más rentable, al mismo tiempo que mantiene un ecosistema respetuoso del medio ambiente en las islas (De Caires *et al*., 2015).

Este capítulo se ocupa de los principales desafíos y oportunidades asociados con la salud alimentaria y nutricional en el Caribe, ya que aporta detalles sobre: características nacionales, características de recursos y ecosistemas, tecnología e innovación, eficiencia de los sistemas alimentarios, consideraciones de salud y de política. A este respecto, se prevé que la información, las recomendaciones y políticas presentadas, se utilizarán para respaldar las políticas de desarrollo dirigidas a hacer frente a los desafíos en materia de salud alimentaria y nutricional de la región del Caribe.

2. Características físicas y demográficas del Caribe

2.1 Tamaño físico

El archipiélago caribeño se compone de una cadena de islas que se distinguen por sus limitados recursos terrestres. El Caribe se ubica al sureste del Golfo de México y el continente norteamericano, al este de Centroamérica y al norte de Sudamérica (**Figura 1**). El Caribe ocupa una superficie de 2,754,000 km², con una superficie terrestre total de 239,681 km². La población actual es de 43,489,000 habitantes. Los países de la CARICOM, con una población de 17,674,000 habitantes, representan 41% de la población total del Caribe (**Tabla 1**). La superficie del Caribe se divide en tres grupos:

- El continente se compone de Guyana, Belice y la República de Surinam.
- Las Antillas Mayores están conformadas por Jamaica, la isla La Española, Cuba, Puerto Rico y las Bahamas
- Las Antillas Menores son pequeñas islas que se extienden desde Anguila en el norte hasta Trinidad y Tobago en el sur. Las Antillas Menores se dividen en dos grupos; las islas de Sotavento (St. Kitts y Nevis, Antigua y Barbuda), y las Islas de Barlovento (Dominica, Santa Lucía, Granada y San Vicente y las Granadinas). Las islas más antiguas se encuentran en el noreste (Antigua, Barbuda, Anguila y Guadalupe); son bajas, elevándose a una altura de entre 100 y 1,400 pies. Las otras islas son las más jóvenes del arco insular que separa el Océano Atlántico del Mar Caribe (Williams-Bailey y Pemberton, 1980).

2.2 Inventario de las tierras de cultivo

La región del Caribe se compone de una mezcla heterogénea de islas con recursos de tierra limitados. Estos limitados recursos de tierra se encuentran expuestos a una enorme presión debido a la alta densidad de la población, la industrialización, el turismo y la urbanización. La tierra de cultivo para uso agrícola se ha visto reducida con el paso del tiempo (**Tabla 2**) debido a los fuertes usos competitivos ya mencionados. El uso de tierras de

Tabla 1. Población y tamaño de los países de la CARICOM

Estados de la CARICOM	Población ('000) (2014-16)1	Superficie (en km.) (2014)2
Estados insulares más grandes		
Haití	10 533	27 750
Jamaica	2 806	10 830
Trinidad y Tobago	1 346	5 130
Estados insulares más pequeños		
Antigua y Barbuda	92	440
Las Bahamas	386	13 900
Barbados	286	430
Dominica	73	750
Granada	107	340
Saint Kitts y Nevis	55	260
Santa Lucía	185	610
San Vicente y las Granadinas	109	390
Estados continentales		
Belice	344	22 810
Guyana	806	196 850
República de Surinam	546	156 000

Fuente: Extractos 1 y 2 de www.worldbank.com

Tabla 2. Inventario de tierras de cultivo en los estados de la CARICOM

Estados miembros de la CARICOM	Tierras cultivables (% de superficie de la tierra)		Área forestal (% de superficie de la tierra)		Tierras de cultivo permanentes (% de superficie de la tierra)	
	1961	2013	1990	2015	1961	2013
Antigua y Barbuda	18.2	9.1	23.4	22.3	-	2.3
Bahamas	0.7	0.8	51.4	51.4	0.2	0.4
Barbados	37.2	25.6	14.7	14.7	2.3	2.3
Belice	1.6	3.4	70.8	59.9	0.3	1.4
Dominica	9.3	8.0	66.7	57.8	10.7	22.7
Granada	14.7	8.8	50.0	50.0	41.2	20.6
Guyana	1.8	2.7	84.6	84.0	0.1	0.1
Jamaica	15.3	11.1	31.8	31.0	10.2	8.8
St. Kitts y Nevis	28.6	19.2	42.3	42.3	17.1	0.4
Santa Lucía	8.2	4.9	35.7	33.3	14.8	11.5
Vicente y las Granadinas	15.4	12.8	64.1	69.2	7.7	7.7
República de Surinam	0.2	0.4	98.9	98.3	0.0	0.0
Trinidad y Tobago	11.1	4.9	46.9	45.7	6.8	4.3

Fuente: Banco Mundial, 2016.

cultivo varió de 0.2 y 0.4% en la República de Surinam a 37.2 y 25.6% en Barbados en 1961 y 2013, respectivamente. En Antigua y Barbuda, Granada, Santa Lucía y Trinidad y Tobago la superficie dedicada a tierras de cultivo se redujo a la mitad de 1961 a 2013. El bosque en el Caribe se mantuvo prácticamente intacto y sin cambios durante el período de 1990 a 2015, aunque las explotaciones agrícolas de algunos agricultores en sistemas montañosos y los recurrentes incendios forestales tuvieron un impacto negativo en los terrenos forestales.

Tabla 3. Indicadores demográficos para varios Estados miembros de la CARICOM

Estados miembros de la CARICOM	Población total		Crecimiento demográfico (% anual)		Edad de la población - 0 a 14 años (% del total)		Edad de la población - 15 a 64 años (% del total)	
	1960	2015	1961	2015	1960	2015	1960	2015
Antigua y Barbuda	54,980	91,820	1.3	1.0	43	24	53	69
Bahamas	109,530	388,020	5.0	1.3	42	21	54	71
Barbados	230,930	284,210	0.3	0.3	38	19	55	66
Belice	92,070	359,290	2.8	2.1	45	32	51	64
Dominica	60,020	72,680	1.7	0.5	-	-	-	-
Granada	89,860	106,830	1.5	0.4	49	26	46	66
Guyana	564,220	767,090	3.1	0.4	46	29	50	66
Jamaica	1,629,000	2,725,940	1.4	0.2	42	24	54	67
St. Kitts y Nevis	51,200	55,570	-0.0	1.1	-	-	-	-
Santa Lucía	89,900	185,000	1.1	0.7	45	23	51	68
San Vicente y las Granadinas	80,950	109,460	1.5	0.1	50	25	46	68
República de Surinam	289,970	542,980	2.8	0.9	48	27	48	66
Trinidad y Tobago	848,480	1,360,090	2.0	0.4	43	21	54	70

Estados miembros de la CARICOM	Edad de la población – 65+ años (% del total)		Tasa de fertilidad (total nacimientos por mujer)		Tasa de mortalidad infantil (por cada 1,000 nacidos vivos)		Esperanza de vida al nacer, total (años)	
	1960	2015	1960	2014	1960	2015	1960	2014
Antigua y Barbuda	4	7	4.4	2.1	-	6	62	76
Bahamas	4	8	4.5	1.9	-	10	63	75
Barbados	7	14	4.3	1.8	70	12	61	75
Belice	4	4	6.5	2.6	-	14	60	70
Dominica	-	-	-	-	85	20	-	-
Granada	5	7	6.7	2.1	-	11	60	73
Guyana	3	5	5.8	2.6	68	32	60	66
Jamaica	4	9	5.4	2.0	62	14	64	76
St. Kitts y Nevis	-	-	-	-	-	8	-	-
Santa Lucía	4	9	7.0	1.9	-	13	57	75
San Vicente y las Granadinas	4	7	7.2	2.0	-	17	58	73
República de Surinam	4	7	6.6	2.4	-	19	60	71
Trinidad y Tobago	4	9	5.3	1.8	57	18	63	70

Fuente: Banco Mundial, 2016.

2.3 Paisaje y heterogeneidad ambiental

El Caribe cuenta con una de las combinaciones de paisajes más diversas del mundo. Esta región incluye un área que está situada sobre la Placa del Caribe, con alrededor de 7 mil islas, islotes, arrecifes y cavernas. El paisaje se conforma de montañas volcánicas, lagos y acantilados de piedra caliza a exuberantes colinas verdes, manglares y bosques. De hecho, 40% de los terrenos del Caribe están cubiertos de bosques tropicales. Su topografía es generalmente montañosa con varios picos montañosos y algunas tierras planas que son principalmente costeras. En términos de pendientes pronunciadas, los territorios del Caribe se pueden agrupar de la siguiente manera (Wuddivira y Atwell, 2012):

- Antigua y Barbuda, y Barbados, que son tierras planas con sólo unas cuantas pendientes pronunciadas;
- Dominica, Granada y Cariacou, Monsterrat, St. Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y Tobago, que tienen principalmente pendientes pronunciadas;
- Trinidad y Jamaica, que son más grandes y cuyo alto porcentaje de su terreno son tierras planas, tierras onduladas y pendientes pronunciadas; y
- los territorios continentales de Guyana y Belice con 70% y 50% de pendientes inclinadas, respectivamente.

Las pendientes de muchas laderas de esta región son de más de 30o (58%) y se utilizan para extensas prácticas agrícolas no sostenibles. La región del Caribe cuenta con una gran diversidad de ecosistemas. Las precipitaciones en las Islas de Barlovento son mayores en comparación con las que se registran en las Islas de Sotavento; la diferencia en precipitaciones y topografía inciden en los diversos tipos de bosque de las islas. Las condiciones climáticas del Caribe guardan una estrecha relación con su altura sobre el nivel del mar.

2.4 Características demográficas y tendencias futuras

La **Tabla 3** pone de manifiesto el bajo crecimiento poblacional en el Caribe. La tasa de crecimiento demográfico más alta en 2015 se registró en Belice (2.1%) seguida por las Bahamas (1.3%). La menor tasa de crecimiento demográfico durante el mis-

Tabla 4. Indicadores demográficos (tendencias futuras) de varios Estados miembros de la CARICOM

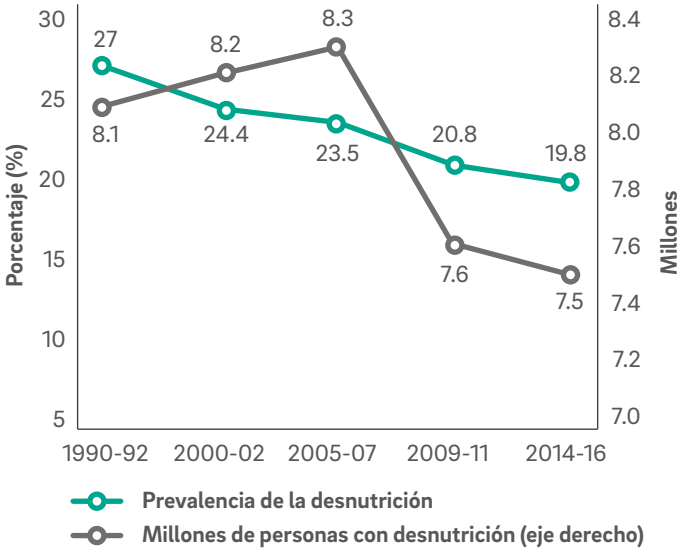
Estados miembros de la CARICOM	Población total		Fertilidad total (Promedio de hijos por mujer)		Tasa de mortalidad infantil (por cada 1,000 nacidos vivos)		Esperanza de vida al nacer (años)	
	2030	2050	2025 – 2030	2045 – 2050	2025 – 2030	2045 – 2050	2025 – 2030	2045 – 2050
Antigua y Barbuda	105,000	114,000	2.03	1.94	6.0	3.7	78.3	81.6
Bahamas	446,000	489,000	1.77	1.75	6.1	4.4	77.6	80.8
Barbados	290,000	282,000	1.82	1.84	6.0	3.9	77.8	81.0
Belice	472,000	588,000	2.19	1.89	9.9	6.6	71.7	74.3
Dominica	76,000	74,000	-	-	-	-	-	-
Granada	112,000	110,000	1.90	1.76	6.7	4.2	75.3	78.3
Guyana	821,000	806,000	2.27	2.00	27.4	20.4	67.8	69.8
Jamaica	2,867,000	2,710,000	1.86	1.77	10.7	7.4	77.5	80.3
St. Kitts y Nevis	63,000	68,000	-	-	-	-	-	-
Santa Lucía	202,000	207,000	1.69	1.66	7.5	5.7	77.0	80.0
San Vicente y las Granadinas	112,000	109,000	1.75	1.69	12.8	8.8	74.4	76.7
República de Surinam	599,000	624,000	2.08	1.86	12.1	7.9	72.9	75.6
Trinidad y Tobago	1,372,000	1,291,000	1.68	1.70	18.9	13.0	71.8	74.0

Fuente: Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población (2015).

mo período se registró en San Vicente y las Granadinas (0.1%), seguido por Jamaica (0.2%). Muchos países registraron tasas de fertilidad constantes en 2014. Las tasas de mortalidad infantil han descendido considerablemente en la región. El mayor cambio tuvo lugar en Dominica, donde la tasa de mortalidad disminuyó de 85 por cada mil niños nacidos vivos en 1960 a 20 por cada mil niños nacidos vivos en 2015. La mayor esperanza de vida al nacer tanto para varones como para mujeres (2014) se registró en Jamaica (76 años), en tanto que Guyana registró una esperanza de vida comparativamente baja al nacer (66 años).

Los datos presentados por la División de Población de las Naciones Unidas sobre tendencias futuras (**Tabla 4**) indican que para el año 2050 la mayoría de las islas del Caribe experimentarán un aumento en su población total, a la vez que las islas como Jamaica, Trinidad y Tobago y Barbados registrarán un descenso demográfico. Aunque se prevé una disminución en general no significativa de la tasa de fertilidad para el año 2050, la esperanza de vida de las islas por separado aumentará.

Figura 2. Número (millones) y prevalencia (%) de personas desnutridas en el Caribe



Fuente: El estado de la inseguridad alimentaria (SOFI) en el mundo, 2015 (FAO, 2015).
Nota: Las metas de la Cumbre del Milenio y de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación para el Caribe son de 13.5% y US$ 4.1 millones, respectivamente, para 2015.

2.5 Inseguridad alimentaria y nutricional

2.5.1 Fracción de la población que sufre inseguridad alimentaria y nutricional

El hambre se asocia con la inseguridad alimentaria y nutricional, en tanto que la desnutrición refleja la inseguridad alimentaria crónica (Martínez *et al.*, 2009). En el Caribe, entre 2011 y 2016, se estima que 19.8% de la población, que equivale a 7.5 millones de personas, se encontraba en estado de desnutrición (**Figura 2**). Se han hecho algunos progresos para reducir la prevalencia de la desnutrición en la región. El porcentaje de población que sufre desnutrición ha ido en descenso; de 1990 a 1992, 8.1 millones de personas (27%) sufrían de desnutrición. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio que llegaron a su fin en 2015 observaron una reducción de 7.2 en el número de personas que sufrían de desnutrición en el Caribe. Aunque la reducción se produjo a un ritmo muy lento, se logró el objetivo previsto.

2.5.2 Trayectoria de la inseguridad alimentaria y nutricional

La prevalencia de la insuficiencia alimentaria es un indicador que utiliza la FAO para identificar el porcentaje de personas de una población cuyo acceso a los productos alimenticios es considerado insuficiente. De 1990 a 2013 se observó una disminución general en la prevalencia de insuficiencia alimentaria en el Caribe (**Tabla 5**). Las islas de la CARICOM han avanzado en los últimos 25 años en la reducción de la desnutrición, ya que la mayoría alcanzó los objetivos mundiales para reducir el hambre y los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas (FAO, 2015).

2.6 Modelos agrícolas

La agricultura ha desempeñado un papel predominante en la economía caribeña. La agricultura en el Caribe cambió de monocultivos de caña de azúcar en el siglo XVII a una producción diversificada que incluye plátanos, cítricos, café y cacao. El Caribe practica dos sistemas agrícolas principales que son la agricultura comercial y de subsistencia. Estos dos sistemas agrícolas varían de forma considerable. La agricultura de subsistencia es utilizada principalmente por campesinos de escasos recursos en pequeñas explotaciones agrícolas, en tanto que la agricultura comercial se lleva a cabo a mayor escala. Existen pequeñas y grandes explota-

ciones agrícolas comerciales; las pequeñas abastecen al mercado local en tanto que los productos de las más grandes son exportados. Las explotaciones comerciales de mayor tamaño cuentan con un sistema de comercialización bien establecido.

2.6.1 Cultivos de plantas importantes

La agricultura, después de la era de las plantaciones en el Caribe, cambió de monocultivos de caña de azúcar a un sistema más diversificado que incluía frutas (mangos, naranjas, piñas), verduras (tomate, pepino) y raíces y tubérculos (yuca, camote, ñame), considerados cultivos básicos importantes. Los cultivos tradicionales como la caña de azúcar, el plátano y el arroz se producen principalmente para exportación. Según el anuario estadístico de la FAO de 2014, América Latina y el Caribe representan 8% de la producción mundial de frutas, 13% de raíces y tubérculos a nivel mundial y 7% de la producción mundial de cereales. Sin embargo, la producción de verduras en la región sólo representó un pequeño porcentaje de la producción mundial (Anuario, 2014).

2.6.2 Producción pecuaria

La producción de rumiantes en el Caribe es un sistema de bajos ingresos y bajo rendimiento. Debido al difícil acceso a las tierras, los animales son llevados a pastar en pastizales pobres. La carne de estos animales se vende principalmente en el mercado local. El Caribe representa 0.1% de la producción mundial total de carne, siendo la carne de aves de corral la más importante del Caribe, seguida por la carne de res y la carne de cerdo (América, 2007). América Latina y el Caribe registraron la mayor densidad de búfalos y ganado vacuno en el mundo, en tanto que la densidad de cabras y ovejas es relativamente baja (Anuario, 2014). Además, América Latina y el Caribe contribuyeron con >12% de la producción mundial de pescado (Anuario, 2014). En 2010, Saint Kitts y Nevis fueron los mayores productores de pesca de captura del Caribe (37.4%).

2.7 Estado de los sistemas agroalimentarios del Caribe

La contribución de la agricultura al PIB nacional es relativamente pequeña (<6%) en la mayoría de los países del Caribe, con excepción de San Vicente y las Granadinas (8%), y Dominica (15%). La contribución de Trinidad y Tobago es incluso inferior a 1%. La relativa importancia de la agricultura ha disminuido en los últimos diez años en todos los países del Caribe, en especial en Santa Lucía, Trinidad y Tobago y San Kitts y Nevis. En estos países, la disminución fue superior a 74% los últimos 15

Tabla 5. La prevalencia de la insuficiencia alimentaria en el Caribe

Estados miembros de la CARICOM	Prevalencia de insuficiencia alimentaria (%)	
	1990 – 1992	2011 – 2013
Antigua y Barbuda	26.2	24.4
Bahamas	18.1	13.0
Barbados	6.8	8.6
Belice	15.4	11.6
Dominica	9.5	5.2
Granada	25.9	28.9
Guyana	32.5	9.4
Jamaica	17.7	16.3
St. Kitts y Nevis	23.2	17.9
Santa Lucía	20.7	21.3
San Vicente y las Granadinas	30.6	11.3
República de Surinam	28.0	18.8
Trinidad y Tobago	20.0	14.4
Caribe	**36.7**	**26.4**

Fuente: Anuario estadístico de la FAO 2014

Tabla 6. Tamaño e importancia de los alimentos en el Caribe

País	Importaciones como % del consumo total en 1995	Importaciones como % del consumo total en 2011	Importación de alimentos en millones de dólares en 2011
Antigua y Barbuda	79	92	113
Las Bahamas	91	92	570
Barbados	72	87	312
Dominica	50	55	52
Granada	65	81	60
Jamaica	39	63	991
St. Kitts y Nevis	74	95	39
Santa Lucía	53	83	104
San Vicente y las Granadinas	54	68	77
Trinidad y Tobago	66	85	909

Fuente: FAO, Estado de la seguridad alimentaria en el Caribe CARICOM, 2015.

años. La contribución de la agricultura en la mayoría de los países ahora es mucho menor a la de la industria del turismo. Sin embargo, para muchas comunidades rurales, la agricultura continúa siendo la principal actividad económica y proveedor de oportunidades de empleo. Una característica importante y decisiva del sistema agroalimentario en el Caribe es la alta importación de productos alimenticios de consumo, así como de materias primas que requieren procesamiento adicional. En el Caribe, el promedio del consumo total de alimentos importados aumentó de 64% en 1995 a 80% en 2011 (**Tabla 6**). El valor total de las importaciones fue de US$ 4,300 millones de dólares en 2011. Se espera que el valor de las importaciones aumente aún más. La agricultura local es a todas luces insuficiente para alimentar a la población de la región. El Caribe enfrenta importantes problemas de suministro, calidad y seguridad en materia de alimentos. La mayoría de los agricultores de la región son propietarios de minifundios en terrenos con pendientes pronunciadas que carecen de recursos y capacidad para suministrar alimentos seguros y de buena calidad que satisfagan la demanda de la población. La calidad y seguridad de los alimentos se ven amenazadas debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades y el alto uso de pesticidas. La producción agrícola ha disminuido de forma considerable en todo el mundo en los últimos diez años con excepción de la producción avícola, que ha aumentado de modo significativo.

La industria manufacturera local y regional no ha avanzado mucho en el Caribe. Además, la industria alimentaria muchas veces procesa materias primas importadas en lugar de utilizar los productos locales. La industria alimentaria se compone principalmente de pequeñas y medianas empresas y microempresas. Hay solo unas cuantas (>500 empleados) procesadoras de alimentos, incluyendo algunas empresas internacionales. En la mayoría de los casos son las grandes empresas quienes cuentan con capacidad para actividades de investigación y desarrollo. De todos los países de la región, Trinidad y Tobago contribuye más a la industria alimentaria, cuya aportación al PIB es de alrededor de 4.5%.

Sólo unas cuantas empresas exportan fuera de la región. La exportación de plátano, nuez moscada y azúcar ha disminuido de forma importante en los últimos tiempos. El volumen del comercio interregional agrícola y alimentario es reducido. La región cuenta con una serie de cadenas minoristas de mediano tamaño, pero también con un gran número de pequeñas tiendas locales, vendedores ambulantes y mercados de alimentos. Alrededor de dos tercios de las ventas de comestibles se realiza a través del mercado minorista. También existen varias cadenas internacionales y regionales de comida rápida. Sin embargo, es difícil realizar una evaluación completa y exhaustiva del sistema agroalimentario en general en el Caribe debido a la falta de datos actualizados y fiables.

Figura 3. Cultivos alimentarios y de exportación del Caribe

2.8 Principales cultivos y mercados de exportación e importación

Los cultivos agrícolas del Caribe se enfocan en la caña de azúcar, el plátano, café, tabaco y raíces (yuca, camote y ñame), algunos cítricos y cacao. Otros cultivos comerciales que se cultivan en la región incluyen frutas y verduras (**Figura 3**). La mayoría de los cultivos de plantación son de exportación. Los plátanos representan importantes exportaciones en los países angloparlantes de Jamaica, Granada, Santa Lucia y San Vicente. El café es un importante cultivo de exportación en Jamaica, y su café Jamaican Blue Mountain –que se exporta principalmente a los mercados europeo, japonés y estadounidense– goza de gran renombre.

Un informe reciente dio a conocer que el costo total combinado de las importaciones de alimentos de los países de la CARICOM registró un importante aumento de US$ 2.08 mil millones en 2000 a US$ 4 mil millones de dólares en 2008 y superó los US$ 4.25 mil millones de dólares en 2011 (FAOSTAT, 2013). Además, los principales artículos de importación relacionados con los cultivos agrícolas de la CARICOM en 2011 fueron el trigo (US$ 248.8 millones de dólares), el arroz ($240 millones de dólares), el maíz (US$ 145.5 millones) y el aceite de soya (US$ 131.9 millones de dólares). Entre 2000 y 2011, los precios de los principales productos de importación (trigo, maíz, arroz y aceite de soya) aumentaron en 137, 274, 92 y 159%, respectivamente. Las importaciones de trigo en 2011 de Jamaica (29%), Trinidad y Tobago (20%) y Guyana (10%) fueron de aproximadamente US$ 73 millones de dólares, US$ 49 millones de dólares y US$ 24 millones de dólares, respectivamente (FAO, 2013). Un análisis econométrico de la demanda de importaciones de alimentos en el Caribe reveló que un aumento en el precio de los alimentos importados no generará una disminución equivalente en la cantidad de alimentos importados, principalmente en lo que respecta a aceites, alimentos básicos y otros productos alimenticios (Walters y Jones, 2016).

Cabe señalar que esta alta importación de alimentos ha incidido de forma negativa en el desarrollo de los productos agrícolas nacionales y las industrias agroindustriales debido a la incapacidad de los sectores nacionales para competir contra las importaciones (Silva *et al*., 2011). Los productores agrícolas de la región del Caribe enfrentan muchos retos en todas las etapas de la cadena de valor alimentaria. Algunos de ellos son la insuficiente capacidad de procesamiento, los elevados costos de transporte, los mercados reducidos, las políticas arancelarias y la falta de mecanismos responsables de la seguridad sanitaria e inocuidad de los alimentos, y de la certificación de la producción.

Con el fin de reducir el alto costo total de las importaciones de alimentos en la región, se requiere efectuar un cambio que sea capaz de sustituir una buena parte de las importaciones de alimentos. Por ejemplo, los cultivos de raíces como la yuca y el camote son productos importantes que se cultivan en la región del Caribe y que pueden utilizarse para sustituir una parte de la harina de trigo de la dieta caribeña.

2.9 Posibles fuentes de inestabilidad de la salud alimentaria y nutricional/Principales retos agrícolas

2.9.1 Comercio

En la región del Caribe, el comercio y la seguridad alimentaria están interrelacionados a través de diversos vínculos con la importancia de las exportaciones e importaciones de sus economías. El Caribe ha atravesado por un lento crecimiento y actividad comercial en materia de bienes de exportación a raíz de los diversos problemas económicos ocurridos con sus varios socios comerciales internacionales de Latinoamérica y Europa. El informe del Grupo de Comercio y Ajuste del Caribe dio a conocer una disminución importante de las principales exportaciones agrícolas. Existen datos estandarizados sobre el comercio sólo para ciertos países de la región. Estos datos revelaron que para Antigua y St. Kitts la relación entre importaciones y exportaciones fue de aproximadamente 20:1; en el caso de Barbados, Dominica, Jamaica, Santa Lucía, San Vicente, la República de Surinam y Trinidad, el nivel de importaciones en 2008 fue de más del doble de las exportaciones (CTA, 2011). De esta forma, los datos mencionados reflejan la alta dependencia en las importaciones y una predisposición a la inseguridad alimentaria. Actualmente, el sector agrícola depende del mercado internacional para materias primas y productos alimenticios para consumo final, pero las medidas no arancelarias (NTM) han dificultado este tipo de comercio agrícola. También existen varias barreras no arancelarias al comercio que afectan el cumplimiento de las medidas de salud agroalimentaria e inocuidad alimentaria (AHFS, por sus siglas en inglés) internacionales impulsadas por la industria y que, a su vez, plantean desafíos relacionados con el acceso de las exportaciones alimentarias y agrícolas a los mercados.

Sin embargo, recientemente se han implementado programas para lograr la liberalización del comercio mundial, como la Organización Mundial del Comercio, las negociaciones de las asociaciones económicas del Caribe con la Unión Europea (UE) y los acuerdos comerciales regionales. No obstante, a pesar de la importancia de todas estas iniciativas, es más urgente todavía identificar y establecer las políticas comerciales necesarias que promuevan el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria en la región. Las políticas deben centrarse con eficacia en las diversas facetas y naturaleza multisectorial de la seguridad alimentaria y nutricional. La Agencia de Sanidad Agropecuaria y Seguridad Alimentaria en el Caribe (CAHSFA) y los sólidos vínculos con la Agencia de Salud Pública del Caribe (CARPHA) son importantes instituciones regionales que harán posible dirigirse hacia nuevos rumbos.

2.9.2 Volatilidad en la producción y precios de los alimentos

La inestabilidad y la vulnerabilidad de la producción y los precios de los alimentos originados por las afectaciones naturales y económicas amenazan continuamente los esfuerzos dirigidos a fomentar la producción de alimentos y mantener los precios de los alimentos en el Caribe. El índice nacional de volatilidad de precios de los alimentos mide la variabilidad del precio relativo de los alimentos en un país. Según los informes de la FAO, el índice para el periodo de 2000 a 2014 reveló que los niveles más bajos de volatilidad de los precios internos se produjeron en 2000 y 2002 en los países de la CARICOM, en tanto que la mayor vo-

latilidad de precios internos de alimentos se produjo en 2001, 2004 y, en menor grado, en 2005 y 2009. En 2014, el índice de volatilidad nacional de precios alimentarios fue del doble del nivel registrado en 2000. El informe también reveló que la variación en la producción de alimentos per cápita en la región ha ido en descenso desde mediados de los años 90.

2.9.3 Desastres naturales

Los países del Caribe son susceptibles de desastres naturales que ocasionan daños generalizados a la agricultura y que plantean un desafío a los esfuerzos que se realizan para mejorar la seguridad alimentaria. Debido al reducido tamaño de estos países, a su naturaleza costera y su cercanía entre sí, los daños por unidad de superficie y el costo per cápita normalmente son elevados. En el período de 1990 a 2014, 182 desastres naturales importantes ocurrieron en la región afectando a 11.5 millones de personas y ocasionando daños a bienes inmuebles y mercancías por US$ 16.6 mil millones de dólares. Entre ellos se incluyeron deslizamientos de tierra (1%), terremotos (3%), sequías (7%), inundaciones (30%) y tormentas y huracanes (59%) (Guha-Sapir, 2015). También se ha informado que los daños y pérdidas por desastres naturales han aumentado en los últimos 15 años. Tan solo en 2004, el huracán *Iván* causó daños devastadores por US$ 815 millones de dólares en Granada, US$ 40 millones de dólares en San Vicente y las Granadinas, y US$ 2.6 millones de dólares en Santa Lucía. La interrupción de los sistemas de producción alimentaria ocasionada por los desastres naturales se debe a la laguna que existe entre la producción y el flujo de bienes y servicios que repercuten en la seguridad alimentaria y nutricional.

2.9.4 Plagas y enfermedades

La región del Caribe se ve asediada por plagas y enfermedades que representan serias limitaciones para la seguridad alimentaria y nutricional. Más aún, el desplazamiento de plagas y enfermedades entre estas pequeñas islas plantea un grave problema de cuarentena. Los tubérculos constituyen una importante fuente de alimento en la región y tan solo estas se ven afectadas por un gran número de enfermedades ocasionadas por especies de *Macrophombia*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium*, que son enfermedades bacterianas causadas por especies de *Xanthomonas* y una serie de problemas por enfermedades virales como el virus del mosaico del caupí. También se produce una amplia variedad de verduras en la región, pero estas también se ven gravemente afectadas por plagas como áfidos, ácaros, nematodos y moscas blancas. La región del Caribe aún no ha logrado alcanzar medios sostenibles para el manejo de plagas y enfermedades que son tan importantes para la seguridad alimentaria en la región. También ha habido un uso indiscriminado de pesticidas en la región, combinado con una falta de conocimiento en materia de plagas y enfermedades que con frecuencia dan lugar a diagnósticos erróneos y malos manejos. Los medios sostenibles de manejo y control de plagas y enfermedades en la región dependen de herramientas de biotecnología y estrategias integradas de manejo de plagas y enfermedades. Existen demasiados agentes potenciales de plagas y enfermedades que infestan los recursos de los países de las Américas. Esto, junto con la alta movilidad humana en las Américas y entre las islas del Caribe y los países del continente, plantean un problema de manejo y control de plagas y enfermedades de enormes proporciones. Es por eso que la investigación integrada entre todos los países de las Américas y el desarrollo de estrategias de diagnóstico y mecanismos integrados de control podrían ser la mejor forma de proceder para atenuar el impacto adverso de las plagas y las enfermedades en la seguridad alimentaria y nutricional (Gómez-Pompa, 2004).

3. Marco institucional

Frente a la creciente vulnerabilidad ante los impactos de los mercados comerciales mundiales, las amenazas naturales y el cambio climático, la generación de nuevos conocimientos a través de la investigación es fundamental si se ha de aumentar la competitividad y adaptabilidad del Caribe a estos efectos. En la actualidad, los marcos institucionales son tales que los recursos, equipos y financiamiento no son suficientes para la investigación y el desarrollo de productos básicos agrícolas locales que podrían aumentar las ventajas

comparativas. Esto se combina con la apatía y la falta de interés para destinar recursos a la investigación agrícola por parte de los gobiernos en el Caribe. Por consiguiente, el sistema de investigación agrícola continúa prosperando sustentado en gran medida por las obsoletas tecnologías de la revolución verde. Ello ha empeorado la incapacidad de los sistemas de investigación para captar tecnologías de investigación innovadoras que pudieran concretar la seguridad alimentaria y nutricional de la región.

No obstante, a pesar de estas limitaciones, la investigación agrícola está comenzando a tomar auge poco a poco. Las instituciones regionales como la CARICOM, la OECO, las Secretarías de Agricultura y el Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícola del Caribe (CARDI), colaboran en la implementación de proyectos de investigación agrícola con la UE, la FAO y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Poco a poco, esto ha dado lugar a la interrelación y el establecimiento de redes que han venido fortaleciendo la capacidad institucional y los recursos para llevar a cabo proyectos de investigación innovadores. Las bases de datos que surgen de estas colaboraciones de investigación ofrecen a los interesados la oportunidad de analizar las tendencias de la producción y el consumo agrícola en el Caribe. Sin embargo, sigue habiendo un acceso limitado a las bases de datos en el Caribe y la información es obsoleta o inaccesible en aquellos lugares que sí cuentan con ellas.

Si bien la investigación llevada a cabo en la región a través de estos vínculos ha contribuido en materia de salud alimentaria y nutricional, es necesario disponer de un mayor acceso a una gama más amplia de infraestructura científica, como instalaciones modernas para poder competir con las universidades e instituciones de los países desarrollados. Se requiere de financiamiento suficiente para mantener y actualizar estas instalaciones. La Universidad regional a cuyo cargo se encuentra la formación, la investigación y el desarrollo en la agricultura es la Universidad de las Indias Occidentales, campus San Agustín (UWI-STA). La UWI-STA ha mantenido estrechas relaciones con universidades de los países desarrollados, más que nada, para fortalecer los programas de investigación y participar en trabajos conjuntos. Los programas de financiamiento han promovido estas colaboraciones exhortando a estudiantes y científicos a reunir a sus diversos equipos de investigaciones de vanguardia. Europa es quien más contribuye para la investigación y el desarrollo del Caribe. Hay muchas organizaciones y redes científicas en la región, incluyendo las siguientes: la UWI, el Instituto Interamericano de Cooperación Agropecuaria (IICA), el Instituto Caribeño para la Investigación y Desarrollo de la Agricultura (CARDI), el Programa Cooperativo de Innovación Tecnológica Agropecuaria para el Caribe (PROCICARIBE), el Sistema de Redes de Ciencia y Tecnología Agrícolas del Caribe, la Red de Biotecnología del Caribe, la Biotecnología Vegetal en Latinoamérica y el Caribe (REDBIO/FAO), la Universidad de las Naciones Unidas Biotecnología para América Latina y el Caribe (BIOLAC). De todo ello, poco a poco han ido surgiendo redes que conectan a los científicos con la investigación agrícola.

Desde la década de 1960, la Facultad de Agricultura y Alimentación de la UWI (FFA, UWI) ha capacitado a un grupo de estudiantes universitarios y egresados de licenciaturas que colaboran o han colaborado en las Secretarías de Agricultura y otras instituciones agrícolas regionales. Sin embargo, el número de inscripciones y egresados de las licenciaturas de agricultura ha disminuido a lo largo de los años debido al cambio de prioridades de los gobiernos regionales hacia el turismo, la ingeniería, la medicina, etcétera.

4. Características de los recursos y los ecosistemas

4.1 Recursos hídricos en el Caribe

El agua es fundamental para la vida humana de la misma forma que lo es para la salud alimentaria y nutricional de los seres humanos. El agua es necesaria para la producción de cultivos y ganado para poder satisfacer las necesidades alimentarias y nutricionales de los seres humanos. Ocupa un lugar predominante en los procesos biogeoquímicos, ecohidrológicos y fisiológicos que determinan el funcionamiento de los ecosistemas (bosques, lagos y zonas húmedas), de los cuales depende la seguridad alimentaria y nutricional de las genera-

ciones presentes y futuras (Robinson *et al*., 2008; FAO, 2015). Así, pues, es indispensable disponer de suficiente agua potable y de buena calidad para consumo humano, así como para la producción agrícola y la preparación y procesamiento de alimentos para lograr una buena nutrición en el área.

En el Caribe, la abundancia de recursos hídricos es tal que la región no sufrirá carencia de agua dulce, excepto en las islas más bajas y áridas de Barbados, Antigua y Barbuda, las Bahamas y las Islas Vírgenes, con pocas aguas superficiales (**Tabla 7**). Las precipitaciones originadas por el clima tropical marítimo determinan los recursos hídricos del Caribe en la mayoría de los casos (Eudoxie y Wuddivira, 2014). El Caribe se caracteriza por dos estaciones bien marcadas: la estación seca de enero a mayo y la estación de lluvias que coincide con la temporada de huracanes de junio a diciembre (Cashman *et al*., 2009; Eudoxie y Wuddivira, 2014). La gran variabilidad de las precipitaciones, intensidad y rendimiento hídrico de una isla a la otra (de 1,217mm en Antigua y Barbuda a 4,500mm en Dominica), tiene relación, entre otras características climáticas, con la topografía, su tamaño, geología y cercanía con la parte continental.

Se prevé una disminución de 10-30% en precipitaciones en la temporada de lluvias en la mayoría de los países del Caribe como resultado del cambio climático para 2080 (Hall *et al*., 2012). Los episodios de sequía que ya se han dejado sentir afectan la seguridad alimentaria y nutricional, ya que los sistemas de producción que dependen del agua de lluvia, los caudales de agua dulce y la recarga de aguas subterráneas se han visto reducidos (Cashman, 2014). Además, la falta de infraestructuras o marcos institucionales para la gestión del exceso de agua para suministro fuera de temporada plantea amenazas importantes. La urbanización, la deforestación y la degradación de las cuencas hidrográficas superiores han dado como resultado mayores flujos de pico, inundaciones río abajo, una disminución general de los flujos de base (Edwards, 2011) y mayores cargas de sedimentos. El desnudamiento de las laderas ha dado lugar a inestabilidad de las pendientes, flujos de lodo e inundaciones de proporciones catastróficas. Todo esto afecta la producción de alimentos y el suministro de agua de buena calidad para la seguridad alimentaria y nutricional. El aumento del nivel del mar ha dado lugar a la intrusión salina y ha salinizado los acuíferos costeros, ocasionando la migración de la interfase de agua salina fresca tierra adentro. Algunas de los principales problemas relacionados con la calidad del agua que afectan la seguridad alimentaria y nutricional son la intrusión salina, la contaminación causada por las explotaciones mineras de bauxita, los altos niveles de nitratos y la eliminación inadecuada de aguas residuales en Jamaica; la contaminación agrícola y la eliminación inadecuada de aguas residuales que eleva los niveles de nitratos a alrededor de 8 mg/L en Barbados; las altas concentraciones de hierro en aguas subterráneas, los altos niveles de cloruro en acuíferos costeros y los niveles de contaminación en Trinidad.

4.2 Recursos de suelo en el Caribe

La región del Caribe, aunque limitada en tierras, cuenta con una enorme variabilidad en los recursos del suelo que fueron resultado de diversas formaciones geológicas históricas y material primario (Ahmad, 2011). Hay seis grupos edafológicos principales que abarcan cientos de series individuales.

1. Suelos originados por sedimentos marinos y de agua dulce recientes. Éstos comprenden suelos de arcilla expansiva aluvial naturalmente fértiles de textura pesada en las llanuras de inundación bajas de los países del Caribe. Los suelos han impedido el drenaje y son propensos a estancamientos e inundaciones, y físicamente difíciles de manipular. El aumento del nivel del mar, las frecuentes y prolongadas sequías y las precipitaciones de mayor intensidad parecen haber afectado la productividad de estos suelos.
2. Suelos que deben su origen a sedimentos marinos y de agua dulce pre-cuaternarios. Estos suelos de depósitos aluviales localizados tierra adentro tienen un rango de textura más amplio, fertilidad natural de moderada a alta, buenas propiedades físicas, gran capacidad para la productividad agrícola y son los mejores y más resistentes suelos del Caribe. Sin embargo, son estructuralmente inestables, tienden a degradarse y no están tan expuestos al aumento del nivel del mar. Con la urbanización, el turismo y la industrialización, las áreas de cultivo de estos suelos han disminui-

Tabla 7. Recursos hídricos en algunos países del Caribe y situación del suministro de agua

País	Breve descripción de la situación del suministro de agua
1. Bahamas	En la isla Nueva Providencia (67% de la población), el suministro de agua proviene de las aguas subterráneas locales y 30% de la isla de Andros, 75 km al oeste. Toda el agua proviene de las aguas subterráneas, excepto los pequeños suministros recolectados en azoteas y el agua de mar desalinizada. Tan sólo Nueva Providencia tuvo una demanda proyectada de 64,500 m³/d en 2000, pero tiene un rendimiento seguro de sólo 9,100 m³/d que proviene de sus fuentes de agua. Esto significa una grave escasez de agua. No hay grandes fuentes de agua superficial debido a la porosidad del suelo y las piedras. No se llevan a cabo riegos de importancia.
2. Barbados	El suministro público de agua proviene de las reservas de aguas subterráneas. El agua de las fuentes de pozo se bombea directamente a las redes de transmisión y distribución o a 24 depósitos de servicio con una capacidad variable de 900 m³ a 6,800 m³. El agua de riego se suministra en el sistema público de abastecimiento de agua (23%). Se prevé la escasez de agua en un futuro próximo, pero ya se han adoptado medidas para evitarlo.
3. Belice	El suministro público de agua se obtiene de 9 ríos, manantiales y pozos. El agua superficial requiere la eliminación de la turbiedad, los sabores y los olores mediante la sedimentación, filtración y cloración. El Departamento de Agricultura perfora pozos para uso agrícola en comunidades agrícolas, independientes del sistema público de agua. Cuenta con suficiente agua disponible para fines de riego y otros propósitos a corto plazo.
4. Dominica	Las abundantes precipitaciones, junto con el escarpado relieve y valles, dan origen a abundantes aguas superficiales para uso doméstico, industrial e hidroeléctrico. El agua superficial se recolecta en 5 nuevos depósitos construidos con acero soldado. La capacidad estimada de los depósitos de agua de 45,500 m³/d excede en gran medida la demanda prevista hasta el año 2005. No hay suficiente agua para riego.
5. Guyana	El abastecimiento público de agua se obtiene de las aguas subterráneas (84%) y superficiales (16%). La calidad del agua subterránea es buena excepto por el contenido relativamente alto de hierro de 1.5 a 2.5 mg/L de los acuíferos de arena. El tratamiento de las aguas superficiales es necesario debido al alto grado de turbiedad, color, olores y sabores causados por la descomposición de materia orgánica. Sólo 40% del agua es tratada. No existe un suministro confiable de agua. El 98% del agua se utiliza para riego.
6. Jamaica	El agua pública proviene de la superficie (8%) y de las aguas subterráneas (92%) diseminadas en los varios distritos. Se calcula que se extraen 2,542,465 m³/d de fuentes desarrolladas. Todavía se cuenta con 11.2 x 106 m³/d de agua para su posterior desarrollo. La calidad del agua subterránea es buena, sólo requiere de desinfección con cloro. El agua superficial se trata de forma convencional para eliminar la turbiedad, los sabores, los olores y la dureza. No se prevé ningún problema de escasez de agua en un futuro próximo. El 74% del agua se utiliza para riego.
7. St Kitts	Se utilizan tanto el agua superficial extraída de altas elevaciones como la de acuíferos subterráneos (que se genera en formaciones de origen volcánico). Hay 16 depósitos de distribución. La calidad del agua no tratada que proviene de las aguas superficiales y subterráneas es buena. Un tercio de las fuentes de suministro de agua se tratan mediante sedimentación, filtración rápida de arena y desinfección con cloro. Las fuentes de suministro de agua desarrolladas con rendimientos seguros de 27,100 m³/d pueden satisfacer las necesidades locales de los próximos 10 a 15 años. No hay suficiente agua para riego.
8. Santa Lucía	El suministro de agua se extrae de 33 fuentes de agua superficiales, siendo la más reciente el río Roseau, en el que se ha construido una presa y un depósito de almacenamiento para aumentar los suministros al área de Castries. Todos los suministros son desinfectados, pero algunos requieren tratamiento adicional a través de coagulación, sedimentación y filtración con arena. Los niveles de turbiedad del agua aumentan debido al aumento de la erosión en los recolectores como resultado de la pérdida de la cubierta forestal. Las actuales fuentes de agua son suficientes para la demanda futura prevista pero no para el riego.
9. República de Surinam	El suministro de agua pública proviene de aguas subterráneas y se extrae de 10 pozos en tres acuíferos principales. El agua se almacena en depósitos. La presencia de dióxido de carbono, hierro, amoníaco y cloruros de los acuíferos de arena hacen necesario el tratamiento del agua. Los principales métodos de tratamiento son la aireación, filtración con arena y la desinfección con cloro. El agua es abundante para el riego y otros propósitos.
10. Trinidad y Tobago	El agua se suministra a partir de fuentes superficiales (79%) y subterráneas (21%). Se cuenta con un total de 97 fuentes de abastecimiento. Los recursos de Caroni-Arena, Navet, Hollis y Oroupouche aportan 64% de la producción total. Los tres primeros cuentan con presas de tierra y depósitos. Hay 76 depósitos de distribución que varían en tamaño de 45,500 m³/d a menos de 45 m³/d. La Compañía de Desalinización de Trinidad y Tobago suministra 109,589 m³/d. El actual rendimiento de las fuentes de suministro de agua identificadas satisfará la demanda de agua proyectada. Podría regarse más tierra si fuera posible extraer más agua.

Fuente: Ekwue, E.I. (2010). Gestión de la demanda de agua en la región del Caribe: Prácticas actuales y necesidades futuras. *West Indian Journal of Engineering* (*Revista de Ingeniería de las Indias Occidentales*), 32: 28-35.

do de forma importante y podrían desaparecer en los próximos 50 años.

3. Suelos que deben su origen a sedimentos de agua dulce más antiguos. Estos suelos se encuentran sobre una topografía plana elevada en una meseta por encima de los primeros grupos y están expuestos a más precipitaciones. Aunque no son adecuados para la agricultura, un manejo adecuado los puede convertir en tierras productivas. La baja fertilidad inherente se debe principalmente a una superficie donde predominan las arenas finas y el cieno y un subsuelo de sedimento denso con movimiento de agua impedido.
4. Suelos que deben su origen al material calcáreo: Estos suelos se formaron a partir de material base de carbonato de calcio (piedra caliza). Se componen de: (i) suelos derivados de arcilla calcárea impura blanda, limolita, arenisca, arcillas, creta y marga, ubicados en terrenos con inclinaciones ligeras a muy inclinadas, textura de arcilla, pH en suelo deseable, disponibilidad adecuada de nutrientes y eficiencia de absorción. Los suelos son susceptibles a erosión, ya que grandes superficies han sido convertidas de monocultivos (caña de azúcar, plátanos) a cultivos de verduras y alimentarios a corto plazo con menos cobertura y protección del suelo (Eudoxie y Wuddivira, 2014); (ii) suelos derivados de rocas calcáreas endurecidas. Estos suelos tienen un perfil poco profundo que imposibilita un buen volumen de raíz y una buena capacidad de retención de agua. Los suelos son naturalmente infértiles, pobres en estabilidad estructural y susceptibles a erosión causada por el agua, y baja resistencia a la variabilidad climática.
5. Suelos derivados de materiales volcánicos. Se trata de suelos que se encuentran principalmente en las Islas volcánicas de Barlovento de Granada, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y Dominica. El subgrupo de andisoles formado de ceniza volcánica cuenta con una excelente condición física y resistencia a la erosión causada por el agua. Sin embargo, el subgrupo de aglomerados y lava es bajo en fertilidad como consecuencia de su alto nivel de precipitaciones y su topografía, y la erosión es la principal amenaza de degradación.
6. Suelos residuales derivados de rocas sedimentarias, rocas ígneas y metamórficas básicas a ácidas. Estos son los suelos que más prevalecen en el Caribe y que predominan en varias cordilleras y topografías empinadas. La profundidad de los perfiles varía en función de la pendiente y la magnitud de la erosión. Los suelos están normalmente bajo vegetación forestal primaria y bien protegidos de elementos climáticos y erosivos. La aplicación de otros usos de la tierra que eliminan la vegetación expone a los suelos a elevadas precipitaciones pluviales del Caribe que ocasionan una erosión extrema y degradación.

La región del Caribe está provista de una mezcla única de tipos de suelos que realmente no existen en ninguna otra parte. Esto presenta una oportunidad excepcional para desarrollar un enfoque sostenible que integre la agricultura moderna con los enfoques tradicionales con objeto de facilitar la seguridad alimentaria y nutricional en la región. Sin embargo, las áreas de suelos junto con las principales amenazas de urbanización, deforestación, uso de la tierra, prácticas de cultivo, contaminación, intrusión salina, peligros de erosión e impacto del cambio climático están degradando y disminuyendo rápidamente las áreas de cultivo de los suelos caribeños.

4.3 Desafíos energéticos

El principal obstáculo para el crecimiento, desarrollo y competitividad del Caribe son los altos costos de energía (McIntyre *et al*., 2016). Esto ha aumentado la vulnerabilidad de las economías caribeñas frente a factores externos, lo que a su vez culminó en un incremento de los precios de alimentos que afectó la seguridad alimentaria y nutricional. A pesar del alto acceso a la electricidad, los países caribeños utilizan costosos métodos de suministro fuera de la red en muchos sectores, incluyendo la industria alimentaria, para compensar las deficiencias de los servicios públicos como las constantes interrupciones de energía. Los altos costos de energía son resultado de la capacidad limitada de generación, sistemas de energía obsoletos, redes aisladas, falta de experiencia técnica y volatilidad en los precios del petróleo (McIntyre *et al*., 2016). Las tarifas eléctricas en el Caribe aumentaron casi 80% en el período de 2002 a 2012,

superando los $0.30/kWh de dólar de la mayoría de los países en 2012 (McIntyre *et al*., 2016). Ello contribuyó al alza de precios de los alimentos y dificultó el acceso a los mismos en el Caribe. Existe una fuerte dependencia de las onerosas importaciones de combustibles fósiles para la generación de electricidad en el Caribe. Los países del Caribe, con excepción de Trinidad y Tobago, importan 87% de los derivados del petróleo para la generación de electricidad, transporte y gas que se utiliza para cocinar.

Se piensa que la bioenergía es una alternativa sostenible para la supervivencia de los estados caribeños (Evanson, 2009). Sin embargo, la biomasa representa sólo 11% del suministro energético del Caribe y se concentra principalmente en Jamaica. Además, la selección de cultivos bioenergéticos se ve afectada por factores como: (i) productividad agroindustrial (litros de combustible por hectárea); eficiencia energética (kWh/tonelada); disponibilidad tecnológica (acceso y asequibilidad); equilibrio energético (energía contenida/suministrada: energía utilizada en la producción); impacto ambiental de la producción; competencia en la producción de alimentos; e incentivos y barreras (Evanson, 2009).

El Caribe cuenta con abundantes recursos renovables como la energía solar, eólica y geotérmica, que son opciones energéticas viables. Los recursos eólicos del Caribe, que miden un promedio de 7.5-9.0 metros por segundo durante el año, superan ampliamente los recursos eólicos de los líderes en energía eólica: Dinamarca y Europa (Haraksingh, 2001). La radiación solar en el Caribe con insolación de 15-20 MJ m-2 día-1 reemplaza la insolación de verano en Europa (Haraksingh, 2001). Sin embargo, la mayoría de los países caribeños todavía depende de combustibles fósiles importados caros para generar más de 90% de su energía. Esto se ha atribuido a la falta de recursos económicos para llevar a cabo proyectos de energía renovable y a políticas débiles relativas a la interconexión de redes.

4.4 Desafíos y conflictos de la biodiversidad

La región del Caribe secunda diversos ecosistemas que se distinguen por contar con una elevada proporción de especies endémicas de plantas y animales. La excepcionalmente alta diversidad de plantas incluye más de 13 mil especies de las que más de 6,500 pueden considerarse endémicas de una sola isla. En la región pueden encontrarse más de 600 especies de aves y aproximadamente 90 de mamíferos. Cabe destacar que la región incluye 160 especies de peces de agua dulce. Asimismo, el ecosistema costero incluye arrecifes de coral, manglares, praderas marinas, marismas de agua salada, tierras pantanosas, estuarios, bahías, playas y litorales rocosos, los cuales son de gran utilidad ecológica. Existen 26,000 km de arrecifes de coral que representan 7% del total de los ecosistemas de arrecifes de coral del mundo. El medio marino de poca profundidad también incluye 117 esponjas marinas, 633 moluscos, 45 tipos de camarones, más de 1,400 peces y 23 especies de aves marinas (CEPF, 2010). Los bosques del Caribe también contribuyen a la rica biodiversidad de la región y se clasifican como bosques húmedos tropicales y subtropicales de hoja ancha, bosques secos tropicales y subtropicales de hoja ancha o bosques tropicales y subtropicales de coníferas.

El Caribe es una región rica en biodiversidad, pero enfrenta desafíos como la destrucción y fragmentación de hábitats como consecuencia del desarrollo agrícola, urbano, turístico y comercial, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación del medio marino (Maunder *et al*., 2008). Las tasas de deforestación de los bosques tropicales son elevadas. Los informes también han demostrado que el manatí de las Indias Occidentales (*Trichechus manatus*) cada vez se ve más amenazado por la pesca comercial y las colisiones mortales con barcos (Conservation International, 2007). Con objeto de proteger y preservar la singular biodiversidad de la región del Caribe, es necesario exigir el cumplimiento de las políticas concernientes a la promoción y sostenibilidad de los ecosistemas forestales, marinos y otros ecosistemas terrestres.

4.5 Tendencias forestales

Las islas del Caribe son pequeñas y densamente pobladas con gradientes topográficos y climáticos que sustentan una amplia variedad de tipos de bosques. La composición de las especies es muy variada y comprende desde una o unas cuantas especies arbóreas dominantes (por ejemplo, bosques de manglares) hasta por lo menos 170 en

selvas tropicales (Lugo *et al*., 1981). Los investigadores reportaron 2000 especies de plantas de floración, 243 especies de árboles y 13 formaciones forestales diferentes en las Islas Barlovento y Sotavento (Lugo *et al*., 1981; Beard, 1949). Los diferentes tipos de bosques incluyen bosques de pino, de palma, sabanas, pantanos costeros y de agua dulce, bosques montanos, bosques de manglares, bosques semi-siempreverdes y siempreverdes de tierras bajas, bosquecillos secos bajos, bosques inundados, bosques caducifolios, bosques tierra adentro y bosques de bambú, y especies de plantaciones que se introdujeron como el pino Caribe y la teca. Estos bosques aportan servicios vitales para los ecosistemas y son importantes medios de sustento para la seguridad alimentaria y nutricional. Los bosques en la mayoría de las islas cubren alrededor de 30% de la superficie terrestre. Así y todo, se tienen noticias de una tendencia de cubierta forestal cada vez menor entre 1990 a 2010 en Dominica, Jamaica, Santa Lucía y Trinidad y Tobago (**Tabla 8**) (FAO, 2010).

Los bosques del Caribe han sido continuamente talados y degradados como resultado de la creciente presión demográfica, las actividades antropogénicas negativas como la deforestación, los incendios incontrolados e intencionales, y la tala y el cambio climático. Estas actividades alteran la cubierta vegetal dando lugar a nuevos ecosistemas con una degradación importante del suelo, así como a una alteración considerable de los presupuestos de carbono, ciclos de nutrientes, características de los combustibles y hábitat (Robbins *et al*., 2008; Aide *et al*., 2012), equilibrio energético e hidrológico. Los estudios han expuesto la extensa deforestación de algunas islas, pero también se tienen noticias de la recuperación de los bosques. Trinidad y Tobago y Jamaica sufrieron la mayor pérdida de áreas de vegetación leñosa por la deforestación entre 2001 y 2010 (Aide *et al*., 2012). Sin embargo, se sabe poco en el Caribe sobre el impacto de estas actividades antropogénicas y el cambio climático en la estructura forestal, funcionamiento y sustento de los ecosistemas. Adicionalmente, la capacidad de recuperación de los bosques se ve comprometida por la constante pérdida y degradación que entorpecen la mitigación del cambio climático y la adaptación de la región del Caribe que hasta ahora ha sido considerada como una de las regiones más vulnerables a los efectos del cambio climático.

La gestión forestal sostenible es de primordial importancia para la salud alimentaria y nutricional, así como para la sostenibilidad del Caribe en los próximos 50 años. Esto es importante dada la incesante deforestación, la expansión urbana, los incendios forestales y los minifundios en pendientes empinadas que continúan fragmentando y reduciendo las áreas forestales y su capacidad de hacer frente a los desastres naturales y al cambio climático. Vale la pena mencionar que la gran diversidad de tipos de bosques en el Caribe dificulta el manejo efectivo de estos en áreas extensas. Por lo tanto, es necesario incorporar estrategias eficaces de adaptación y mitigación en la gestión y práctica forestal; reforzar la información que se da a conocer sobre los bosques y el impacto del cambio climático; actualizar y fortalecer el débil

Tabla 8. Porcentaje de cambio reportado en la extensión del bosque 2005 - 2010 de algunos países del Caribe

País/Superficie	Extensión de cubierta forestal (% de la superficie)	1990-2000	2000-2005	2005-2010
Dominica	60	-0.55	-0.57	-0.59
Granada	50	0	0	0
Jamaica	31	-0.11	-0.10	-0.12
Santa Lucía	77	0.64	0.13	0
San Vicente y las Granadinas	68	0.27	0.23	0.30
Trinidad y Tobago	44	-0.30	0.31	-0.32

Fuente: FAO (2010). Informe del país sobre la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010: San Vicente y las Granadinas. Roma: FAO.

y obsoleto marco jurídico, legislativo y normativo encargado del manejo forestal; establecer normas claras sobre el uso de la tierra y políticas encaminadas a reducir la invasión no coordinada de áreas en bosques protegidos; educar sobre la importancia de los bosques en temas como la estabilización de los taludes y la protección de los suelos cercanos a los bosques de laderas, así como en la protección de las costas por los manglares.

4.5 Impactos potenciales del cambio climático

Los impactos de los mercados comerciales mundiales, las amenazas naturales y la vulnerabilidad al cambio climático son factores importantes que perjudican el acceso a los productos alimenticios en el Caribe. Ello se debe a los súbitos e inesperados impactos de una crisis económica o climática y/o a eventos cíclicos como la inseguridad alimentaria estacional. Estos efectos negativos se han agudizado debido a varios eventos devastadores como huracanes, inundaciones, erupciones volcánicas y terremotos que han causado enormes daños a la infraestructura, incluyendo explotaciones agrícolas y cuyos resultados afectaron la disponibilidad, el acceso y la estabilidad de los productos alimenticios.

El cambio climático es un tema que debe atenderse por su posible impacto negativo en los recursos de los que depende la seguridad alimentaria y nutricional. En general, se espera que el aumento del nivel del mar suponga una mayor amenaza para las vidas y los medios de subsistencia en las comunidades predominantemente costeras del Caribe por la intrusión salina, las inundaciones costeras y los daños infraestructurales causados por marejadas y la erosión. El calentamiento de los mares ya está causando la decoloración y muerte de los corales, los recursos hídricos ya han sido afectados por los cambios en los patrones climáticos, y las especies invasoras y no endémicas ya están ocasionando graves problemas de salud pública en las islas. Se prevé que la intrusión salina de agua tendrá un mayor impacto en los recursos hídricos agrícolas de las llanuras costeras que las altas temperaturas debido a la salinización de los acuíferos costeros y subterráneos, y dará lugar a una menor disponibilidad y calidad de agua dulce. Esto también cambiará la dinámica de otros recursos hídricos costeros como las zonas húmedas, los pantanos y manglares que proporcionan importantes servicios ecológicos (Eudoxie y Wuddivira, 2014).

Además de los efectos del aumento del nivel del mar, Arnell (2004) llegó a la conclusión de que el aumento de la variabilidad de las precipitaciones, su intensidad y frecuencia, probablemente ocasionará que las islas del Caribe sufran de estrés hídrico. Las intensas precipitaciones también darían lugar a una menor infiltración de agua, más escurrimientos y una menor calidad de agua proveniente de las fuentes superficiales continentales. La mayor evapotranspiración relacionada con las altas temperaturas añade problemas adicionales al suministro de agua tierra adentro. Esto también afectará la recarga de agua subterránea de forma negativa. La mayor frecuencia de eventos de alta precipitación energética que se prevé, aumentará la vulnerabilidad a la degradación de los precarios recursos del suelo en el Caribe. Además, al combinarse con las presiones de urbanización y producción agrícola de las tierras marginales, se acelerará la degradación de los recursos regionales del suelo. Los principales problemas de degradación del suelo en el Caribe son la pérdida acelerada de los suelos, la disminución de la fertilidad del suelo, una mayor incidencia de inundaciones, la contaminación del suelo y del agua (Wuddivira *et al*., 2010). Todos estos problemas guardan relación con el proceso de erosión del suelo.

Por consiguiente, se espera que el cambio climático agrave la vulnerabilidad al hambre y la pobreza y también ocasione una mayor degradación ambiental en los países más pobres y vulnerables que contribuyen a los niveles más bajos de emisiones (Evanson, 2009). Se ha calculado que las pérdidas por daños causados por huracanes, daños a infraestructuras debidos al aumento del nivel del mar y a pérdidas en la industria del turismo sumarán un promedio de US$ 10.7 mil millones de dólares en 2025, y hasta US$ 46,200 mil millones de dólares en 2100. Estas pérdidas representarán más de 75% del PIB en St. Kitts, Dominica, Granada y las islas Turcas y Caicos hacia fines de siglo (Bueno *et al*., 2008). Por lo tanto, las economías pequeñas y vulnerables del Caribe están expuestas a una mayor vulnerabilidad económica como resultado de los desastres naturales y a una baja capacidad de resistencia y un alto grado de exposición a los impactos del cambio climático.

5. Tecnología e innovación

5.1 Papel de la Biotecnología

A pesar de la abundancia de recursos naturales, la pobreza y la inseguridad alimentaria afectan a más de 55% de la población rural de los países del Caribe (Izquierdo y de la Riva, 2000). Por ello es imperativo que se analicen posibles estrategias para satisfacer la creciente demanda de alimentos nutritivos y se solucione la seguridad alimentaria. Una de esas estrategias es a través de la aplicación de la Biotecnología.

5.1.1 Cultivo de plantas

La biotecnología vegetal ofrece varias posibilidades para aumentar la productividad, la diversificación y la producción, al mismo tiempo que facilita una agricultura más sostenible (Izquierdo y de la Riva, 2000). El sector agroalimentario del Caribe se caracteriza, entre otros factores, por su creciente dependencia de la importación de alimentos, predominantemente cereales, la desaceleración del crecimiento de la producción agrícola y la pobreza que afecta a amplios sectores, particularmente a la población rural (Beckford, 2011). El material de siembra disponible para los agricultores a pequeña escala en el Caribe muchas veces no es suficiente y, además, es de mala calidad, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria (Ogero *et al*., 2012). Los cultivos como el ñame, la yuca y el camote son importantes alimentos básicos y, si bien son cultivos menores a nivel mundial, contribuyen de forma importante a la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales de esta región.

El camote se volvió cada vez más importante en los actuales planes de desarrollo agrícola de los países de la CARICOM en materia de seguridad alimentaria. Sin embargo, las razones para limitar su desarrollo incluyeron rendimientos bajos asociados con malas prácticas agronómicas, calidad inconsistente, alta incidencia de plagas y enfermedades y un manejo postcosecha inadecuado. La yuca es cultivada principalmente por agricultores de subsistencia en tierras marginales. Un desafío importante para mejorar la oferta de este producto ha sido el acceso a cantidades insuficientes de material de siembra libre de enfermedades. Con objeto de asegurar un suministro suficiente de yuca en la región, es necesario aumentar la productividad (por ejemplo, adoptando variedades mejoradas resistentes a plagas y enfermedades), mejorar la infraestructura física y de comercialización y adoptar tecnologías de procesamiento adecuadas. El ñame también se considera un cultivo importante para lograr la seguridad alimentaria. Esto se atribuye a sus excelentes propiedades de almacenamiento y a su capacidad de generar ingresos.

Hace años se identificó la falta de material de siembra de buena calidad para estos cultivos domésticos, y en un esfuerzo por mejorar la seguridad alimentaria a este respecto, la FAO, en colaboración con el CARDI, coordinó un proyecto para establecer y fortalecer los laboratorios de cultivo de tejidos y brindar capacitación para la propagación *in vitro* de raíces y tubérculos libres de enfermedades como la yuca y el camote durante 2010-2013 (Roberts y Georges, 2013). También, a través del cultivo de tejidos, se desarrolló un método de cultivo *in vitro* para aumentar la resistencia del plátano a Fusarium, así como un método de endurecimiento *in vitro* para el plátano (Roberts y Georges, 2013). Más recientemente, el cultivo de tejidos se ha utilizado como una herramienta económica para la micro-propagación de muchos cultivos alimenticios y ejemplo de ello en el sector agrícola del Caribe (CEPAL, 2008a,b) incluyen los siguientes: (a) Se han mejorado los apoyos para la producción de grandes cantidades de cítricos y cultivos de raíces, así como para la conservación de la variedad de ñame blanco de Lisboa (*Discorea alata*) mediante la eliminación de la enfermedad viral de la mancha marrón en su interior. La distribución de plantas mejoradas culminó en un aumento de 40% en rendimiento.

5.1.2 Producción pecuaria

El ganado aporta 40% del valor global de la producción agrícola y se espera que aumente con el crecimiento demográfico (FAO, 2009). Las tecnologías y biotecnologías aplicadas en la agricultura animal han contribuido enormemente al aumento de la productividad, en especial en los países desarrollados, y pueden ayudar a mitigar la pobreza y

el hambre, reducir las amenazas de enfermedades y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional en el Caribe. Algunos de los informes más exitosos y generalizados sobre la cría de animales que se han conocido en esta región han sido el borrego *Blackbelly* o Barbados (oveja barriga-negra) y el *Buffalypso*. Esta cruza ha dado origen a muchas razas importantes de ovejas. En la década de los 40, un programa de cría inició la promoción del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) *buffalypso* como productor de carne (Bennett *et al*., 2007). Esta raza superior productora de carne ha sido exportada a muchos países en Latinoamérica y Sudamérica. Hoy día en el Caribe se ha observado una reducción significativa en el número de búfalos, en especial del tipo *Buffalypso*, debido a la erosión de la biodiversidad ganadera (Steinfeld *et al*., 2006). No se han tomado medidas actualmente para asegurar la supervivencia de este germoplasma en el Caribe (Steinfeld *et al*., 2006).

La tecnología de transferencia de embriones y el análisis genético molecular se aplicó en la industria ganadera en Jamaica logrando desarrollarse razas de ganado criollo tropical de *Jamaica Hope, Jamaica Black* y *Jamaica Red* a comienzos de 2016. El uso de la biotecnología abordó los crecientes desafíos que conlleva la exportación de ganado vivo. Además, la tecnología de transferencia de embriones podría dejar margen para la conservación genética de estas importantes razas y garantizar su rápido mejoramiento que sin lugar a dudas es un factor de suma importancia para la seguridad alimentaria. Además, muchos criadores de ganado ovino y caprino del Caribe experimentaron dificultades para obtener animales reproductores de alta calidad y tuvieron que recurrir a la importación y utilización de semen congelado para mejorar su material genético. Los países de la CARICOM consumen anualmente más de 11 millones de kilos de carne de cabra y oveja, pero solo 30% de esta cantidad se produce localmente (FAO, 2015). A través de tecnologías en materia de reproducción animal dedicadas a la inseminación artificial, la FAO comenzó a prestar apoyo en 2015 para mitigar este desafío al participar de forma integral en la capacitación sobre inseminación artificial de cabras y ovejas (FAO, 2009) dirigida a agricultores y técnicos ganaderos en Guyana, Jamaica y Barbados.

A pesar de que la biotecnología se ha aplicado con éxito en la agricultura animal, no se han logrados grandes avances en este ámbito. El Caribe aún está lejos de contar con la capacidad para participar en proyectos específicos de biotecnología animal y le fue imposible incluso sustentar algunos progresos significativos que se habían reportado. Así, pues, es posible lograr la sostenibilidad mediante el desarrollo de políticas ganaderas adecuadas y la implementación de programas apropiados de mejoramiento.

5.1.3 Plagas y enfermedades

En la región del Caribe, los problemas relacionados con las plagas y las enfermedades de las plantas imponen graves limitaciones, especialmente porque la agricultura se lleva a cabo en pequeños minifundios cercanos entre sí. Así, pues, los agricultores se esfuerzan por encontrar soluciones rápidas y eficaces para la solución de estos problemas. El temprano diagnóstico y manejo preciso de la enfermedad son imperativos para la seguridad alimentaria en la región. Tradicionalmente, los microorganismos se han identificado a través de medios visuales, métodos de aislamiento y morfología. Estos métodos han aportado algunas ideas para la identificación de microorganismos, pero involucran un proceso relativamente lento y solo se pueden cultivar unos cuantos microorganismos (de Gannes *et al*., 2013a,b). Por añadidura, la mayoría de las veces, la identificación de los patógenos se logra después de que los cultivos ya han sufrido una cantidad significativa de daño. La biotecnología ofrece herramientas para la pronta identificación de patógenos. Algunos de estos incluyen los siguientes: PCR anidada, PCR múltiple, PCR múltiple anidada, polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP) y PCR en tiempo real (RT-PCR) y secuenciación de ADN.

En algunos de nuestros países tropicales vecinos (Colombia, Costa Rica, Perú y Brasil), la enfermedad cuero de sapo de la yuca ha causado hasta 90% en pérdidas de rendimiento y las acciones que se han realizado con objeto de identificar el agente causal de esta enfermedad por medios convencionales no han dado frutos. Sin embargo, fue posible identificar el agente causal mediante AFLP (Cockcroft *et al*., 2003). Este es sólo un ejemplo de cómo la aplicación de la biotecnología

incidió positivamente en la seguridad alimentaria en nuestros países tropicales vecinos. Así, pues, la región del Caribe puede utilizar este modelo como trampolín y aumentar la aplicación de la biotecnología en la región.

Las enfermedades graves han puesto en problemas a la industria de la papaya en países del Caribe como Trinidad y Jamaica, por lo que es de suma importancia identificar de forma precisa los patógenos responsables de las enfermedades con el fin de encontrar estrategias de manejo de la enfermedad. La antracnosis de la papaya es una enfermedad postcosecha grave. Con objeto de estudiar la infructuosa identificación del patógeno, se aplicó PCR y los resultados fueron capaces de identificar la caracterización fenotípica de las especies de *Colletotrichum* asociadas con la enfermedad de antracnosis de los dos cultivares principales de papaya en Trinidad (Rampersad, 2011). En Jamaica se desarrolló papaya transgénica resistente a las enfermedades causadas por el virus del anillado de la papaya a través de un programa de mejoramiento de plantas (PRSV) (Tennant *et al*., 2002). Por desgracia, no se implementaron los mecanismos legislativos y reglamentarios necesarios que hicieran posible las pruebas de campo de las siguientes generaciones de papaya transgénica resistente al virus del anillado (PRSV) en los huertos de los agricultores y aprovechar el suministro de semillas por lo que no fue posible poner en marcha las subsecuentes etapas de comercialización (Tennant, 2002).

Aun cuando en algunas economías emergentes se han acondicionado laboratorios moleculares, estos se han quedado rezagados en los países del Caribe. Se requiere más financiamiento, un crecimiento sustancial de las capacidades humanas, la capacidad tecnológica y de infraestructura y el mejoramiento de la prestación de los servicios de diagnóstico para aprovechar las ventajas de las técnicas de diagnóstico molecular en la patología vegetal (De Gannes y Borroto, 2016). Los gobiernos desempeñan un papel crucial en el apoyo a la capacidad de diagnóstico, pero lo más importante es que es indispensable brindar apoyo a los sistemas y redes de diagnóstico molecular en el Caribe (De Gannes y Borroto, 2016).

5.2 Perspectivas de nuevos productos agrícolas

La modernización de la industria alimentaria debe centrarse principalmente en la aplicación de las "mejores prácticas" en materia de inocuidad de alimentos y gestión de la calidad, tecnologías post-recolección, logística e infraestructura, diseño higiénico de locales destinados a los productos alimenticios y equipos de fabricación, sistemas de producción sin desperdicios, sistemas de automatización y sistemas de TIC, materiales y sistemas de embalaje y formación del personal en todos los niveles. La mayoría de estos sistemas son fabricados en serie/comerciales por lo que no es necesario realizar un proceso de investigación y desarrollo. Deben ponerse en práctica políticas que permitan a las empresas efectuar los saltos tecnológicos necesarios. Las áreas específicas para investigación y desarrollo son el desarrollo del mercado de productos alimenticios y bebidas específicas con valor añadido del Caribe (frescos, refrigerados, listos para comer, culinarios, no alcohólicos), incluyendo el uso de nuevas tecnologías de procesamiento y envasado que pueden dar a estos productos una ventaja competitiva y son apropiados para la escala de operaciones del Caribe.

5.3. Tecnología de agricultura de precisión en el Caribe

Acabar con el hambre y lograr la salud alimentaria y nutricional puede lograrse mediante la promoción de la agricultura sostenible y el uso de tecnologías adecuadas. Se ha demostrado que la tecnología ha aumentado cada vez más la disponibilidad de alimentos en el Caribe en las últimas décadas (FAO, 2016). No obstante, los limitados recursos de tierras en la cadena de islas se caracterizan por la gran diversidad de sus suelos cuyas propiedades más importantes varían en distancias cortas. Esta variabilidad dentro del campo en el tiempo y el espacio disminuye la productividad de los cultivos e impacta el medio ambiente de forma negativa, ya que el manejo de las tierras y la aplicación de los insumos muchas veces se llevan a cabo de modo uniforme sin tener en cuenta la variabilidad de los suelos. Para lograr la seguridad alimentaria en la región, el sistema agrícola debe diseñarse para ser eficiente

y lograr una producción a menor costo a través del uso de tecnologías de agricultura de precisión que optimicen los pocos y variados recursos para poder lograr una alta productividad agrícola.

La agricultura de precisión puede revitalizar la deteriorada industria agrícola del Caribe mediante la modernización de las explotaciones agrícolas actuales y futuras. La agricultura de precisión mejora el manejo de las explotaciones agrícolas mediante la aplicación de la cantidad puntual y específica de insumos que requiere cada uno de los sitios con objeto de optimizar la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad y reducir al mínimo los impactos negativos en el medio ambiente. En el Caribe, se sabe que la variabilidad en el tiempo y el espacio de las propiedades del suelo y otros factores edáficos influyen en la productividad de los cultivos (De Caires *et al*., 2015; Stocking, 2003). Por consiguiente, la identificación de la enorme variabilidad agronómica mediante la agricultura de precisión para la aplicación correcta de los insumos puede potencialmente aumentar la rentabilidad de las granjas y avanzar hacia la seguridad alimentaria y nutricional. Sin embargo, la adopción de la agricultura de precisión en el Caribe se ha visto obstaculizada por los siguientes factores: el sector agrícola ha perdido la batalla frente a otros usos que se les ha dado a las tierras (turismo, vivienda e industria), el sector agrícola está controlado por generaciones anteriores a quienes no interesa la tecnología, el costo inicial de inversión de las tecnologías de la agricultura de precisión es demasiado alto para la mayoría de los agricultores, y las topografías montañosas junto con los cultivos de los minifundios en terrenos con pendientes pronunciadas plantean ciertas dificultades para la aplicación de las tecnologías de agricultura de precisión.

5.4 Desarrollo de recursos de acuacultura / marinos

A pesar de que la industria acuícola del Caribe se considera de pequeña escala en comparación con países pesqueros como Japón, Islandia y España, la región depende en gran medida de estos recursos para su alimentación y nutrición, así como para oportunidades de empleo. La pesca genera aproximadamente US$ 400 millones de dólares en toda la región y es crucial para la seguridad alimentaria (Caribbean Marine Environment, 2016). Muchas especies como la tilapia, la gamba de agua dulce y los camarones peneidos fueron introducidas en la región a principios de los años cincuenta. Algunas especies nativas de Trinidad y la República de Surinam son el cascadura (*Hoplosternum littorale*), *Epinephelus striatus*, *Lutjanus* spp y *Mithrax spinosissimus*). La región también cuenta con valiosas especies como el pez espada y el atún, que ayudan a satisfacer la enorme demanda de pescado a nivel local e internacional. La exportación de pescado es muy importante para islas como Trinidad y Tobago, Bahamas y Granada. Las islas también desempeñan un papel fundamental en áreas como el desove y cría, incluso de poblaciones de peces del Atlántico Norte y otras importantes áreas de transbordo como Puerto España, Trinidad, y especies como el pez espada, el atún y el pez aguja (http://www.worldfishing.net/news101/regional-focus/the-caribbean).

Los gobiernos han desarrollado varios programas para mejorar las embarcaciones pesqueras y fomentar la utilización de mejores herramientas de pesca y motivar a los pescadores a cambiar de la sobreexplotada pesca de bajura a la pesca pelágica en alta mar. La **Tabla 9** muestra un proceso de desarrollo adicional de la industria acuícola/marina en el Caribe basado en un informe sobre la situación de la acuacultura del Caribe por la FAO, 1993 (FAO, 1993). Se han concebido tres etapas en las que se demarcan los requisitos previos y los resultados esperados, la aportación nacional que cada país debe realizar para alcanzar los resultados esperados y las posibles actividades de asistencia externa para las acciones nacionales (FAO, 1993). A pesar de los programas de los gobiernos, muchas de las islas aún se enfrentan a desafíos en la forma de recursos administrativos limitados y capacidad de ejecución. Los informes han puesto de manifiesto que las principales especies pesqueras de importancia han sido desarrolladas por completo o se han sobreexplotado y 70% de los arrecifes de coral enfrenta los peligros de la sobrepesca (CARSEA, 2007). Además, la acidificación de los océanos ha ido en aumento y esto amenaza la acuacultura y la pesca como fuentes de alimento.

Los arrecifes de coral son útiles para la economía y el medio ambiente y ofrecen seguridad alimentaria, protección de los litorales contra oleajes fuertes, además de que aportan ingresos provenientes del turismo. Asimismo, la disminución de calcificación de los corales debido a la acidificación de los océanos reduciría los invaluables beneficios que los arrecifes proporcionan a la región (Friedrich *et al*., 2012). De ahí que la integración de los corales en algunos de los recursos acuícolas y pesqueros que reciben más atención podría representar una invaluable oportunidad para la región en años por venir, y el camino a seguir a este respecto.

6. Aumento de la eficacia de los sistemas alimentarios en el Caribe

Es difícil evaluar la eficacia del sistema alimentario en el Caribe debido a la falta de datos completos y confiables y puntos de referencia que cubran toda la cadena de suministro de alimentos. Las políticas y regulaciones nacionales y regionales, así como los organismos fiscalizadores en materia de seguridad alimentaria y calidad de alimentos, la gestión de residuos y del medio ambiente y la organización de la cadena de suministro tienen un fuerte efecto en la eficacia del sistema agroalimentario. Sin embargo, estos elementos en el Caribe son anticuados, en su mayoría, y/o inexistentes y/o no se cumplen de forma adecuada. En muchos casos, todo el sistema está desarticulado y carece de coordinación. Recientemente, la CARICOM y los gobiernos nacionales anunciaron y publicaron iniciativas para mejorar esta situación, pero su implementación será un reto dada la actual y difícil situación económica de muchos países del Caribe. Contar con un sistema agroalimentario eficaz conviene a todos los interesados, desde agricultores hasta consumidores por igual, y es un elemento medular para lograr la seguridad alimentaria en la región.

Hasta la fecha, sólo se han publicado unos cuantos estudios de casos sobre residuos agroalimentarios y sólo un estimado del total de estos residuos en el Caribe. Los resultados indican que la mayoría de los residuos agroalimentarios se generan en la fase de producción y que el porcentaje global de residuos es inferior al promedio. Sin embargo, es necesario realizar estudios más pormenorizados para conocer realmente la situación que guarda el Caribe. En el Caribe, las prácticas de

Tabla 9. Proceso de desarrollo para la industria acuícola / marina en el Caribe

Requisitos previos	Contribución nacional	Cooperación externa
	Experimental	
• Voluntad política • Condición física favorable • Perspectivas del mercado	• Disponibilidad de infraestructura básica (por ejemplo, tierra) • Contraparte nacional	• Participación en la construcción de infraestructura (también 100%) • Asistencia técnica para la evaluación y transferencia de tecnología
	En desarrollo	
• Infraestructura funcional • Tecnología experimentada • Tecnologías clave – gente capacitada • Una idea del potencial de desarrollo • Conciencia política	• Estructura pública flexible y voluntaria • Recursos de infraestructura y servicios de apoyo • Disponibilidad de inversiones para proyectos piloto	• Asistencia: técnica, administrativa e institucional • Asistencia en cuanto a oportunidades de inversión y fuentes de financiamiento externo
	Comercial	
• Política sectorial • Presupuesto para acciones de apoyo • Marco institucional • Líneas de crédito específicas	• Inversiones privadas • Naturaleza normativa y legislativa del sector público • Disponibilidad de servicios de apoyo	• Información comercial • Información científica

Fuente: Informe sobre la situación de la acuicultura en el Caribe, FAO (1993). http://www.fao.org/3/contents/26d9132a-cf8b-5bc6-86fe-00d2e-d61f902/AB490E01.htm#chl

manejo postcosecha, así como el acceso a instalaciones adecuadas (transporte, refrigerado y almacenamiento), son casi inexistentes, además de que también hay asuntos de logística que deben resolverse (carreteras, infraestructura portuaria). Es de esperar que el problema de los residuos se vea agravado por la falta de sistemas adecuados de inocuidad y calidad de los alimentos, reglamentos, normas y aplicación que inevitablemente dan origen a alimentos de consumo (incluidos algunos productos alimenticios importados) que no son aptos para el consumo humano. La mayor parte de los residuos sólidos del Caribe son llevados a rellenos sanitarios. La cantidad de residuos que se recicla o se destina a otros usos es escasa, aunque se propone implementar nuevas estrategias a este respecto. En la mayoría de los países caribeños, estas áreas de desecho se componen básicamente de residuos orgánicos, aunque el porcentaje de materiales plásticos (botellas/envases) también es considerable. En la actualidad no existen programas nacionales y/o regionales para reducir la cantidad de residuos agroalimentarios y de materiales de envasado. Las mejoras en el manejo postcosecha y en el procesamiento posterior de los productos locales pueden dar como fruto un aumento del consumo de agua y energía en la industria agroalimentaria caribeña, complementando las ganancias potenciales mediante la puesta en práctica de métodos y sistemas más eficientes en las industrias existentes.

Otros factores que obstaculizan la eficacia del sistema agroalimentario en el Caribe son los siguientes:

- El aparente desacople entre las demandas de los consumidores (minoristas) y el mercado y la producción agrícola local.
- Muchas plantas de producción de alimentos no están adecuadamente diseñadas, utilizan inadecuados equipos de procesamiento y no cuentan con sistemas de gestión de calidad y seguridad alimentaria actualizados.
- La falta de cooperación y coordinación en la cadena de suministro de alimentos entre los agricultores, los comerciantes, los productores y los minoristas nacionales e internacionales.
- La falta de suficiente personal de producción y técnicos con la formación adecuada, lo que plantea un problema en todas las etapas de la cadena de producción.
- Un sistema poco desarrollado de proveedores de servicios: pruebas e investigación y desarrollo, servicios de extensión, empresas de ingeniería, proveedores de equipos y embalaje.
- Los niveles de delincuencia relativamente altos en la mayoría de los países del Caribe. El robo agropecuario es frecuente en la mayoría de las comunidades agrícolas y casi todos los agricultores sufren estos hurtos. Se estima que estas pérdidas representan 18% de todos los productos. El robo agropecuario perjudica e impide la inversión en la agricultura. Actualmente no existen políticas eficaces para combatir este delito.

7. Consideraciones de salud

7.1 Enfermedades transmitidas por alimentos

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (FBD) continúan representando un serio problema de salud mundial. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) sobre la carga mundial de las enfermedades transmitidas por los alimentos, cada año más de 600 millones de personas en el mundo se enferman después de consumir algún tipo de alimento contaminado. Entre 1990 y 2006 se reportaron más de 90 brotes en 16 países del Caribe de los cuales 40% fueron enfermedades virales y 50% bacterianas (GFN UPDATE, Global Foodborne Infections Network, mayo de 2011, Vol. IV). Un estudio realizado en 2008-2009 por la Agencia de Salud Pública del Caribe (CARPHA), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la UWI en colaboración con la Secretaría de Salud, encontró que cada año aproximadamente 135 mil habitantes de Trinidad y Tobago (aproximadamente 1 de cada 104 personas) sufre de diarrea probablemente debido al consumo de un alimento o bebida contaminada (CARPHA, 2015). Los datos del sistema regional de vigilancia de 2005 a 2014 revelaron que las enfermedades transmitidas por alimentos son un problema de salud pública que continúa agravándose y que representa una elevada carga económica para el Caribe (Indar *et al.*, 2015a; Guerra *et al.*, 2016).

Los agentes causales bacterianos *Salmonella, Shigella* y *Campylobacter* prevalecen e impactan en los costos económicos anuales totales de la gastroenteritis aguda sindrómica (AGE) y las enfermedades transmitidas por alimentos (FBD), con una carga estimada de US$ 2.2 y 40.4 millones de dólares, respectivamente (Indar *et al*., 2015a, b). Los datos sobre enfermedades transmitidas por alimentos y las infecciones por salmonela en el Caribe revelaron que el número de casos de enfermedades transmitidas por alimentos en humanos aumentó 26% (Indar *et al*., 2015a). Los patógenos que más incidieron en las enfermedades transmitidas por alimentos fueron la *Salmonella* no tifoidea (47%), seguida por envenenamiento por *ciguatera* (24%), *Salmonella typhi* (9.8%), *Shigella* (8%), *Campylobacter* (6%) y *norovirus* (3.9%). Se observó un aumento de *Salmonella* no tifoidea (51%), *norovirus* (26%) y *Campylobacter* (25%) de 2005 a 2014, en tanto que la *Salmonella typhi*, la *Shigella* y la *ciguatera* disminuyeron 99, 54 y 18%, respectivamente, durante el mismo período. La enteritidis fue la más comúnmente aislada en Trinidad y Tobago, Jamaica y la República de Surinam. La *Salmonella Typhimurium* predominó en Barbados y Mississippi en Bermuda (Indar *et al*., 2015a).

7.2 Consumo excesivo

La hoja de balance de alimentos reveló que, en los países de la CARICOM, el total de ingesta de energía y macronutrientes (carbohidratos, proteínas y grasas energéticas) había superado desde la década de 1960 los objetivos alimentarios recomendados y ha continuado aumentando constantemente con el paso del tiempo (**Figura 4**). También reveló que la disponibilidad de azúcares y edulcorantes excede los objetivos recomendados y ha ido en aumento a lo largo de los años (**Figura 5**). El consumo de grasa y la ingesta diaria de grandes cantidades de azúcar son las principales causas de obesidad y muerte en el Caribe. El objetivo diario de azúcar recomendado por día en niños es de unos 25g (5 cucharaditas) y 50g (10 cucharaditas) en adultos. En comparación con las cifras mundiales, el Caribe –en particular Jamaica y Barbados– encabeza junto con Kuwait la lista de niños de entre 13 y 15 años que consumen más de una botella de refresco al día (Caribbean Medical News, 2017).

Como resultado, las tasas de obesidad han aumentado enormemente en el Caribe con un mayor impacto en mujeres y una tendencia al alza en niños (FAO, 2016). Por ejemplo, en Jamaica las tasas de obesidad en los adultos han aumentado aproximadamente 1% por año desde 2002 –45% en 2002 a 54% en 2008 y 60% en 2016–, incrementando el riesgo de enfermedades cardiovasculares (diabetes e hipertensión) y dando como resultado dos muertes de cada tres (Henry, 2011; Caribbean Medical News, 2017).

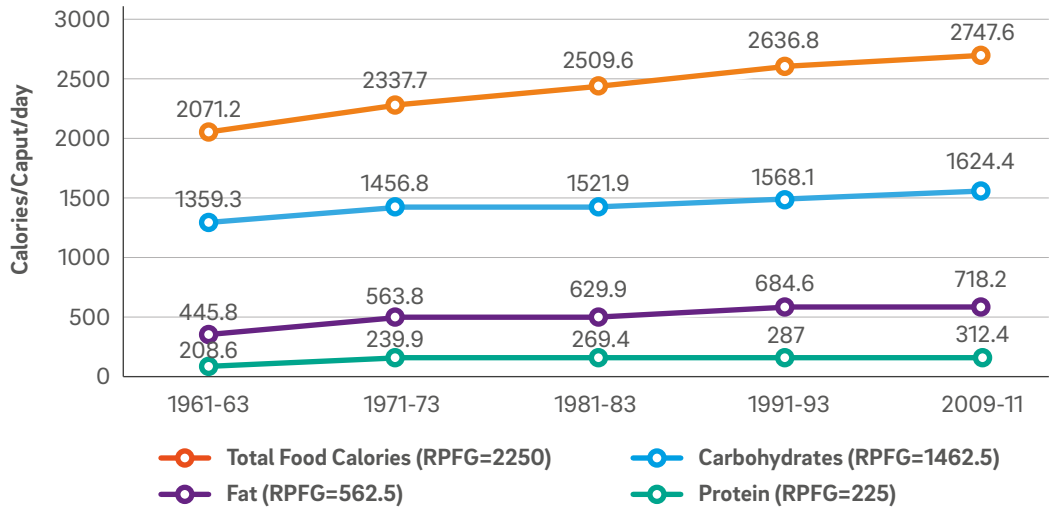
7.3 Cambios esperados en los patrones de consumo (e implicaciones para la importación de alimentos)

Los países del Caribe dependen en gran medida de la importación de alimentos. La región del Caribe ha sido importadora neta de alimentos desde 1971 y actualmente gasta más de US$ 4,500 mil millones de dólares al año en importaciones de alimentos con objeto de reducir la brecha (**Figura 6**) entre el consumo y la producción doméstica de alimentos (FAO, 2015). El siguiente cuadro muestra que los países de la CARICOM, con excepción de Guyana y Belice, importan más de 50% de sus alimentos, y siete de los demás países importan más de 80% de los alimentos que consumen. La mayoría de los alimentos es rica en grasas y aceites, también en calorías, y contiene un alto nivel de edulcorantes y sodio. Todos estos factores se encuentran directamente relacionados con la epidemia de sobrepeso y obesidad, y el aumento en la prevalencia de las enfermedades no transmisibles en la región (Ballayram *et al*., 2015).

7.4 Comprensión e incentivos para un cambio de comportamiento, aparición de una nutrición personalizada

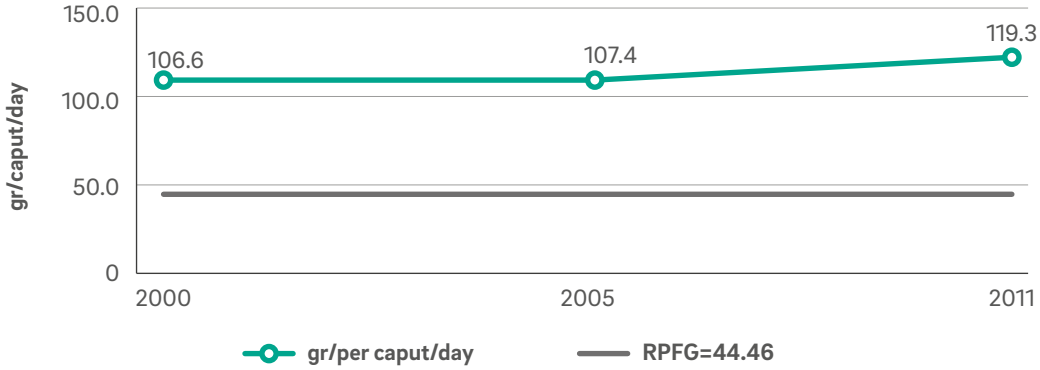
De acuerdo con el modelo colectivo de comportamiento de la familia, los miembros de esta tienen diferentes preferencias en materia de alimentos (Alderman *et al*., 1995). Las investigaciones han revelado que hay efectos derivados de la predilección intra-familiar por la distribución de alimentos en el núcleo familiar (Haddad *et al*., 1994) y se ha descubierto que las preferencias pro-varones y pro-adultos inciden en la ingesta de alimentos (Senauer *et al*., 1988; Quisumbing y Maluccio, 2003). En con-

Figura 4. Disponibilidad de energía alimentaria, proteínas y grasa en los países de la CARICOM (RPFG = Objetivos alimentarios recomendados para la población)



Fuente: Seguridad alimentaria y salud en el Caribe - Fundamentales en la implementación de políticas, Ballayram, Beverly Lawrence, Fitzroy Henry. *Revista de Seguridad Alimentaria* (2015), 3(6), 137-144.

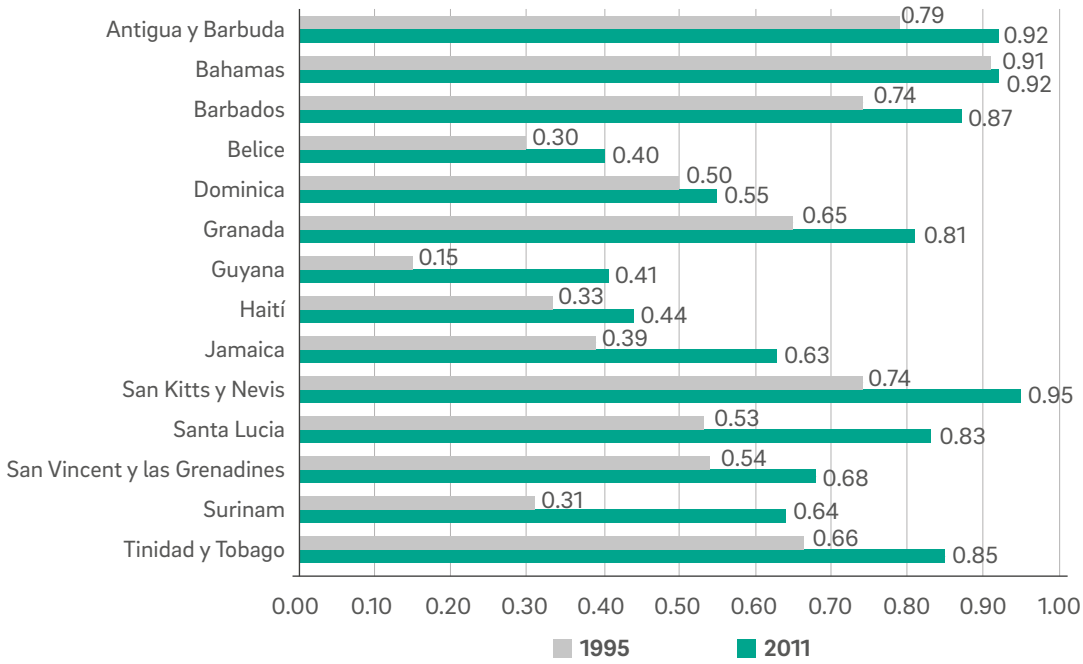
Figura 5. Disponibilidad de azúcares/edulcorantes en los países de la CARICOM (Gr/per cápita/Día) (RPFG = Objetivos alimentarios recomendados para la población)



Fuente: Seguridad alimentaria y salud en el Caribe - imprescindibles en la implementación de políticas, Ballayram, Beverly Lawrence, Fitzroy Henry. *Revista de Seguridad Alimentaria* (2015), 3(6), 137-144.

secuencia, es muy posible que los requerimientos de nutrientes para los diferentes grupos (por ejemplo, niños y mujeres en edad reproductiva que requieren más nutrientes por calorías consumidas) no se satisfagan y esto ha dado lugar a una mayor prevalencia de deficiencias de micronutrientes entre las mujeres y los niños del Caribe. De acuerdo con lo anterior, es imprescindible que la información y la educación sobre nutrición se den a conocer de forma personalizada. Es bien sabido que el cambio de comportamiento en salud funciona mejor cuando se personaliza y se diseña "a la medida", de forma que se respeten las preferencias individuales, las oportunidades y las circunstancias.

Figura 6. Relación de dependencia alimentaria en los países de la CARICOM, 1995 y 2011



8. Consideraciones normativas

Las políticas relacionadas con la salud alimentaria y nutricional deben ofrecer garantías para que, a lo largo de su vida, todos los ciudadanos del Caribe disfruten siempre de alimentos seguros en cantidad y calidad suficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales y mantener una salud óptima. Para lograr esto, las consideraciones normativas se detallan a continuación.

Políticas para promover una alimentación saludable

Esto debe incluir sobre todo al sector de la población con una nutrición deficiente y centrarse deliberadamente en los diversos factores de importancia que influyen en la elección de los alimentos. Existe un acceso fácil a los alimentos poco saludables (que son altos en grasas y aceites no saludables, altos en sodio y azúcares, y productos a base de harina de trigo), debido a sus bajos precios en comparación con los de los alimentos saludables. Esto ha aumentado considerablemente la incidencia de obesidad, sobrepeso y enfermedades crónicas no transmisibles que son la principal causa de mortalidad prematura en el Caribe hoy día. Por ello, las políticas deben imponer impuestos elevados, exigir un estricto etiquetado de los alimentos e implementar normas y regulaciones sobre la comercialización y publicidad de alimentos no saludables. De manera conjunta deben impulsarse las políticas dirigidas a aumentar la oferta y el consumo de alimentos saludables, así como los incentivos y subsidios para la producción, la compra y la promoción de alimentos saludables.

Políticas para promover energía limpia y costos reducidos

La energía es fundamental en la cadena de valor alimentaria en las áreas de producción, procesamiento, envasado y almacenamiento de alimentos. El Caribe se caracteriza por precios prohibitivos de energía que vuelven costosa la producción y el procesamiento de alimentos nutritivos. Por consiguiente, es necesario impulsar las políticas que fomentan el uso de la energía alternativa de bajo costo y ambientalmente eficiente como lo es la energía renovable. Algunos aspectos importantes de esta política tal y como se menciona en la

estrategia del IICA sobre Agroenergía (IICA, 2007) incluyen: desarrollo de capacidades y educación pública, catalizar la producción de biocombustibles para el transporte y la producción de bioenergía para la generación de electricidad, y desarrollo de pequeñas y medianas empresas de biocombustibles. Además, los gobiernos y el sector privado deben brindar apoyo financiero a los proyectos de energía renovable e investigación de energías alternativas, fortalecer las políticas blandas existentes y asegurar la implementación de nuevas políticas que fomenten la disponibilidad, asequibilidad y funcionalidad de la energía para la producción de alimentos seguros y nutritivos a partir de productos locales con valor agregado.

Políticas que fomentan la innovación tecnológica

La región del Caribe está funcionando en una economía mundial cada vez más competitiva y debe aspirar a acceder a una alimentación y nutrición seguras mediante la innovación tecnológica del sector alimentario. La tecnología es una herramienta transversal que mejora la eficiencia, la calidad y la productividad. Aunque la región del Caribe ya ha utilizado algún tipo de tecnología en la producción de alimentos, aún no ha aprovechado todo el potencial del avance tecnológico en materia de alimentación y nutrición, ya que la región continúa dependiendo en gran medida de métodos tradicionales ineficientes y anticuados. Por eso deben implementarse políticas que fomenten el avance tecnológico sostenible en el área de la biotecnología (diagnóstico rápido y preciso de plagas y enfermedades de plantas y animales, propagación masiva de cultivos importantes) y agricultura de precisión en las tecnologías de riego, drenaje y fertilizantes. Estas políticas deben fomentar la innovación tecnológica en las investigaciones sobre especies nativas y desarrollo.

Políticas para el desarrollo de recursos humanos

Los recursos humanos desempeñan un papel fundamental en la salud alimentaria y nutricional, debido a que aportan la fuerza de trabajo a los sectores involucrados en la producción y procesamiento de alimentos. En la región del Caribe, la fuerza de trabajo carece de la educación, la capacitación y la motivación necesarias para impulsar el sector alimentario, de ahí que deban diseñarse políticas orientadas a la capacitación, el fortalecimiento de capacidades y la reutilización de herramientas, particularmente en el desarrollo de los jóvenes, sin discriminación de género. Para lograr impulsar la productividad e incrementar la contribución de la agricultura al PIB de los países del Caribe, cuyas economías son controladas por el petróleo, el gas y el turismo, la participación de los jóvenes en la agricultura es fundamental. Hasta ahora, la Ciencia Agrícola que se relaciona con la producción de alimentos y la seguridad alimentaria ha sido eliminada de la mayoría de los programas escolares en casi todos los países caribeños. Las políticas deben imponer el restablecimiento de los planes de estudio de educación adecuados en materia de agricultura, ciencia de alimentos y adición de valor a los productos de la agricultura. También se deben establecer programas de aprendizaje agrícola y clubes que ofrezcan información, conocimientos y educación para dotar a los jóvenes con las herramientas necesarias y, de esta forma, facilitar su participación en la producción de alimentos. Las políticas también deben instar a los jóvenes a participar en empresas agropecuarias y agrícolas pujantes con acceso a tierras de cultivo para fines agrícolas a través de contratos de tenencia de tierra, cursos de capacitación en desarrollo empresarial, préstamos, servicios de extensión y asesoramiento técnico. Deben establecerse políticas sobre ayudas y subsidios infraestructurales y financieros para ayudar a los jóvenes a abrir sus propias empresas y cultivar productos locales.

Políticas sobre cuestiones de comercio internacional

El comercio es considerado como un motor de crecimiento, desarrollo y reducción de la pobreza. Sin embargo, el Caribe, con pequeñas economías poco diversificadas que son menos competitivas, ha venido atravesando un periodo lento de actividad comercial y crecimiento en la exportación de bienes desde hace tiempo, lo que ha afectado la seguridad alimentaria y nutricional. Por tanto, es necesario implementar políticas específicas orientadas a fortalecer la capacidad de las negociaciones agrícolas, así como establecer centros de planificación de políticas agrícolas en cada país y a nivel regional. Esto contribuirá a realizar una vigilancia eficaz y desarrollar actividades relacionadas en materia de comercio.

Políticas de fortalecimiento del marco institucional
Con la realidad de la inseguridad alimentaria y nutricional a la vuelta de la esquina, las políticas gubernamentales deben orientarse hacia el fortalecimiento institucional regional y la creación de capacidades de investigación y desarrollo agrícolas. Deben fortalecerse las políticas que aumenten los apoyos financieros a las instituciones y universidades públicas, así como los vínculos con los financiamientos internacionales y organismos que aportan donaciones. Esto fomentará la modernización agrícola mediante la adquisición de nuevas tecnologías. Un fuerte vínculo de investigación integrado con un enfoque de bioma en los próximos 50 años, que incorpore estrategias interactivas entre el Caribe y las áreas que comparten biomas y similitudes climáticas como Florida, Yucatán, Centroamérica y Puerto Rico, podría ayudar enormemente a enfrentar los innumerables retos del Caribe y facilitar el avance de la región hacia la salud alimentaria y nutricional.

Políticas que promueven el uso sostenible y la gestión de los recursos naturales
Las políticas de protección, conservación y manejo de los recursos naturales (terrestres, costeros o marinos, o una combinación de todos estos), de los cuales depende la seguridad alimentaria y nutricional de las generaciones presentes y futuras, son fundamentales para el desarrollo sostenible del Caribe. La forma no coordinada en que se manejan el crecimiento logrado, la tala y quema de laderas y cuencas vitales, la creciente construcción de carreteras, redes de servicios públicos, incendios forestales e invasión de especies no nativas, la sobreexplotación de los recursos de la biodiversidad y los impactos de la contaminación y el cambio climático han ocasionado la degradación y fragmentación de los ecosistemas naturales. Las consideraciones normativas deberán centrarse en la revisión de leyes obsoletas sobre la protección de los ecosistemas naturales e incorporar un enfoque ecosistémico para el manejo de los impactos del cambio climático mediante la introducción de marcos eficaces de planificación del uso de la tierra, que se ocupen de la zonificación de los países del Caribe con el fin de asegurar el equilibrio entre las tierras destinadas a la agricultura, el desarrollo obtenido y áreas naturales protegidas; también, en el fortalecimiento de los organismos estatales para que estos, a su vez, hagan cumplir las políticas de seguimiento y vigilancia de los recursos naturales; asimismo, designar y facultar a un solo organismo para que se ocupe de la gestión de los recursos naturales, en lugar de la enmarañada participación de muchos organismos involucrados en la administración que únicamente ocasionan la falta de aplicación, seguimiento y vigilancia al amparo de las políticas existentes.

9. Conclusiones y recomendaciones

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 de las Naciones Unidas pretende acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición mediante la promoción de una agricultura sostenible. El Caribe se ha visto afectado por un insostenible costo total de las importaciones de alimentos que en los últimos años ya sobrepasó los US$ 4 mil millones de dólares. Este alto costo total de importaciones ha comprometido la seguridad alimentaria en la región debido a la creciente preocupación en cuanto a las crisis externas de suministro y a una mayor volatilidad de los suministros globales de alimentos que han dado lugar a repentinos y marcados aumentos de los precios regionales de alimentos. Además del costo total de las importaciones, los sistemas agrícolas del Caribe se ven abrumados por los altos costos de producción, agravados por la severa escasez de mano de obra, algunas explotaciones agrícolas, suelos variables, usos alternativos que compiten con la agricultura y que la han obligado a replegarse a tierras marginales en sierras montañosas teniendo por consecuencia una baja productividad agrícola y una menor capacidad de producción. Estos son algunos de los problemas que han contribuido a que la agricultura se vuelva poco atractiva, forzando así a muchos agricultores a abandonar esa actividad o a vender sus productos a nichos de mercado, lo que ha dificultado la capacidad de la región para competir en los mercados globales. De la misma manera, la agricultura de la región depende principalmente de tecnologías anticuadas que son inadecuadas, imprevisibles y a menudo faltas de una visión global, lo que resulta en una produc-

tividad baja y variable de los cultivos de plantas y animales. Si bien algunas de estas tecnologías convencionales han contribuido a la investigación y la innovación, la región continúa rezagada con respecto a la aplicación de tecnologías avanzadas de biotecnología y herramientas tecnológicas para lograr un desarrollo sostenible que convierta a la región en una de seguridad alimentaria.

Recomendaciones

- Rediseñar el sistema agrícola con objeto de obtener mejores niveles de eficacia y menores costos de producción mediante la incorporación de tecnologías como la agricultura de precisión y las herramientas de la biotecnología para optimizar la sostenibilidad, la productividad y la rentabilidad de la agricultura regional.
- El alto costo de las importaciones de alimentos no puede reducirse a cero, sino que debe mantenerse en un nivel razonable que garantice la seguridad alimentaria y nutricional de la región. Los productos locales (yuca, ñame y camote) deben utilizarse en la producción de alimentos de valor agregado como harina para sustituir una buen parte de las importaciones de harina de trigo. La industria de la acuacultura debe desarrollarse al grado que satisfaga cómodamente una parte de las necesidades de fuentes de proteína. Los productos locales deben usarse en la formulación de piensos para la pujante industria avícola.
- Deben atenderse los problemas de suministro, calidad y seguridad alimentaria. Debe aumentarse la capacidad de los agricultores de la región que son propietarios de minifundios en terrenos con pendientes pronunciadas para que puedan suministrar alimentos seguros y de buena calidad que puedan satisfacer la demanda de la población. Las técnicas agrícolas de conservación sostenible complementadas con una investigación integrada en el desarrollo de estrategias de diagnóstico y mecanismos de control de plagas y enfermedades podrían ser la solución para avanzar en estos temas.
- El Caribe cuenta con abundantes recursos renovables como el sol, el viento y la energía geotérmica. La electricidad renovable es más barata de generar y más respetuosa con el medio ambiente que la electricidad basada en combustibles fósiles. Es por ello que los gobiernos del Caribe deben invertir en proyectos de energía renovable y eliminar los cuellos de botella que impiden el acceso de inversionistas y desarrolladores internacionales a los mercados energéticos del Caribe.
- Las políticas son necesarias para apoyar los programas de alimentación y nutrición, pero lo más importante es que se implementen y sostengan. Los gobiernos deben tener la voluntad política de desarrollar los marcos normativos y políticos modernos necesarios para propiciar la producción agroalimentaria y crear un clima de inversión adecuado. Es necesario invertir en infraestructura y sistemas de apoyo a la exportación.
- El sistema de producción agroalimentaria actual debe estabilizarse, mejorarse y reorientarse hacia productos y mercados con buenas perspectivas mediante la reconexión de la cadena de suministro y el fortalecimiento de la capacidad de producción de alimentos.
- Cada vez más empresas agroalimentarias regionales están cumpliendo con las normas internacionales. Esto debe fortalecerse con el fin de aumentar las oportunidades de exportación.
- La demanda de productos agroalimentarios locales y frescos del Caribe está creciendo a nivel nacional, regional e internacional, ya que son productos nutritivos propios para un estilo de vida saludable. Debe fomentarse la producción de estos productos.
- Los gobiernos de la región deben valorar la importancia y el potencial que representan los avances del sector agroalimentario respecto de la seguridad alimentaria y nutricional de la región. Deben ofrecerse incentivos que aumenten la capacidad de producción de los agricultores.
- Deben establecerse vínculos entre las redes de investigación y compromisos entre las instituciones de investigación, los organismos de financiamiento y los gobiernos de la región con objeto de mantener los apoyos y la investigación que servirán de base para abordar los desafíos de la seguridad alimentaria y nutricional en la región. Por otra parte, se prevé que los vínculos y redes establecidas sirvan para desarrollar capacidades y reducir costos.

- La exuberante mezcla de tipos de suelo junto con los ricos ecosistemas naturales ofrece una oportunidad única para dar un mayor impulso a un enfoque sostenible que integre la agricultura moderna con los enfoques tradicionales para hacer posible la seguridad alimentaria y nutricional de la región. Es necesario implementar medidas para hacer frente a los riesgos de degradación de los abundantes recursos naturales.

Bibliografía

Ahmad, N. (2011). *Soils of the Caribbean.* Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.

Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo, D., & Muñiz, M. (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica* 45(2), 262-271.

Alderman, H; Chiappori, P-H., Haddad, L., John Hoddinott, J., Kanbur, R. (1995). Unitary versus collective models of the household: Is it time to shift the burden of proof? *The World Bank Research Observer* 10 (1), 1-19

America, S. (2007). Subregional Report on Animal Genetic Resources.

Arnell, N. W. (2004). Climate change and global water resources: SRES emissions and socioeconomic scenarios. *Global environmental change* 14(1), 31-52.

Ballayram, B.L., & Henry, F. (2015). Food Security and Health in the Caribbean Imperatives for Policy Implementation. *Journal of Food Security* 3(6), 137-144.

Beard, J. S. (1949). *The Natural Vegetation of the Windward and Leeward Islands.* Oxford, Clarendon Press.

Beckford, C., Campbell, D., Barker, D. (2011). Sustainable Food Production Systems and Food Security: Economic and Environmental Imperatives in Yam Cultivation in Trelawny, Jamaica. *Sustainability* 3, 541-561.

Bennett, S.P., Garcia, G. W. and P. Lampkin, P. (2007). "The Buffalypso: the water buffalo of Trinidad and Tobago." *Italian Journal of Animal Science* 6:179-183.

Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E., and Ackerman, F. (2008). *The Caribbean and Climate Change: The Costs of Inaction.* Stockholm Environment Institute and Global Development and Environment Institute, Tufts University.

Caribbean's Marine Environment (2016). The Caribbean's marine and coastal environment.https://goo.gl/RYnWjH

Caribbean Medical News (2017). Jamaicans eating themselves into the grave, health expert warns by J. Best. https://goo.gl/TAsfjA

CARPHA (2015). Food Safety, should we be concerned? http://carpha.org/articles/ArticleType/ArticleView/ArticleID/61

CARSEA (2007). Caribbean Sea Ecosystem Assessment, A contribution to the Millennium Ecosystem Assessment. https://goo.gl/j26VbJ

Cashman, A., Nurse, L., & John, C. (2009). Climate change in the Caribbean: the water management implications. *The Journal of Environment & Development.*

Cashman, A. (2014). Water security and services in the Caribbean. *Water* 6(5), 1187-1203.

CEPF (2010). Ecosystem Profile- The Caribbean Islands Biodiversity Hotspot – 2010.

Chandrashekara, K. N., Raju, S. R., & Chandrashekara, C. (2012). *Molecular and Biotechnological Approaches in Plant Disease Management. Ecofriendly Innovative Approaches in Plant Disease Management.* Vaibhav K. Singh, Yogendra Singh and Akhilesh Singh (eds.), International Book Distributors, India, 271-290.

Cockcroft, C. E., Herrera-Estrella, L., & Borroto Nordelo, C. G. (2003). *Agricultural Biotechnology in Latin America and the Caribbean.* Handbook of Plant Biotechnology.

Conservation International (2007). Biodiversity hotspot: Caribbean islands. biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/caribbean/Pages/biodiversity.aspx#http://www.biodiversityhotspots.org/xp

CTA (2011). Agritrade Expert Analysis, Caribbean: Agricultural trade policy debates and developments.

De Caires, S. A., Wuddivira, M. N., & Bekele, I. (2015). Spatial analysis for management zone delineation in a humid tropic cocoa plantation. *Precision Agriculture* 16(2), 129-147.

De Gannes, V., & Borroto, C. G. (2016). Appropriate and Sustainable Plant Biotechnology Applications for Food Security in Developing Economies. *Agricultural Development and Food Security in Developing Nations* 178.

De Gannes, V., Eudoxie, G., Hickey, W. J. (2013a). Prokaryotic successions and diversity in composts as revealed by 454-pyrosequencing. *Bioresource Technology* 133, 573-580.

De Gannes, V., Eudoxie, G., Hickey, W. J. (2013b). Insights into fungal communities in composts revealed by 454-pyrosequencing: implications for human health and safety. *Fronties Microbiology* 4:164. doi: 10.3389/fmicb.2013.00164.

Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). (2009). Food and Nutrition Insecurity in Latin America and the Caribbean. https://goo.gl/6veHg8

Economic Commission for Latin America and the Caribbean Subregional Headquarters for the Caribbean (ECLAC) (2008a). *Biotechnology: Origins and Development in the Caribbean.* United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean Subregional Headquarters for the Caribbean. LC/CAR/L.186. 22 December 2008. 39pp.

Economic Commission for Latin America and the Caribbean Subregional Headquarters for the Caribbean (ECLAC) (2008b). *Policy Brief. Biotechnology with special reference to the Caribbean.* United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean Subregional Headquarters for the Caribbean. LC/CAR/L.184. 9 December 2008. 11pp.

Edwards, H. J., Elliott, I. A., EAKIN, C., Irikawa, A., Madin, J. S., McField, M., & Mumby, P. J. (2011). How much time can herbivore protection buy for coral reefs under realistic regimes of hurricanes and coral bleaching? *Global Change Biology* 17(6), 2033-2048.

Evanson D. (2009). Preliminary Assessment of Bioenergy. United Nations Development Programme (UNDP) Barbados and the OECS, December 2009.

Eudoxie, G. D., & Wuddivira, M. (2014). *Soil, water, and agricultural adaptations. Impacts of Climate Change on Food Security in Small Island Developing States.* Ganpat WG, Isaac WA (Editor), 255.

FAOSTAT, D. (2013). *Food and agriculture organization of the United Nations.* Statistical database.

FAO (1993). Status report on Caribbean aquaculture. https://goo.gl/qmBdPM

FAO (2010). Global Forest Resources Assessment 2010 Country Report: St. Vincent and the Grenadines. Rome: FAO.

FAO (2013). CARICOM Food Import Bill, Food Security and Nutrition. http://www.fao.org/fsnforum/caribbean/sites/caribbean/files/files/Briefs/Food%20Import%20brief%20.pdf

FAO (2015). Goat and sheep production in the Caribbean set to improve thanks to FAO artificial insemination workshops. http://www.fao.org/americas/noticias/ver/en/c/298223/

FAO (2015). State of food insecurity in the CARICOM Caribbean: Meeting the 2015 hunger targets: Taking stock of uneven progress. http://www.fao.org/3/a-i5131e.pdf

FAO (2009). The State of Food and Agriculture: Livestock in the Balance. https://goo.gl/6H1WXZ

FAO (2016). Panorama of Food and Nutritional Security in Latin America and the Caribbean. https://goo.gl/tSWzWP

Friedrich, T., Timmermann, A., Abe-Ouchi, A., Bates, R., Chikamoto, O. M., Church, M.J., Dores, J.E., Gledhill, D. K., González-Dávila, D. M., Heinemann, M., Ilyina, J. H., Jungclaus, E., McLeod, A., Mouchet and J. M. Santana-Casiano (2012). Detecting regional anthropogenic trends in ocean acidification against natural variability. *Nature Climate change* (2) 67-171. doi: 10.1038/nclimate1372.

Gomez-Pompa, A. (2004). The Role of Biodiversity Scientists in a Troubled World. *BioScience* 54, (3), 217-225

Guerra, M.M.M., de Almeida, A.M. & Willingham, A.L. (2016). An overview of food safety and bacterial foodborne zoonoses in food production animals in the Caribbean region. *Tropical Animal Health Production* 48: 1095.

Guha-Sapir, D., Below, R., & Hoyois, P. (2015). EM-DAT: international disaster database. 2015.

Gustavo, F., Tennant, P. (2011). Opportunities and constraints to biotechnological applications in the Caribbean: transgenic papayas in Jamaica and Venezuela. *Plant Cell Rep* (2011) 30, 681–68.

Hall, J. W., Brown, S., Nicholls, R. J., Pidgeon, N. F., & Watson, R. T. (2012). Proportionate adaptation. *Nature Climate Change* 2(12), 833-834.

Haraksingh, I. (2001). Renewable energy policy development in the Caribbean. *Renewable Energy* 24(3), 647-655.

Henry, F. J. (2011). Obesity prevention: the key to non-communicable disease control. *West Indian Medical Journal* 60(4), 446-451.

IICA (2007). Agroenergy and biofuels atlas of the Americas. http://repiica.iica.int/docs/B0497i/B0497i.pdf

Indar, L., Francis, L., Quesnel, S., Bissessarsingh, E. and Olowokure, O. (2015a). Foodborne diseases in the Caribbean, 2005–2014: changing epidemiology and implications for prevention and control. Board 178. International Conference on Emerging Infectious Diseases. Atlanta, Georgia. Program and Abstracts Book, 109.

Indar, L., Olowokure, B. and Pérez, E. (2015b). The burden and impact of acute gastroenteritis and foodborne diseases in the Caribbean. Board 177. International Conference on Emerging Infectious Diseases. Atlanta, Georgia. Program and Abstracts Book, 109

Izquierdo, J., De la Riva, G.A. (2000). Plant biotechnology and food security in Latin America and the Caribbean. *Electronic Journal of Biotechnology* 3(1), 1-8.

Kumar, S. (2014). Plant Disease Management in India: Advances and Challenges. *African Journal of Agricultural Research* 9(15), 1207-1217.

Lugo, A. E., Schmidt, R and Sandra Brown (1981). *Tropical Forests in the Caribbean Ambio* 10 (6),318-324.

Maunder, M., Leiva, A., Santiago-Valentín, E., Stevenson, D. W., Acevedo-Rodríguez, P., Meerow, A. W., & Francisco-Ortega, J. (2008). Plant conservation in the Caribbean Island biodiversity hotspot. *The Botanical Review* 74(1), 197-207.

Martínez, R., Palma, A., Atalah, E., & Pinheiro, A. C. (2009). *Food and nutrition insecurity in Latin America and the Caribbean.*

McIntyre, A., El-Ashram, A., Ronci, M., Reynaud, J. P., Che, N., Wang, K., & Yun, H. (2016). *Caribbean Energy: Macro-Related Challenges.*

Moris, J., & Bunker, K. (2014). *Four Reasons Why Natural Gas is the Wrong Choice for Electricity in the Caribbean.* Rocky Mountain Institute.

Ogero, K. O., Mburugu, G. N., Mwangi, M., Ngugi, M. M., & Ombor, O. (2012). Low cost tissue culture technology in the regeneration of sweet potato *(Ipomoea batatas* (L) *Lam*). *Research Journal of Biology* 2(2), 51-58.

Quisumbing, A. R., and Maluccio, J. A. (2003). Resources at Marriage and Intrahousehold Allocation: evidence from Bangladesh, Ethiopia, Indonesia, and South Africa. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics,* 65(3): 0305-9049.

Roberts, C and Georges, B. (2013). Development of Quality Planting Material of Roots and Tubers in the Caribbean Region. Technical Report CARDI, Publication HQ/025/1.

Peres, N. A. R., Timmer, L. W., Adaskaveg, J. E., and Correll, J. C. 2005. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum. Plant Disease* 89:784-796.

Rampersad, S. N. (2011). Molecular and phenotypic characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease of papaya in Trinidad. *Plant Dis.* 95:1244-1254.

Robbins, A. M. J., Eckelmann, C-M and Quiñones, M. (2008). Forest Fires in the Insular Caribbean. *Ambio*, 37, (7/8), 528-534.

Robinson, D. A., Campbell, C. S., Hopmans, J. W., Hornbuckle, B. K., Jones, S. B., Knight, R., & Wendroth, O. (2008). Soil moisture measurement for ecological and hydrological watershed-scale observatories: A review. *Vadose Zone Journal* 7(1), 358-389.

Senauer, B., Garcia. M., and Jacinto, E. (1988). Determinants of the Intrahousehold Allocation of Food in the Rural Philippines, *American Journal of Agricultural Economics,* 70: 170-180

Silva, S., Best, R., & Tefft, J. (2011). Reducing the CARICOM food import bill and the real cost of food: Policy and investment options. (Borrador). Proyecto GTFS/RLA/141/ITA.

Steinfield, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options.* Rome, Italy: FAO.

The Statistical Institute of Jamaica (STATIN) (2006). *Provisional report on external trade of Jamaica, 1991–2004.* Statistical Institute of Jamaica, Jamaica.

The World Bank (2016). "World Development Indicators." http://data.worldbank.org/indicator.

Tennant P., Ahmad M. H., Gonsalves, D. (2002) Transformation of Carica papaya L. with virus coat protein genes for studies on resistance to Papaya ringspot virus from Jamaica. *Trop Agric* (Trinidad) 79:105–113.

Thorton, Philip. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospect. *Phil. Trans. R. Soc.* B 365, 2853–2867 doi:10.1098/rstb.2010.0134.

Walters a, L. M., & Jones, K. G. (2016). Caribbean Food Import Demand: An Application of the CBS Differential Demand System. *Journal of Food Distribution Research* 47(2).

Williams-Bailey, W. and Pemberton, P. (1980). Nelson's West Indian Geography: A new Study of the Commonwealth Caribbean and Guyana. Australia: Thomas Nelson & Sons.

Wuddivira, M. N., Ekwue, E. I., & Stone, R. J. (2010). Modelling slaking sensitivity to assess the degradation potential of humid tropic soils under intense rainfall. *Land Degradation & Development* 21(1), 48-57.

Wuddivira, M.N., & Atwell, M. (2012). Appropriate soil conservation practices for hillside food production in the Caribbean. In: *Sustainable Food Production Practices in the Caribbean,* W. G. Ganpat and W. P. Isaac (eds.), pp. 1-19, Ian Randle Publishers, Kingston, Jamaica.

Yearbook, F. S. (2014). *Latin America and the Caribbean food and agriculture.* Santiago, FAO.

Young F. (1994). Papaya ringspot virus in Jamaica. In: *Proceedings of the Papaya industry Seminar,* Kingston, Jamaica, 24–26 Oct 1994, 39–46

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2015). World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241. https://goo.gl/V8ZNBM

World Fishing and Aquaculture (2012). The Caribbean. http://www.worldfishing.net/news101/regional-focus/the-caribbean

Agradecimientos

Los autores agradecen a la **Academia de Ciencias del Caribe** (CAS) por proponernos para llevar a cabo este proyecto; al Prof. **Winston Mellowes** (presidente del CAS) por aportar material de referencia pertinente; y a **Terry Sampson**, de la Facultad de Alimentación y Agricultura de la Universidad de las Indias Occidentales, San Agustín, por su iniciativa en la elaboración de los mapas e imágenes de alta resolución utilizados en este capítulo. El ingenio del señor Sampson en la elaboración de los mapas que reflejan los variados cultivos alimenticios y áreas de biodiversidad y ecológicas del Caribe, es digno de elogio.

Box 1

Aplicaciones de la Biotecnología: Posibles papeles y el camino a seguir en la seguridad alimentaria del Caribe

Vidya de Gannes, Departamento de Producción de Alimentos, Facultad de Alimentación y Agricultura, Universidad de las Indias Occidentales. Mark N. Wuddivira, Profesor Titular y Vicedecano de la Facultad de Alimentación y Agricultura de la Universidad de las Indias Occidentales.

Las tecnologías de la revolución verde por sí solas no pueden ser la base de la agricultura en términos de la producción de alimentos en el Caribe. "La revolución biotecnológica ofrece la oportunidad de desarrollar las fortalezas de la región, superar sus debilidades y aprovechar la oportunidad presentada por el desafío más grande al que se ha enfrentado la humanidad" (CEPAL, 2008). Los beneficios de la continua aplicación de la biotecnología a la producción de alimentos y a la seguridad alimentaria en el mundo desarrollado han demostrado ser enormes. Por ejemplo: el cultivo de tejidos vegetales ha permitido la producción masiva de cultivos libres de enfermedades durante todo el año; la aplicación de productos biológicos (bio-fertilizantes y plaguicidas biológicos) ha brindado grandes ventajas para el medio ambiente y la agricultura como una alternativa ambientalmente segura al uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos; el uso de medios moleculares ha posibilitado el diagnóstico rápido y exacto de las plagas y enfermedades, lo cual ha llevado a la mejora de los programas de gestión y a una reducción en la pérdida de cultivos y animales para los agricultores; el uso de marcadores moleculares en el desarrollo de variedades de cultivos con características nuevas y mejoradas, como la resistencia a plagas y enfermedades, han demostrado que provocan un aumento en la producción de alimentos.

Por lo tanto, no cabe duda de que el impacto potencial de la biotecnología en la producción de alimentos y en la seguridad alimentaria será prometedor en el Caribe. Sin embargo, a pesar de que la revolución biotecnológica anuncia esta nueva carrera, el Caribe está todavía rezagado y el potencial de la biotecnología aún no se ha explotado. Por lo tanto, deben abordarse cuestiones importantes que impiden la aplicación plena y sostenida de esta poderosa herramienta. La región cuenta con la disponibilidad potencial de recursos humanos, naturales y energéticos. Muchos países del Caribe han instituido políticas legales para aprovechar la biotecnología para realzar sus economías (Barbut, 2011), pero no mucho esfuerzo se ha dedicado hasta ahora a proporcionar entrenamiento riguroso y desarrollar maestría en este campo. Por lo tanto, los programas en las instituciones académicas y técnicas deben proporcionar el entrenamiento necesario y apoyo sostenido para el personal y los estudiantes de este campo. Además, aunque se han desarrollado laboratorios moleculares en algunos de estos países, todavía existe la necesidad de crecimiento en la capacidad de infraestructura, de tecnología y de capacitación humana y en la mejora de la provisión de servicios de diagnóstico. La mejora y la sostenibilidad de estas tecnologías tendrán costos, por lo que los compromisos financieros de gobiernos, agencias de financiamiento, organizaciones e instituciones internacionales y regionales tienen papeles importantes que jugar en este respeto. Todavía hay una necesidad urgente de servicios de extensión vigorosos para sensibilizar y educar a la población caribeña acerca de los importantes beneficios de la biotecnología. Por otra parte, deben establecerse redes en el Caribe para vincular las aplicaciones biotecnológicas y deben ser fácilmente accesibles para que la población las aproveche.

References

Barbut, M. 2011. Global Environment Facility, Regional Project for Implementing National Biosafety Frameworks in the Caribbean Sub-region. Project proposal. 37p.

ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean) Report, 2008. Biotechnology: Origins and Development in the Caribbean. Subregional Headquarters for the Caribbean, UNO. 53p.

Agricultura sostenible y alimentación saludable en Chile

Viñedo en el Valle de Elqui, al fondo los Andes y parte del desierto de Atacama en la región de Coquimbo, Chile © Shutterstock

Chile

[1] Carlos Muñoz
[2] Cristian Mattar
[3] Roberto Neira
[4] Marcos Mora
[5] Jacqueline Espinoza
[6] Óscar Seguel
[7] Osvaldo Salazar
[8] Rodrigo Fuster
[9] L. Antonio Lizana
[10] Cristian Cofré
[11] Anna Pinheiro
[12] Lorena Rodríguez

La exportación generó dos tipos de agricultura en **Chile**: una destinada al abastecimiento de alimentos para la población local, desarrollada por la llamada **Agricultura Familiar Campesina,** en predios pequeños y poco tecnologizados, y otra **empresarial**, con mucha tecnología, con fuerte inversión extranjera, destinada a producir para los mercados mundiales

Resumen

Chile se ubica en el extremo sur poniente de América del Sur. Ocupa una superficie de 756.098 km², siendo el país más largo de la Tierra y, posiblemente también, el más angosto.

Su población es de 17 millones, con una tasa de crecimiento de 1%, donde 13% tiene más de 60 años y 13% es población rural. La esperanza de vida al nacer es de 79 años y el sector agropecuario representa 8,6% de la fuerza laboral del país.

Su agricultura, marcada por una gran diversidad de climas y suelos, posibilita el cultivo de una gran gama de especies, que incluyen a las acuícolas. Ellas no solo proveen parte importante de los alimentos básicos para la población, sino que aportan significativamente a la alimentación mundial, especialmente en salmones, frutas y vino, lo que permite generar un Producto Interno Bruto (PIB) agrícola de US$ 258.160 millones de dólares, que representa 8% del total que, expresado en PIB per cápita, alcanzó a más de US$ 23 mil dólares el año 2014.

El país posee capital humano altamente capacitado y una buena infraestructura para realizar I+D+i, lo que le ha permitido ser exitoso en erradicar tempranamente el déficit nutricional infantil prevalente hasta la primera mitad del siglo pasado, mediante la implementación de efectivas políticas públicas. En la actualidad, sin embargo, la problemática tiene relación con un preocupante nivel de obesidad, que también alcanza a la población adulta, para lo cual se está comenzando a impulsar agresivas políticas públicas.

1. Introducción

Chile se ubica en el extremo sur poniente de América del Sur, ocupando una superficie de 756.098 km², que se extiende por 4.329 km desde los 17°30' hasta los 56°30' de Latitud Sur. Esto equivale a la décima parte de la circunferencia de la Tierra y transforma a Chile en el país más largo del mundo. Pero es, también, uno de los países más angostos, ya que posee un ancho promedio de solo 180 km, en torno a los 70° de Longitud Oeste.

Esta disposición genera una variada gama de climas, que van desde los de tipo desértico –en el extremo norte– hasta los esteparios –en el extremo sur–. En la porción central, entre las latitudes 27° y 43° S, predominan los climas mediterráneos y templados, donde las precipitaciones ocurren principalmente en invierno, aumentan a medida que se avanza hacia el sur y disminuyen de costa a cordillera. Esta sección del país está generalmente libre de fenómenos climáticos extremos como vientos polares, granizo, tornados o excesiva nieve, lo que lo hace muy apropiado para la agricultura, la cual, sin embargo, debe ser mayoritariamente de riego. Además, esta zona conforma una suerte de isla se-

parada, en el Norte, del resto del continente por el desierto más árido del mundo; en el Sur, por hielos eternos; en el Oeste, por el Océano Pacífico; y, en el Este, por la Cordillera de Los Andes, que la separa de los países vecinos.

Existe suficiente información que indica que la agricultura en Chile la desarrollaron los pueblos que habitaban este territorio antes de la llegada de los españoles y que ella fue desarrollándose producto de sucesivas invasiones, primero de los incas, el pueblo más desarrollado de América del Sur y, luego, de los españoles. La influencia de los incas alcanzó hasta Chiloé (50° S), al introducir nuevos cultivos y técnicas de riego y caminos para facilitar el intercambio de productos agrícolas. Así, la agricultura transitó desde una actividad destinada fundamentalmente al abastecimiento de alimentos para la población, hasta que la agricultura de exportación se transforma en un importante contribuyente al Producto Interno Bruto (PIB) del país cuando, hacia fines del Siglo XIX, se inicia un período de exportaciones de productos alimenticios, el cual se consolida en la década de 1980. Además, a esa consolidación contribuye la profundización de la política de apertura comercial refrendada en los tratados de libre comercio y otros acuerdos de complementación económica fuertemente impulsados desde comienzo de los 90. Actualmente, las exportaciones de productos alimenticios se concentran en las frutas, que son enviadas frescas al hemisferio norte en la contraestación, y en los salmones criados artificialmente y exportados a distintos mercados del mundo. La industria vitivinícola también ha tenido un notable desarrollo desde la década de los 80, constituyéndose en uno de los actores relevantes del sector agroalimentario chileno y de la industria vitivinícola mundial. Otro rubro que ha tenido un crecimiento explosivo ha sido el aceite de oliva (convencional y orgánico), que representó el 2016 más de 23 millones de dólares FOB. Adicionalmente se exportan pequeñas cantidades de otros productos como leche, carne, miel, por mencionar los más importantes y la mayor parte de ellos, sin mayor agregación de valor.

En el contexto descrito, la irrupción de la agricultura de exportación generó dos tipos de agricultura: una destinada al abastecimiento de alimentos para la población local, desarrollada por la llamada Agricultura Familiar Campesina, en predios pequeños y poco tecnologizados; y una agricultura empresarial, con mucha tecnología, con fuerte inversión extranjera, destinada a producir para los mercados mundiales. Actualmente, el país se encuentra empeñado en generar y utilizar nuevas técnicas de producción, con criterios ambiental y socialmente sustentables, que incluyen varios sistemas de certificación, como son los Sistemas de Responsabilidad Social Empresarial (RSE), las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), las Buenas Prácticas de Higiene (BPH), las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y, de manera creciente, se visualizan cada vez más productos que hacen mención en su etiqueta a atributos como huella de carbono, huella del agua, huella ambiental, comercio justo, cantidad de antioxidantes, entre otros.

Desde el punto de vista nutricional, el país ha sido exitoso en erradicar el déficit nutricional infantil prevalente hasta la primera mitad del siglo pasado, mediante la implementación de efectivas políticas públicas, que incluyen la gratuidad de los desayunos y almuerzos escolares para la población más vulnerable. Sin embargo, en la actualidad, la problemática tiene relación con el preocupante nivel de obesidad, que también alcanza a la población adulta (Araya, 2006). Las actuales políticas públicas apuntan a estimular el consumo de alimentos más saludables, con bajos contenidos de sodio, grasas y azúcares, para lo cual se han implementado activas campañas de educación de la población, una nueva ley de etiquetado de los

[1] Carlos Muñoz, Coordinador del capítulo, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, carlosmunozschick@u.uchile.cl **[2] Cristian Mattar,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[3] Roberto Neira,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[4] Marcos Mora,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[5] Jacqueline Espinoza,** Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura. **[6] Óscar Seguel,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[7] Osvaldo Salazar,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[8] Rodrigo Fuster,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[9] L. Antonio Lizana,** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. **[10] Cristian Cofré,** Ministerio de Salud. **[11] Anna Pinheiro,** Ministerio de Salud. **[12] Lorena Rodríguez**, Ministerio de Salud.

alimentos, un aumento de los impuestos a las bebidas azucaradas y un ley que regula la publicidad de los alimentos elaborados.

2. Inventario demográfico

La población total de Chile, según cifras del censo de 2012, es de 16.634.603 personas, estimándose que a fines de 2017, ella superará los 17,5 millones de personas. La tasa de crecimiento de la población, según el mismo censo, disminuyó de 1,24%, en la década de 1992 a 2002, a 0,99% para la década 2002-2012, estimándose que esta tendencia a la baja continuará en las décadas siguientes.

De ese total, 87% de la población es urbana y solo 13% es población rural, observándose también una tendencia a que la población rural siga bajando a medida que el país se desarrolla.

En el contexto latinoamericano, Chile es el país que ha aumentado con mayor rapidez la expectativa de vida al nacer. Entre 1970 y 2015 aquella aumentó de 60,5 a 77,4 años en los hombres y de 66,8 a 83,4 años en las mujeres. Igualmente, la expectativa de vida después de los 60 años ha aumentado aceleradamente, alcanzando en 2016 los 20,9 años en hombres y 24,4 años en mujeres. Por otra parte, los adultos mayores han aumentado 5,3 veces entre 1950 –en que la población igual o mayor a 60 años era de 416.741 personas– y 2010, en que la cifra subió a 2.213.436 personas.

La magnitud en el incremento en la esperanza de vida en conjunto con la baja de la fecundidad causará un crecimiento alto y sostenido de la población de adultos mayores, por lo menos las próximas dos o tres décadas, lo que involucra importantes cuestiones de equidad, ya que en la población hay evidentes diferencias socioeconómicas, claras diferencias de género y significativas diferencias según el área de residencia, las cuales será necesario abordar.

También hay que señalar que la actividad agrícola es intensiva en el uso de mano de obra, sien-

Cuadro 1. Superficie ocupada por las 5 principales especies de las categorías relevantes de cultivos agrícolas en Chile

Categoría	Superficie (ha)	Principales especies	Superficie (ha)
Cultivos Anuales	704.575	Trigo	263.000
		Maíz	125.200
		Avena	90.449
		Papa	50.524
		Raps	49.448
Frutales	296.587	Vides de mesa	48.500
		Manzanos	36.205
		Paltos	29.000
		Nogales	27.941
		Cerezos	20.591
Vides para vino	137.593	Variedades Tintas	101.752
		Variedades Blancas	35.841
		Variedades pisqueras	8.202
Hortalizas	78.072	Maíz consumo humano	9.727
		Lechuga	6.673
		Tomate	5.038
		Cebolla	4.454
		Zapallo	3.989

Fuente: ODEPA.

do el sector que genera más empleo en el país. En el año 2014, el sector silvoagropecuario generó 685 mil empleos, incluyendo el trabajo de temporada, lo que representa 8,6% de la fuerza laboral del país.

3. Inventario agrícola

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura publica regularmente un informe en que se resumen los datos disponibles sobre la agricultura chilena. El más reciente de estos informes es el de 2015 (ODEPA, 2015), donde se indica que la superficie de Chile continental alcanza los 75,6 millones de hectáreas (ha), de las cuales 51,7 millones tienen aptitud silvoagropecuaria y 35,5 están bajo uso agrícola pecuario o forestal. Sin embargo, debido a factores geográficos y económicos, la superficie cultivada alcanza en la actualidad solo 2,12 millones de hectáreas. Esta superficie se distribuye en 1.303.210 ha de cultivos anuales y permanentes, 401.018 de praderas sembradas y 419.714 de barbecho (descanso). Un total de 17.070.776 ha están cubiertas por bosque nativo y matorrales; 12.549.478, por praderas naturales; 2.707.461, por plantaciones forestales, y 1.062.352, por praderas mejoradas. Del resto de la superficie, 15.942.424 ha corresponden a tierras estériles, áridas o pedregales, y 242.742 presentan un uso indirecto en infraestructura, fundamentalmente caminos y canales.

De los 1,3 millones de hectáreas con cultivos anuales y permanentes, 704.575 son ocupadas con cultivos anuales; 296.587 ha, por frutales; 137.593 ha, por vides de vino; y 78.072, por hortalizas. En el **Cuadro 1** se presentan los cinco principales cultivos para cada uno de estos grupos. En cuanto a la producción de carne, la más importante es la producción de carne de ave que alcanza a las 669.100 toneladas (t) de carne en vara; la de cerdo, 520.100 t; la bovina, 224.100 t; la ovina, 10.000 t; y la equina, 7.600 t. Por otra parte, existen en el país unas 460.000 cabezas de vacas lecheras que producen 2.691 millones de litros de leche por año.

La superficie y producción agrícola antes mencionadas, permiten generar un PIB que el año 2014 totalizó 258.160 millones de dólares, lo que expresado en PIB per cápita, calculado en paridad de poder de compra por el Fondo Monetario Internacional (FMI), fue de 23.057 dólares. De este total, el sector silvoagropecuario aportó solo 2,3%, pero si se consideran las actividades que agregan valor a los productos primarios y los servicios producidos en el sector, la contribución se eleva a cerca de 8% del PIB.

En el **Cuadro 1 y 2** se presenta la evolución de la superficie frutícola en Chile, lo que da cuenta de lo dinámico que es el sector. Destacan cambios importantes en el uso del suelo, vinculado al aumento o disminución de superficie cultivada de las distintas especies, producto de las variaciones en la demanda internacional –especialmente en los países desarrollados–, la disponibilidad de agua y mano de obra, así como las posibilidades de mecanización.

4. El actual modelo de desarrollo agrícola chileno

En la década de los 50, la agricultura era considerada el flanco débil de la economía chilena, ya que era el país que menos exportaba y uno de los que más importaba productos agrícolas. Ese fue el punto de partida desde el cual Chile se lanzó a esta nueva fase de modernización y transformaciones agrarias. En este contexto, las exportaciones agrícolas, ganaderas, silvícolas y pesqueras en los años 60 llegaban a los 52,5 millones de dólares, pero ya en los 80 se situaban en torno a los 1.840 millones de dólares, un crecimiento significativo y sostenido, el cual ha continuado acrecentándose hasta el día de hoy. Esta evolución, en el caso frutícola, que tal vez sea uno de los más emblemáticos, fue posible debido la situación geográfica de contraestación con el hemisferio norte, a un tipo de cambio favorable y al desarrollo de un Plan Nacional de Desarrollo Frutícola impulsado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) en los años 60. Este plan propició la formación de un importante contingente de profesionales a través de un programa conjunto con la Universidad de California (EUA) y una visión dúctil y flexible del empresariado agrícola para adaptarse a los requerimientos comerciales de los mercados internacionales, así como una

Cuadro 2. Evolución de la superficie cultivada con frutales en Chile (ha). 2010-2016

Especies	Año 2010 (ha)	Año 2016 (ha)	Variación % 10/15	Participación (%)
Vid de mesa	52.655	48.582	-7,7	15,7
Nogal	15.451	30.964	100,4	10,0
Paltos	34.057	29.933	-12,1	9,7
Manzano rojo	27.633	29.168	5,6	9,4
Cerezos	13.143	24.498	86,4	7,9
Olivos	12.874	20.343	58	6,6
Ciruelo europeo	12.442	11.952	-3,9	3,9
Durazno conservero	10.676	9.481	-11,2	3,1
Kiwis	10.922	8.866	-18,8	2,9
Perales (europeo y asiático)	6.225	8.781	41,1	2,8
Almendros	7.617	8.113	6,5	2,6
Manzano verde	7.396	6.895	-6,8	2,2
Naranjos	7.435	6.766	-9	2,2
Limoneros	7.235	5.911	-18,3	1,9
Nectarinos	5.376	5.339	-0,7	1,7
Ciruelo japonés	6.209	5.326	-14,2	1,7
Durazno consumo fresco	3.249	2.015	-38	0,7
Damascos	1.469	887	-39,6	0,3
Otros frutales	25.426	45.706	79,8	14,8
Total	**267.491**	**309.528**	**15,7**	**100,0**

Fuente: Elaborado por ODEPA con información de CIRÉN, 2017.

Cuadro 3. Balanza comercial de productos silvoagropecuarios por sector: Chile y el mundo (miles de dólares)

Sector	ene-dic 2016	Participación (%)
Exportaciones por sector		
Total silvoagropecuario	15.037.317	
Agrícola	9.090.265	60,5
Pecuario	1.237.317	8,2
Forestal	4.709.735	31,3
Importaciones por sector		
Total silvoagropecuario	5.137.768	
Agrícola	3.320.246	64,6
Pecuario	1.562.740	30,4
Forestal	254.782	5,0
Balanza comercial de productos		
Total silvoagropecuario	9.899.549	
Agrícola	5.770.019	58,3
Pecuario	-325.423	-3,3
Forestal	4.454.953	45,0

Fuente: elaborado por ODEPA con información del Servicio Nacional de Aduanas.
Cifras sujetas a revisión por informes de variación de valor (IVV).

política de apertura comercial en que Chile, en un principio, explora una asociación en bloques y que luego decanta en una apertura multilateral. Respecto de esto último, Guerrero y Opitz (2017) reportan que Chile ha firmado 26 acuerdos comerciales con más de 64 países, incluyendo bloques comerciales como la Unión Europea. En el **Cuadro 3** se presenta la balanza comercial de Chile con el mundo. En él se constata que el sector agrícola es el más importante en exportaciones e importaciones, además de que es el que tiene la balanza comercial más positiva, seguido del sector forestal.

Como se puede observar, se ha generado un modelo agroexportador, el cual ha tenido como motores de crecimiento y desarrollo a la fruticultura, fundamentalmente uva de mesa, manzanas y frutas de carozos, como sus rubros más relevantes. Después se sumaron la vitivinicultura, las semillas, los *berries*, las carnes de ave y de cerdo e incluso algunos productos lácteos, como quesos. Este modelo, que en sus inicios fue liderado por empresas transnacionales, tanto en producción como en abastecimiento de insumos, ha dado paso a que productores de tamaño medio y grande se hayan incorporado a la cadena exportadora en forma directa, ejerciendo un rol de productores y exportadores.

En el caso vitivinícola, la situación es un tanto diferente, por cuanto las viñas han sido históricamente de propiedad familiar, pero en la década de los 80 algunas de ellas pasaron a ser sociedades anónimas abiertas y su plana ejecutiva se profesionalizó. Tal es el caso de las viñas Concha y Toro, Santa Rita, San Pedro, entre otras (Mora, 2017). En virtud de lo expresado, mantener este ritmo de desarrollo con grandes cifras de exportación, apertura y consolidación de mercados internacionales, cumplimiento y adaptación a nuevos requerimientos, entre otros, implica transitar hacia una agricultura más sustentable. Especial atención merecen la disponibilidad de agua, la eficiencia en el uso del agua, plaguicidas y de los fertilizantes, la relación minería–agricultura y agricultura–forestal, las proyecciones de uso de los recursos naturales en general y el cambio climático, así como la búsqueda de una relación armónica con el territorio y su gente.

5. Perspectivas y proyecciones de la agricultura chilena

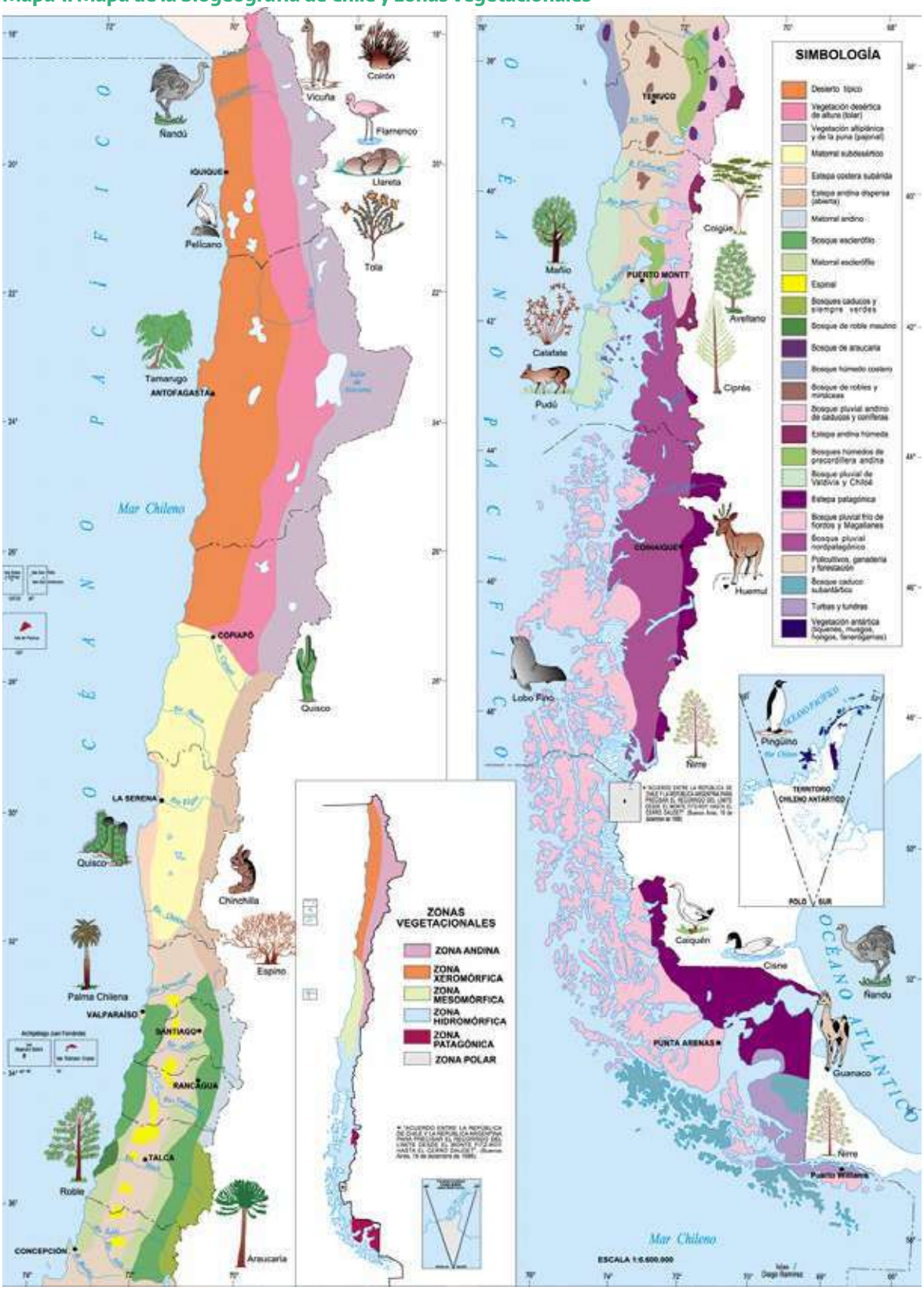
Chile es autosuficiente en los rubros exportables (fruta, vinos, salmones y otros productos ya mencionados). Sin embargo, no ocurre lo mismo con productos que constituyen la base de la alimentación, como es el caso del trigo y del maíz, este último muy relacionado con las cadenas productivas de la carne de cerdo y pollo, que son las principales fuentes proteicas para la alimentación de la población. En cuanto al trigo, principal fuente de materia prima alimentaria en Chile, la superficie sembrada ha disminuido drásticamente desde el año 1970 a la fecha, situándose actualmente en cerca de 285 mil ha. A pesar de que en el mismo período ha aumentado significativamente el rendimiento, la producción local no alcanza y ha sido necesario recurrir a la importación de este cereal. El suelo que dejó de utilizarse en la producción de trigo ha sido empleado en nuevas plantaciones, entre ellas las de frutales menores (arándanos), avellanos europeos y otros cultivos de mayor rentabilidad.

En el resto de los cultivos es posible evidenciar una autosuficiencia relativa, como es el caso de la producción de hortalizas y de leguminosas de grano, las que esporádicamente son suplementadas con importaciones, cuando la demanda así lo amerita.

Desde el punto de vista de la gestión de los procesos productivos, existen algunas deficiencias en torno al uso de los recursos productivos, a la mitigación de los efectos medioambientales negativos de la producción, a la diversificación productiva, a la inocuidad alimentaria y, en aspectos económicos, como el desarrollo de mercados, a la capacitación en comercialización para productores y el perfeccionamiento de los canales de distribución. Estos últimos hay que hacerlos más transparentes y confiables, de manera que el productor comience a asumir también la función comercial.

El anterior es un análisis desde el punto de vista de la seguridad alimentaria en las condiciones actuales de producción y apertura comercial. Sin embargo, esta autosuficiencia y sustentabilidad ya no solo está condicionada por los procesos naturales, sino que exige una mayor tecnología aplicada a los procesos productivos y comerciales y, sobre

Mapa 1. Mapa de la biogeografía de Chile y zonas vegetacionales



Fuente: Educar Chile http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/CR_Imagen/Mapas%20IGM/mapas_chile/biogeografia.gif

todo, en relación con la energía necesaria para el proceso productivo. Según Rodríguez et. al. (2015), Chile enfrenta un paradigma energético basado en el uso de combustibles fósiles, que provocará cambios en el uso de la tierra y afectará el desarrollo de la agricultura. En esta relación entre agricultura y cambio climático, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son un punto esencial, por cuanto se derivan de los sistemas modernos de cultivo. Por ejemplo, es posible evidenciarlos en el uso de fertilizantes sintéticos, en el cambio de uso de la tierra para incrementar la producción para una población creciente y en las emisiones de metano por el incremento en la demanda de proteína animal vinculadas al crecimiento de la población. Esto último implica también una desvinculación entre la producción y el consumo que da paso a actividades de transporte y transformación en los que también se generan GEI. En consecuencia, la agricultura no sólo debe considerar la adaptación al cambio climático, sino también tiene potencial para contribuir a su mitigación. Hoy y a futuro esta relación agricultura y cambio climático debe necesariamente vincularse con otros sectores, entre ellos, el ambiental, el energético y el comercial. Esto implicará la creación de nuevas instancias de coordinación, así como la generación de nuevas competencias profesionales y académicas en los ámbitos señalados. En consecuencia, gran parte de la sustentabilidad del sector agroalimentario chileno debiese profundizar en una institucionalidad y política pública *ad hoc* que fomente la búsqueda de soluciones innovadoras y creativas multisectoriales, y en un contexto profesional y académico multidisciplinario y conectado internacionalmente a través de los tratados y acuerdos comerciales. En el camino hacia el logro de una agricultura competitiva y sustentable, es relevante reconocer el trabajo plasmado en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Ministerio del Medio Ambiente, 2015) y el Programa de Adaptación al Cambio Climático del Ministerio de Agricultura y Ministerio de Medio de Ambiente de Chile del año 2013. Este plan pone énfasis en la disponibilidad, gestión, investigación, innovación y optimización del uso del agua, los riesgos agroclimáticos, el control integral de plagas y enfermedades, el mejoramiento genético y la inversión en relación con la adaptación al cambio climático y al sistema de información, entre otros.

6. La acuicultura en Chile

La acuicultura es el conjunto de actividades orientadas a la crianza de especies acuáticas vegetales y animales. En la presente sección abordaremos exclusivamente la acuicultura animal, con particular referencia a la salmonicultura que se ha transformado en un importante contribuyente al PIB de Chile. En la página web de SalmonChile (http://www.salmonchile.cl/es/historia-en-chile.php#1921-1974) se presenta un buen resumen con la historia de la salmonicultura en el país. Allí se señala que la introducción de especies acuícolas exóticas en Chile ocurrió en la primera mitad del siglo pasado, gracias al impulso del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), entidad creada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), y que durante más de 50 años trabajó en la introducción de tecnologías destinadas al cultivo de distintas especies acuícolas. En 1974 se inicia el cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), para consumo nacional y exportación, y en 1976 se importan las primeras ovas de salmón Coho (*O. kisutch*) y Chinook (*O. tshawytscha*) a la Región de Los Lagos, con fines netamente comerciales. En 1978, el Estado decide que esta actividad requiere de una cierta regulación y crea la Subsecretaría de Pesca y el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). A principios de la década de los 80, el cultivo de salmón se había establecido y hacia 1985 existían en Chile 36 centros de cultivo operando, y la producción total anual llegaba a más de 1.200 t. Años más tarde comenzó un auge sin precedentes de la industria salmonera, que termina en la consolidación definitiva de la industria y en la creación de la Asociación de Productores de Salmón y Trucha de Chile A.G, hoy SalmonChile. Para 1990, la salmonicultura nacional comenzó a desarrollar reproducción en el país y se obtuvieron las primeras ovas nacionales de salmón Coho. Este hito se recuerda como el primer adelanto científico chileno y el punto de partida para el despegue definitivo de la industria. Sin embargo, en julio de 2007, en un centro de cultivo de Chiloé, fue reportado oficialmente el primer caso de anemia infecciosa del salmón (ISA), enfermedad producida por un virus de la familia Orthomyxoviridae, del género *Isavirus*, que afecta a peces cultivados en agua de mar de la especie Salmón Atlántico. Esta enferme-

dad generó una crisis sectorial que afectó al proceso productivo de la industria. Como toda crisis, el proceso generó oportunidades que impulsaron el nuevo modelo productivo de la industria. Actualmente, la industria acuícola salmonera chilena es el segundo sector exportador del país y, también, el segundo productor de salmones a nivel mundial, después de Noruega, generando más de 70 mil empleos directos e indirectos, y con una presencia en más de 70 mercados.

El modelo de desarrollo de la acuicultura chilena fue explosivo y basado en una acuicultura intensiva, con importantes inversiones en tecnología y con grandes similitudes con el desarrollo de la agricultura, especialmente con la producción animal. La acuicultura fue identificada como una de las actividades más importantes para el desarrollo económico y la competitividad internacional de Chile, convirtiéndolo hoy en el segundo productor mundial de salmones. En cuanto a los retornos obtenidos, estos alcanzaron US$ 3.526 millones en 2015 por 590.101 t. De ellas, el Salmón del Atlántico (*Salmo salar*) representó 68%, el Coho 21% y la trucha arcoíris 11% (*SalmonExpert*, 2016).

En otras palabras, la acuicultura en Chile siguió los patrones internacionales, es decir, opera fundamentalmente sobre la base de especies introducidas. Introducciones masivas tuvieron lugar en el siglo XIX y a comienzos del XX, especialmente de trucha arcoíris en todos los continentes, con excepción de la Antártica, con casi nulas consideraciones conservacionistas. Esta especie, que es natural del hemisferio norte como el resto de especies salmónidas, fue introducida prácticamente en todas las fuentes hidrográficas capaces de mantenerla. En Sudamérica habita como población naturalizada desde Los Andes venezolanos hasta las zonas australes de Argentina y Chile, y es cultivada en 50% de sus países. Cuando esto tuvo lugar se consideró un gran aporte a la fauna acuática de las zonas geográficas donde se introdujo, por su belleza y potencialidad para la pesca deportiva, sin embargo, muy poco se conoce acerca del daño ecológico producido a la diversidad de los sistemas locales o del número de especies desplazadas, que sin duda han de haber sido grandes. Con todo, la introducción de salmónidos a Chile fue la base de su desarrollo acuícola. Neira *et al*. (1999), al analizar la situación de la conservación de recursos acuáticos en Sudamérica, señalan que en Chile ya se acumulan más de 30 especies acuáticas introducidas para su desarrollo en cultivos (Infante y Neira, 2002).

Tanto la pesca como la acuicultura tienen un costo ambiental; no obstante, un análisis acabado demuestra que la amenaza de la acuicultura es bastante menor que continuar abasteciendo la demanda de proteínas a través de la pesca de *stocks* marinos naturales, debido al mayor control sobre la producción, cosecha, proceso y transporte, que resulta en menores desechos y gasto energético. La pesca de ciertas especies de interés económico afecta a aquellas especies que son capturadas inadvertidamente, como pesca no deseada (*by-catch*), como es el caso de los tiburones atrapados por redes extendidas para capturar pez espada, lo que los afecta gravemente por su baja tasa de recuperación poblacional y, más importante aún, los denominados peces de desecho (*trash-fish*) capturados por las cada vez más eficientes tecnologías de pesca de arrastre oceánica, que Alverson *et al*. (1994) estimaron en 28,7 millones de toneladas anualmente, la mayor parte de las cuales es simplemente descartada. En la pesca de ciertas especies de camarones, la pesca no deseada está a menudo compuesta por un alto porcentaje de juveniles de otras especies comercialmente importantes.

La acuicultura no sólo podrá contribuir significativamente a las demandas de alimentación mundial, sino que podrá además contribuir directamente a la conservación de los recursos acuáticos y su diversidad genética. Para ello es necesario que el concepto de uso sustentable de los recursos naturales se desarrolle conjuntamente con la noción de acuicultura sustentable, en cualquiera de sus modelos de desarrollo y no en oposición a ella. La mayoría de las especies utilizadas en acuicultura hoy día se asemejan mucho a las poblaciones silvestres. En muchos casos esta actividad depende de la recolección de juveniles o huevos de poblaciones naturales. El crecimiento y desarrollo de la acuicultura está siguiendo patrones muy similares al observado en la producción animal en décadas pasadas. El desarrollo de la producción animal, desde la ganadería extensiva de bovinos, ovinos, caprinos y otros, hasta la producción intensiva bovina e incluso industrial de aves,

cerdos, conejos, etcétera, junto con su extraordinario aporte a la alimentación mundial, produjo una significativa reducción de la biodiversidad y variabilidad genética. Las poblaciones naturales de las aves de corral, de los cerdos, bovinos, etcétera, fueron reemplazadas por unas pocas razas altamente seleccionadas, por cruzas y líneas genéticas sintéticas de enorme eficiencia productiva, pero de escasa variabilidad genética. Esto se produjo principalmente porque se utilizaron directamente las poblaciones silvestres, en muchos casos se las retiró de su ambiente natural o sus ambientes naturales fueron invadidos o severamente modificados, y se les seleccionó de acuerdo con los requerimientos humanos. Estos errores deben ser imperiosamente evitados con los recursos acuícolas y hay tiempo para hacerlo.

7. Investigación nutricional

Un buen resumen de la historia de la investigación en nutrición y alimentación en Chile se presenta en la publicación *Desarrollo de la nutrición y alimentación en Chile en el siglo XX* (Valiente y Uauy, 2002). Allí se da cuenta de que en Chile la alimentación ha sido considerada desde siempre un derecho humano, lo que ha motivado un compromiso permanente del Gobierno, de la comunidad, de los grupos profesionales y de los académicos por desarrollar esta área. Consecuentemente, la investigación en nutrición y alimentación en Chile se inicia tempranamente en el siglo XX, al amparo de un puñado de líderes en alimentación y nutrición. Entre ellos hay que mencionar a los doctores Eduardo Cruz-Coke, Jorge Mardones-Restat, Alejandro Lipchutz, Aníbal Ariztía, Julio Meneghello, Adalberto Steeger, Arturo Scroggie, Arturo Baeza-Goñi, Herman Schmidt-Hebbel, Francisco Mardones Restat y Fernando Monckeberg, así como al profesor Julio Santa María. Los líderes antes mencionados ejercieron sus acciones en grupos académicos de diferentes profesiones, trabajando al servicio del país, especialmente a favor de los menos favorecidos y débiles, como los niños, embarazadas, ancianos, pobres y marginados. Estos profesionales desempeñaron su rol en diferentes centros como fueron la Escuela de Dietistas de la Universidad de Chile, fundada en 1939; la Unidad de Nutrición del Ministerio de Salud, creada en 1952; el Departamento de Nutrición de la Universidad Católica, creado en 1956; el Laboratorio de Investigaciones Pediátricas, de la Universidad de Chile, establecido en 1957; el Departamento de Nutrición y Diabetes del Hospital San Juan de Dios, etcétera.

En la actualidad, estos centros han evolucionado y se han consolidado en los siguientes centros:

El Instituto de Nutrición y Tecnología de los limentos (INTA) de la Universidad de Chile. Constituye el principal centro de investigación básica de nutrición y ciencias afines, líder en el área de la diarrea y desnutrición infantil, la endocrinología, anemias y los micronutrientes, la nutrición clínica, con énfasis en las enfermedades crónicas y el envejecimiento y una larga historia de estudios de los factores condicionantes de la alimentación, en especial, la oferta, consumo y utilización biológica de los alimentos. Este instituto dicta cursos en Nutrición en Pediatría, Sistemas de Vigilancia Alimentaria Nutricional, Políticas y Programas de Alimentación y Nutrición. En materia docente ofrece diversos programas de Magíster en Alimentos Saludables, Nutrición Clínica, Nutrición Humana y Envejecimiento y en Calidad de Vida. (http://www.inta.uchile.cl).

El Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Desarrolla investigaciones relacionadas con la ciencia de la nutrición y alimentación, generando metodologías en los ámbitos de la salud pública y nutrición clínica, y realiza intervenciones en nutrición y avances en las áreas de metabolismo, bioquímica, biología celular y molecular. Contribuye en la formación de estudiantes de pregrado en las carreras de Medicina, Nutrición y Dietética, Odontología, Enfermería y Tecnología Médica. En posgrado participa en los programas de Magíster en Nutrición Humana y en el Doctorado en Nutrición y Alimentos, y Salud Pública. (http://www.medicina.uchile.cl/facultad/campus-y-departamentos/campus-norte/112599/nutricion).

El Departamento de Nutrición y Dietética del Hospital San Juan de Dios. Ha sido pionero en el estudio, enseñanza y control de la diabetes *mellitus*. Además, mantiene un Centro de Enseñanza de

Alimentación y brinda atención dieto-terapéutica individualizada a pacientes referidos de consulta externa y de salas de encamamiento que requieran de dietas especiales y fórmulas enterales (http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3057.pdf).

El Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo de la Universidad Católica. Estudia problemas como la obesidad, la diabetes *mellitus* y las dislipidemias, integrando la genética humana, los estudios metabólicos, la práctica clínica y la salud pública. El Departamento es el pilar de la Nutrición en la Universidad Católica, participando de la docencia a nivel de pregrado en Medicina y otras carreras, así como en la docencia de posgrado en el área de nutrición (http://medicina.uc.cl/nutricion/).

El Departamento de Nutrición y Alimentos del Ministerio de Salud. Tiene como objetivo proteger la salud de la población, fomentando hábitos alimentarios saludables y asegurando el consumo de alimentos inocuos y de buena calidad nutricional. En pro de la consecución de este objetivo desarrolla normativas y programas para controlar los factores, elementos o agentes presentes en los alimentos, que representen riesgo para la salud de los consumidores y/o que puedan incidir de manera gravitante en el perfil de morbimortalidad (http://www.minsal.cl/alimentos-y-nutricion/).

El Sub-departamento de Alimentos y Nutrición del Instituto de Salud Pública. Es el laboratorio nacional de referencia en el ámbito de los alimentos. Desarrolla actividades de vigilancia epidemiológica, realizando análisis químicos, microbiológicos, parasitológicos, toxicológicos y otros en matrices de alimentos. Cuenta con dos secciones: la de Química de Alimentos y Nutrición y la de Microbiología de Alimentos y Agua. La primera cuenta con laboratorios de nutrientes, aditivos, contaminantes, biotoxinas, residuos de plaguicidas, residuos de medicamentos veterinarios, dioxinas y gluten (http://www.ispch.cl/saludambiental/alimentos_nutricion/).

Además de los grupos de trabajo antes mencionados, Chile cuenta con organizaciones profesionales que se abocan a las materias nutricionales, como son el Colegio de Nutricionistas Universitarios de Chile A.G. (http://www.nutricionistasdechile.com). También existe la Sociedad Chilena de Nutrición, (https://www.sochinut.cl), que edita la Revista Chilena de Nutrición (http://revistasochinut.org).

Además de estas organizaciones, en el año 2005, el Gobierno de Chile crea una Comisión Asesora Presidencial denominada Agencia Chilena para la Inocuidad Alimentaria (ACHIPIA), cuya misión fue revisar la institucionalidad que controla, inspecciona y fiscaliza los alimentos en Chile y proponer una Política Nacional de Inocuidad de los Alimentos (http://www.achipia.cl).

Finalmente hay que señalar que numerosas universidades ofrecen carreras relacionadas con la nutrición, tanto en el ámbito profesional como técnico. Universidades que ofrecen carreras de diez semestres, incluyen a las ya mencionadas Universidad de Chile y la P. Universidad Católica de Chile, pero se agregan varias otras universidades regionales que también ofrecen estas carreras como son la Universidad de Valparaíso, la Universidad de Talca, Universidad de Tarapacá y la Universidad de Magallanes, que ofrecen la carrera de Nutrición y Dietética, mientas que la Universidad de Los Lagos, ofrece la carrera de Nutrición y Alimentación.

8. Investigación agrícola

Según Elgueta (1982), la investigación agrícola se inició en Chile en el siglo XIX, cuando la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) –una organización gremial privada creada en 1838– se dio cuenta de que la enseñanza e investigación agrícolas eran esenciales para el desarrollo de la agricultura. Así fue como en 1851 creó la Escuela Práctica de Agricultura para formar obreros agrícolas líderes en técnicas agrícolas "modernas". Posteriormente, en un predio aledaño a la ciudad de Santiago que pasó a llamarse Quinta Normal de Agricultura, se creó, en 1869, la primera Estación Experimental Agrícola del país. Más tarde, en 1872, en la propia Quinta Normal, la SNA crea el Instituto Agrícola, donde se formaron los primeros profesionales agrícolas (Agrónomos e Ingenieros Agrícolas), para lo cual se trajeron profesores formados en Francia. En 1881, 3 ha de la Quinta Normal fueron destinadas específicamente a la prueba de variedades, lo que marcó el inicio del mejoramien-

to genético en Chile. En 1915, el Instituto Agrícola fue renombrado como Instituto Agronómico, el cual, en 1927, dio origen a la Facultad de Agronomía y Veterinaria, la que posteriormente, en 1928, fue incorporada a la Universidad de Chile.

Paralelamente, en el año 1924, se creó el Ministerio de Agricultura, Industria y Colonización, al cual en 1927 se le entregan atribuciones de fomento, por lo que dos años más tarde se creó el Departamento de Genética y Agronomía, que posteriormente pasó a llamarse Departamento de Genética y Fitotecnia. Este departamento también inició programas de mejoramiento genético, realizando evaluación de variedades, especialmente en trigo y en otros cereales, y en especies forrajeras. Estas evaluaciones eran realizadas en las distintas estaciones experimentales que fueron creadas a lo largo del país. A mediados de los años 50, el Departamento de Genética y Fitotecnia se transformó en el Departamento de Investigaciones Agrícolas, el cual, en 1964, pasó a constituir una organización privada, financiada con fondos públicos, llamada Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), que hasta el día de hoy es el encargado de realizar la investigación agrícola por parte del Ministerio de Agricultura.

El INIA fue creado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario, la Corporación de Fomento de la Producción, la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción. Tiene cobertura nacional y cuenta con diez Centros Regionales de Investigación. Su capital principal está formado por unos 200 investigadores de planta y su financiamiento es a través de fondos públicos y privados, proyectos de investigación y venta de insumos tecnológicos. Su misión es generar y transferir conocimientos y tecnologías estratégicas a escala global, para producir innovación y mejorar la competitividad del sector agroalimentario chileno y pretende ser una institución líder en la generación y transferencia de conocimientos y tecnologías sustentables para la innovación del sector agroalimentario (http://www.inia.cl).

Ya a principios del siglo pasado otras universidades se suman al esfuerzo docente y de investigación de la SNA y la Universidad de Chile. En 1904, la P. Universidad Católica de Chile creó la carrera de agronomía. Con el tiempo, otras universidades fueron creando la carrera de agronomía e instalando estaciones experimentales para apoyar a la docencia. Así nació la carrera de agronomía en la Universidad de Concepción (1954), la Universidad Austral de Chile (1954), la Universidad de Tarapacá (1963), la P. Universidad Católica de Valparaíso (1963), la Universidad de Talca (1970) y la Universidad de La Frontera (1982).

La investigación agrícola desde sus inicios se hizo para garantizar la seguridad alimentaria de la nación, entendida esta como el aseguramiento de la alimentación de la población, ya que a partir de la Independencia, aquella fue una tarea fundamental para sostener el futuro de la nación. Esa época se caracterizó por una predominancia del sector agrícola en la economía del país. No fue sino hasta avanzado el siglo XX que la investigación puso énfasis en las exportaciones de productos agrícolas.

Concomitantemente con lo ocurrido a nivel mundial, fueron los programas de mejoramiento genético los principales responsables de los aumentos sostenidos en los rendimientos de los principales cultivos alimenticios. Ellos fueron creados pensando en la seguridad alimentaria y siguiendo el modelo mundial liderado por el CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), que culminó en la llamada Revolución Verde, lo cual permitió un aumento explosivo en los rendimientos, aunque también en un uso excesivo de insumos como agua, fertilizantes y pesticidas. No fue sino hacia fines del siglo XX que nace una preocupación por hacer mejoramiento genético pensando no sólo en los agricultores, sino también en los consumidores (calidad de los alimentos) y aparece con fuerza el tema de la sustentabilidad en la discusión.

Por otra parte, la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT) crea diversos centros regionales que entrelazan objetivos agronómicos y nutricionales a partir de las capacidades regionales preexistentes (http://www.conicyt.cl/regional/category/centros-regionales/centro-regional/). Es así como nace el Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables (CREAS), en la Región de Valparaíso; el Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF), en la Región de O'Higgins; el Centro

de Estudios en Alimentos Procesados (CEAP), en la Región del Maule; el Centro de Genómica Nutricional Agroacuícola (CGNA), en la Región de la Araucanía. Así mismo, el 2016 CORFO financió el primer centro de innovación alimentaria en un consorcio con diversas universidades chilenas.

Chile también cuenta con diversas asociaciones para la difusión de los avances agronómicos como la Academia de Ciencias Agronómicas (http://www.academiaagronomica.cl), el Colegio de Ingenieros Agrónomos (http://www.ingenierosagronomos.cl), la Sociedad Agronómica (http://www.sach.cl) y el Colegio de Ingenieros en Recursos Naturales (http://www.cirn.cl). Todas estas instituciones aportan significativamente al apoyo político y social de los avances en agricultura sustentable que se desarrollarán en el país.

9. Investigación acuícola

Aun cuando la acuicultura chilena tiene una primera etapa que se inicia con la introducción de especies exóticas, en la segunda mitad del siglo XIX destaca la introducción de la carpa dorada (*Carassius auratus*) en 1856, de la carpa común (*Cyprinus carpio*) en 1878 y de la trucha común europea en 1883. A inicios del siglo XX, uno de los mayores hitos fue la construcción de la Piscicultura de Río Blanco en 1902, donde se recibe la primera importación de ovas embrionadas de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en 1905. Luego, en 1914, se construyó la Piscicultura de Lautaro a orillas del río Cautín, Región de la Araucanía, para las siembras de trucha en la zona sur de Chile. A ello siguió una segunda etapa caracterizada por la creación de centros de cultivo de moluscos (ostricultura), con la construcción de la Ostricultura Quetalmahue, en 1930; iniciativas de "ranching" orientadas a la creación de pesquerías comerciales, basadas en la introducción de salmónidos y la elaboración de planes centrales de desarrollo de la actividad acuícola (ostriculturas, mitiliculturas y pisciculturas), cuando se construye la mitilicultura de Quellón en 1943. Asimismo, se establecieron instituciones cuyo objetivo era la investigación en acuicultura. Asi nace el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en 1964. Durante este período se constata un fuerte esfuerzo para la creación de capacidades humanas asociadas al sector acuicultor y la pesca, con la creación de carreras como Biología Marina, Oceanografía e Ingeniería en Pesca, y entre ellas la pionera creación de la carrera de Ingeniería en Acuicultura en la Universidad de Chile en 1976.

Pero el cambio más significativo viene en los años 80, que estaba ya precedida del inicio del cultivo de ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) en 1974 y del choro zapato (*Choromytilus chorus*) en cultivo desde 1978. Se trata del inicio de los cultivos de *Glacilaria*, de choritos (*Mytilus chilensis*), de la ostra chilena (*Ostrea chilensis*), del abalón (*Haliotis* sp.), del Turbot (*Scophthalmus maximus*), entre otros, pero, por sobre todo, de la industria de la salmonicultura con tres especies principales: el salmón del Pacífico o Coho (*Oncorhynchus kisutch*), el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). La Universidad de Chile tuvo una participación muy relevante, iniciando el primer Programa de Mejoramiento Genético del salmón Coho, en 1992, y el primer Programa de Mejoramiento Genético de Ostión del Norte, ambos en colaboración con el Instituto de Fomento Pesquero, e implementó los primeros programas de posgrado asociados, como fueron el Magíster en Ciencias de la Acuicultura en 1996 y el primer Doctorado en Acuicultura en 2004, este último conjuntamente con las Universidades Católicas del Norte (UCN) y Católica de Valparaíso (UCV). Luego se agregaron el Magíster en Gestión de Recursos Acuáticos de la UCV y los Magísteres en Acuicultura de la UCN, el de la Universidad Católica de Temuco y el de la Universidad Santo Tomás. Estas actividades contribuyeron a iniciar en el país una investigación de alta calidad para soportar a la industria acuícola.

En Chile existen varios institutos de investigación asociados a la acuicultura, tanto públicos como privados. Entre los institutos estatales está el Instituto de Fomento Pesquero (www.ifop.cl) con presencia nacional, la Fundación Chile (www.fundch.cl), también localizado a lo largo del país, pero de menor tamaño, en su Estación de Chinquihue (https://goo.gl/DDJLUk), localizado en la Región de Los Lagos y, con la Universidad Católica del Norte, el Centro Aquapacífico (http://fch.

Figura 1. Diversos grados de degradación del suelo en Chile

cl/aquapacifico) en Tongoy. En el ámbito privado, está Aquainnovo (http://www.aquainnovo.com), el Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL) –dependiente de la Asociación de Productores de Salmón y Trucha– (http://www.intesal.cl/es/) y la Fundación Ciencia para la Vida (http://www.cienciavida.org), entre otros.

10. El recurso suelo

El suelo es uno de los pilares del desarrollo agrícola de Chile. Los suelos agrícolas de Chile están localizados en diversos climas que permiten el crecimiento de una gran variedad de cultivos como cereales, oleaginosas, leguminosas de grano, cultivos forrajeros, hortícolas, frutícolas, ornamentales y cultivos industriales como la remolacha.

Una dimensión interesante de analizar es la relación entre suelo agrícola y urbano. Al respecto, Rivas y Traub (2013) señalan que es necesario tener presente que al sector silvoagropecuario subyace una serie de actividades económicas que son las articuladoras de una matriz social, económica y cultural que entrega identidad y cohesión al área no urbana de Chile. En este sentido, el desarrollo del sector agroalimentario, de cara a constituirse en potencia agroalimentaria mundial, debe disponer de un marco normativo que garantice ciertas condiciones mínimas para el desarrollo económico, social y ambiental del sector, que asegure la sustentabilidad y disponibilidad de los recursos naturales y productivos. Por otra parte, los suelos de Chile también han sido ampliamente usados para propósitos forestales, desplazando en ciertas zonas a la actividad agrícola, lo que ha generado un importante impacto en la actividad agropecuaria. Tal es el caso de los monocultivos de pino insigne (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), utilizados ambos tanto para madera como para pulpa de celulosa. El gran crecimiento de la industria forestal ocurrió por efecto de la Ley de Fomento Forestal (Decreto N° 701) que permitió subsidios estatales hasta de 75% del costo total de la forestación para las compañías forestales y que hoy posibilita que el sector forestal contribuya 2,7% al PIB de Chile.

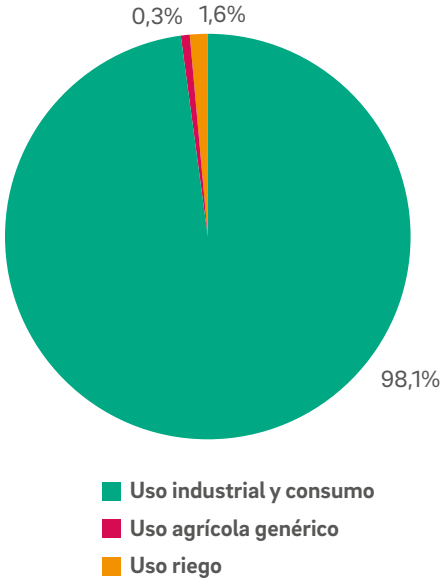
La producción agrícola de Chile tiende a una estricta dependencia de los recursos naturales y, en particular, del recurso suelo, el cual ha sufrido diversos grados de degradación, siendo la erosión hídrica la principal causa de este deterioro (**Figura 1**), que ha tenido un fuerte impacto en la disminución del potencial productivo. Lo anterior necesita ser considerado para futuras políticas agroalimentarias, de manera de no solo potenciar la producción sino, además, de incentivar su conservación.

11. Los recursos energéticos

En cuanto a los recursos energéticos debemos señalar que la mayor parte del sector agrícola chileno utiliza energía proveniente de combustibles fósiles con alta emisión de carbono, lo cual no lo distingue del resto de los países de América Latina. El éxito de las empresas agrícolas está estrechamente relacionado con la demanda y utilización de energía para sus procesos productivos. Por lo tan-

to, la necesidad de contar con sistemas de abastecimiento energético eficiente y constante es clave para el desarrollo agrícola. Los costos energéticos de los procesos productivos agrícolas, como el riego, la ordeña, los mecanismos de control de heladas y los diferentes procesos agroindustriales, son factores importantes en los costos de las empresas. Debido a lo anterior, el sector está buscando soluciones para disminuirlos, especialmente a través de la eficiencia energética y del uso de técnicas basadas en Energías Renovables no Convencionales (ERNC). Estas técnicas están teniendo un gran impacto en ciertas actividades. Las energías solar y eólica permiten, además, exportar los excedentes a la red nacional eléctrica, basándose en la Ley 20.698 que propicia la generación y utilización de ERNC. Sin embargo, estos esfuerzos no son suficientes debido a los altos montos de consumo energético de la agricultura. De hecho, Chile está generando esfuerzos significativos para contar con un sistema resiliente y ligado al consumo energético por sector y subsector. En la actualidad solo se dispone de macrocifras para el sector agrícola (**Figura 2**), donde se estima un consumo total de 63.700 GWh/año. De este total, menos de 2% es utilizado en riego por un costo equivalente a más de 200 MM USD/año.

Figura 2. Consumo energético en Chile



En un contexto en el que la tendencia mundial consiste en disminuir las emisiones de carbono y generar una agricultura baja en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), es necesario plantear una política de producción agrícola con bajos requerimientos energéticos y que permita mitigar los efectos ambientales negativos. Esto requiere focalizar los esfuerzos en contribuir al cambio climático y en adaptación al cambio climático, cuyo objetivo sea la disminución de las emisiones de carbono, las cuales en promedio son estimadas en 10 Pg C/año (Houghton *et al.*, 2012). Es por esto que, para desarrollar una agricultura sostenible, es necesario considerar una diversificación de las fuentes de energía, generando un autoconsumo energético propiciado por las actuales leyes de incentivo al uso de las ERNC. La política pública en Chile se centra en la adaptación al cambio climático, lo cual implica el uso de ERNC que traen aparejados co-beneficios en mitigación.

12. Los recursos hídricos y el cambio climático

A partir de la revisión de 58 estudios relacionados con el cambio climático y 47 focalizados en seguridad hídrica y cambio climático, se puede señalar que los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de los recursos hídricos en Chile se expresarán tanto por un aumento de la temperatura media ambiental como en una disminución de las tasas anuales de precipitación media (Fuster *et al.*, 2017). A modo de ejemplo, los estudios muestran que para el periodo 2010-2015 la zona de Chile Central experimentó un déficit de precipitaciones que alcanzó 21% con respecto a la década de 1990-1999, denominándose "megasequía", de la cual un cuarto del déficit experimentado se le atribuye al cambio climático de origen antrópico (Boisier *et al.*, 2016). Este déficit generó una marcada disminución de la oferta de agua expresada en la disminución de caudales y en los niveles de almacenamiento de agua en los embalses (Bravo *et al.*, 2014).

Sobre las proyecciones de cambio climático en el país se calculó un aumento en las tempera-

turas en todo el territorio nacional para el periodo 2031-2050 con respecto al periodo 1961-1990, con un gradiente de mayor a menor de norte a sur y de cordillera a océano, con valores que van desde 0,5°C (Magallanes) a 2,5°C (Altiplano). Por su parte, las tendencias proyectadas por el mismo autor indican una disminución de las precipitaciones en la zona Centro- Sur de entre 10 y 15% para el periodo 2031-2050, situación consistente en la mayoría de los modelos aplicados. Para el Norte, se consideró una tendencia a la disminución de la precipitación, aunque esta proyección no es robusta. Finalmente, en el Sur, para la Patagonia se espera una disminución de 5% en las precipitaciones, mientras que para Magallanes las precipitaciones aumentarán 5%.

Otros efectos de la reducción de las precipitaciones se evidencia sobre los glaciares, que en general en gran parte de Chile continental y Sudamérica han experimentado fuertes retrocesos y pérdidas volumétricas, impactando directamente en la dinámica de ríos y lagos (Durán-Alarcón *et al*., 2015). Estos impactos se han descrito en la zona Central con evidencias de aumentos en los caudales en la época de derretimiento en cuencas que han experimentado una fuerte disminución de la cobertura de hielo; a su vez, en la zona austral del país el retroceso de glaciares ha estado acompañado por repentinos vaciamientos de lagos subglaciales, los cuales han generado repentinos aumentos de caudal (Dirección General de Aguas, 2012), mientras que en la Patagonia se ha estimado que entre los años 2003 y 2011 los glaciares han reducido su masa a una tasa de 29 ±10 Gt por año.

Bajo la perspectiva de cambio climático, los potenciales impactos sobre los componentes de la criósfera –ya sean glaciares, nieve o permafrost– prevén que los cambios en los niveles de temperatura y precipitación podrían alterar los patrones normales de acumulación y derretimiento de nieve. Sin embargo, los impactos sobre ecosistemas dependientes de estos cuerpos de agua no han sido cuantificados hasta la fecha. Si bien la evidencia indica que la mayoría de los glaciares de Chile están experimentando un retroceso sistemático, la falta de conocimiento respecto al efecto que el cambio climático tendrá sobre su evolución no permite proyectar dichas tendencias en un modelo de predicción. De la misma manera, la carencia de información con respecto a la dinámica del permafrost y glaciares de roca no permite inferir su comportamiento futuro en respuesta a un cambio en el clima.

Pero no solo la disponibilidad de recursos hídricos se vería afectada por el cambio climático: hay una amplia evidencia científica que indica que las principales forzantes climáticas que modulan tanto las variaciones interanuales de precipitación y la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos en Chile se ven afectadas por el cambio climático. Boisier *et al*. (2016) han proyectado que el efecto del cambio climático sobre las forzantes climáticas tendrá un impacto directo en la frecuencia e intensidad de eventos extremos tales como sequías e inundaciones. Por lo tanto, bajo el escenario de emisión RCP 8,5, por ejemplo, se proyecta para el periodo 2050-2100 un aumento significativo en el periodo de recurrencia de eventos de sequías de tres años o más de duración en Chile Central, en relación con el periodo histórico de 1950-2000.

Finalmente, los cambios proyectados sobre el clima bajo los diferentes escenarios se espera que tengan un efecto directo tanto en la cantidad como en la temporalidad de los caudales de las diferentes cuencas del país, lo cual sumado a los impactos esperados sobre los diferentes componentes de la criósfera condicionará la disponibilidad de recursos hídricos para satisfacer las necesidades humanas y de los ecosistemas.

No obstante lo anterior, es importante señalar que el análisis de la disponibilidad de recursos hídricos bajo un contexto de cambio climático deberá considerar al menos la disponibilidad física determinada por patrones climáticos y la disponibilidad legal determinada por los Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA). Este último, si bien es un aspecto legal, contribuye a intensificar los efectos del cambio climático, debido a que el consumo potencial de agua no disminuye con base en la disponibilidad física; por ende, los sistemas hídricos estarán cada vez más presionados. Así, la seguridad hídrica por efecto del cambio climático se verá potencialmente afectada principalmente por: (i) la disminución de la disponibilidad física del recurso; (ii) el aumento de la periodicidad de eventos extremos; y (iii) por el aumento de si-

tuaciones de turbiedad y contaminación, producto del aumento de la periodicidad de eventos extremos, lo que afecta en la calidad del recurso.

13. Pérdidas de alimentos

Toda actividad agrícola de producción, manipulación, transporte y exposición a venta de un producto agrícola fresco, está afecta a una reducción del volumen inicial. Esta pérdida, cualquiera que sea su origen, redunda finalmente en una pérdida para el productor, quien es dueño del producto hasta que este se vende. Esta pérdida, que es irreparable, significa una limitación en la disponibilidad en general de alimentos, además de un gasto en energía consumida en producir algo que no llegará a su fin esperado.

La FAO inició trabajos sobre pérdida de alimentos en la década de los 80, destinando para ese efecto 10 millones de dólares. Desde entonces, y muy lentamente, se han ido incorporando muchas otras instituciones principalmente de los gobiernos de países del Hemisferio Norte, complementando y aportando información crítica sobre las pérdidas de alimentos. La FAO vio la necesidad de proponer un esquema para clasificar la información, dependiendo de la forma y el momento en que se producían las pérdidas. Así determinó las diferencias entre lo que llamó "pérdidas" (*losses*) y "desperdicios" (*waste*). Las pérdidas son aquellas que se producen durante la cosecha y durante todo el proceso de poscosecha y manipuleo de un producto que no llega al consumidor. En cambio, el desperdicio son las pérdidas de alimento que se producen desde que este es adquirido por el consumidor en adelante, lo que incluye los procesos de agregación de valor (elaboración local e industrial). En términos generales, en los países en desarrollo, 60% son pérdidas y 40% es desperdicio, mientras que en los países desarrollados, ocurre lo contrario.

A nivel mundial se calcula una pérdida de 1.300 millones de toneladas de alimentos por año. En Chile hay muy poca investigación sobre las pérdidas de alimentos y las causas del desecho y los volúmenes que significan. La mayor parte de la información disponible son estimaciones hechas sobre la base de proyecciones basadas en unos pocos índices locales. Es el caso de la industria frutícola, donde Chile produce 5 millones de toneladas de fruta de las cuales 2,4 son para el consumo interno. Si 10% de ellas fueran pérdida, estaríamos hablando de unas 240 mil t. Un estudio del Centro de Estudios de Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile determinó las causas de las pérdidas durante el proceso de selección y embalaje para exportación. En el caso de la uva de mesa se determinó que deficiencias en la poda de racimos, excesivo desgrane y bayas pequeñas o dañadas por trips eran las principales causas del descarte. Estas determinaciones sirvieron para mejorar las prácticas agronómicas de arreglo de racimos, aplicación de agroquímicos, raleo de bayas, lo que permitió aumentar sustancialmente el porcentaje de fruta exportable. Actualmente, las labores de control de calidad en las salas de selección, acondicionamiento y empaque de frutas han permitido mantener un nivel de calidad aceptable en la exportación de frutas. Sin embargo, permanentemente se encuentran informes de condición y calidad insuficiente en los mercados de exportación a distancia. Como ejemplo, el arándano en mercados de destino puede presentar problemas de calidad y condición como frutos blandos, deshidratados y machucados, lo que se soluciona cosechando a baja temperatura (22%), usando bolsas MAP (28%), aplicando CPPU en poscosecha (15%) y cosechando cuando la fruta está totalmente azul (5%).

El principal estudio sobre las pérdidas en los productos que se comercializan para el mercado interno en ferias libres y supermercados lo realizó Boitano (2011). Las mermas semanales de productos frescos en las Ferias Libres de la Región Metropolitana de Santiago alcanzaron un total de 2.391 t, lo que equivale a 19% del total. De ellas, 1.745 toneladas (22%) fueron verduras; 496 (18%), frutas y 150 (7%), papas. Algunos productos tienen pérdidas más significativas. Es el caso de las lechugas, de las cuales se producen 144.060 t y 11.530 t se pierden, es decir, 40% (11,530 t), lo que representa una pérdida de US$ 2.128/ha. A fines del año 2009 se implementó una iniciativa para aprovechar productos considerados no comerciables, pero en buen estado, los cuales se entregan a instituciones sin fines de lucro y los agricultores

pueden tratarlos tributariamente como alimentos destruidos. Las actividades de la organización han crecido y reportan que a diciembre de 2016, se han rescatado 16,2 t de alimentos, equivalentes a más de 46 mil raciones de comida entregadas a 187 organizaciones solidarias que han alcanzado a casi 140 mil personas vulnerables.

14. Política nutricional y alimentaria

Actualmente en Chile la prevalencia de sobrepeso y obesidad en la población infantil y adulta alcanza cifras que nos posicionan en los primeros lugares del mundo entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) con más de 10% de obesidad en menores de 6 años, más de 25% en estudiantes de primero básico y más de 60% de exceso de peso en los mayores de 15 años. La prevalencia de otras Enfermedades no Transmisibles (ENT) es también muy elevada en esta población, con más de 30% de personas con hipertensión arterial, cerca de 40% con dislipidemia y más de 10% de personas con diabetes *mellitus* tipo 2. La prevención de estas enfermedades está fuertemente relacionada con los estilos de vida y en especial con la dieta. En ese mismo sentido, la Encuesta Nacional de Consumo Alimentario 2010 muestra que 95% de la población chilena requiere cambios en su dieta y no cumple con las recomendaciones de alimentación sana.

Las estrategias que Chile está implementando se basan en el enfoque de salud, determinantes sociales de la salud y ambientes alimentarios. Esta política aborda el conjunto de factores sociodemográficos, culturales y económicos en que viven las personas, incluyendo la disponibilidad y acceso a los alimentos saludables, las costumbres y cultura de alimentación, el *marketing* y publicidad de alimentos, el entorno escolar y laboral, y la información disponible sobre los alimentos (etiquetado nutricional), entre los factores más relevantes. Modificar los ambientes alimentarios requiere de políticas gubernamentales estructurales, de índole legislativa, regulatoria y políticas fiscales como impuestos y subvenciones, entre las más importantes. Chile, adoptando las recomendaciones de organismos internacionales expertos y basado en la evidencia científica disponible (OECD, DELSA/HEA, 2010), ha implementado la Ley 20.606 sobre la composición nutricional de los alimentos y su publicidad. Así mismo, se ha aplicado un aumento de los impuestos a las bebidas azucaradas, se reformuló la estrategia de promoción y participación social, se implementó la Ley 20.860 sobre la publicidad de los alimentos. Finalmente, se han instalado programas multidisciplinarios para tratar a personas con malnutrición por exceso en la Atención Primaria de Salud (APS), basado en la consejería en vida sana.

Recientemente, Chile ha implementado diversas medidas como políticas básicas para una vida más saludable:

- Ley 20.606 sobre la composición nutricional de los alimentos y su publicidad: Esta Ley entró en vigencia en junio de 2016, con el propósito de proteger la salud de la población, especialmente de los niños, incorporando un marco regulatorio que permite (i) entregar información más clara y comprensible al consumidor a través del etiquetado frontal de advertencia "ALTO EN" sodio, azúcares, grasas saturadas y calorías; (ii) prohíbe la publicidad dirigida a menores de 14 años de estos alimentos "ALTOS EN"; y, (iii) prohíbe la venta, regalo y promoción de los alimentos "ALTOS EN" en establecimientos educacionales de prebásica, básica y media. De esta manera se favorecen las elecciones saludables contando con más información, asegurando la oferta sana en escuelas y disminuyendo el estímulo a la compra de alimentos menos saludables. La implementación de esta Ley consideró una campaña de difusión por medios masivos durante 6 meses antes de su entrada en vigencia y durante la misma, con el objeto de entregar el mensaje positivo de preferir alimentos frescos, naturales, preparaciones culinarias caseras y de posicionar en la población el reconocimiento de los nuevos sellos "ALTO EN" prefiriendo alimentos con menos sellos o sin ellos.
- Aumento de los impuestos a las bebidas azucaradas: Como medida fiscal impositiva, la Ley de Reforma Tributaria del año 2014 incorporó un impuesto correctivo a las bebidas no alco-

hólicas azucaradas, modificando la tasa impositiva de estos productos de acuerdo a su contenido de azúcares. De esta forma, bajó 10% el impuesto aplicado a aquellos productos que no excedan el límite de contenido de azúcares establecido y se elevó 18% cuando lo supere. El límite establecido fue de 6,25 g de azúcares por cada 100 ml de producto.

- Reformulación de la estrategia de promoción y participación social: La nueva estrategia Municipio, Comunas y Comunidades Saludables tiene el objetivo de fortalecer el rol de los territorios para generar cambios en los entornos comunitarios que favorezcan un estilo de vida saludable. Respecto a la temática de alimentación saludable, se insta a los municipios a programar intervenciones tales como ordenanzas municipales que prohíban la venta de alimentos "ALTOS EN" en los alrededores de escuelas y centros de salud, complementando la Ley 20.606; nuevos puntos de ferias libres; eventos de movilización social en favor de una vida sana; diálogos ciudadanos y foros intersectoriales de salud en torno a la alimentación saludable; y escuelas de gestores y líderes sociales que permitan dar continuidad a las acciones locales para mejorar los entornos alimentarios.
- Ley 20.860 sobre la publicidad de los alimentos: Esta Ley complementa la Ley 20.606 aumentando las restricciones de publicidad, de tal forma que queda prohibida toda publicidad de alimentos "ALTOS EN" en cine y televisión en horario diurno (6:00-22:00). Así mismo, esta Ley prohíbe la publicidad de alimentos "sucedáneos de leche materna".
- Programa Vida Sana en APS para personas con malnutrición por exceso: Este programa está dirigido a la población mayor de 2 años, con sobrepeso, obesidad y otros factores de riesgo. Se cuenta con médico, nutricionista, psicólogo y profesor de educación física, los que aplican una serie de actividades individuales y grupales protocolizadas con el fin de modificar la conducta alimentaria y sedentaria y disminuir los factores de riesgo de la población atendida. Este Programa está presente en más de 80% de los centros de salud primaria del país.

El impacto que el conjunto de estas medidas tendrá en la salud de la población debe ser evaluado a largo plazo. Por ahora, y al cabo de los primeros meses desde su implementación, existen aproximaciones en cuanto a las actitudes y percepciones de los consumidores sobre los principales ejes de acción de la nueva regulación de etiquetado y publicidad. Estudios realizados por diversas entidades académicas y centros de estudios de mercado coinciden en que la población evalúa positivamente las medidas implementadas y aproximadamente 40% declara estar dispuesto a realizar cambios en sus hábitos de compra de alimentos. Por otra parte, en un estudio encargado por el Ministerio de Salud, los resultados muestran que 43% de la población compara los sellos al momento de la compra y estos influyen en sus decisiones en más de 91% de los casos. Además, 94% de las personas estudiadas considera bien o muy bien la obligación de etiquetar con "ALTO EN" los alimentos que corresponda.

Otro efecto relevante como consecuencia de la regulación se relaciona con las modificaciones tecnológicas implementadas por la industria de alimentos, para disminuir la concentración de nutrientes críticos tales como azúcares, sodio y grasas saturadas, además de la energía. Según un reporte oficial de la industria de alimentos chilena, aproximadamente en 18% de los alimentos que participaron en el estudio, se realizaron adaptaciones en su formulación, mejorando su composición nutricional. Los hallazgos reportados hasta ahora son positivos en su efecto inmediato y prometedores en el largo plazo. Estos logros pueden ser las primeras manifestaciones producto de la modificación del ambiente alimentario. El desafío es darle continuidad a estas políticas, fortalecerlas y evaluar el cambio de hábitos alimentarios y la prevalencia de obesidad y otras ENT.

Valiente y Uauy (2002) plantean que el caso chileno constituye la evidencia de que es posible mejorar la salud y la nutrición en ausencia de un progreso sustancial en el plano económico, a pesar de que aún persisten algunos grupos vulnerables que, teniendo capacidad para comprar alimentos, no tienen acceso a una dieta de calidad, y que, además, presentan desigualdades en el acceso a la salud, presentando índices de calidad de vida por debajo del nivel nacional.

Por otra parte, existe un grupo muy significativo de personas adultas que sufren de enfermedades relacionadas con la sobrealimentación y una mala composición dietaria. Al respecto, Masi y Atalah (2008) reportan que las personas mayores de 70 años representan 4,4% de la población nacional, porcentaje que aumentará a casi el doble (8,2%) para el año 2025. Además, agregan que las limitaciones económicas en que viven muchos adultos mayores, junto con las alteraciones psicológicas, sensoriales y metabólicas que se producen a esta edad, determinan que una fracción importante de ellos reciba una alimentación deficiente. Como una forma de enfrentar esta problemática, Masi y Atalah (2008) reportan la existencia en Chile de dos programas que han estado orientados a este grupo de personas: uno es el "Programa de Alimentación Complementaria para el Adulto Mayor (PACAM)" y, el otro, la "Bebida Láctea Años Dorados" (BLAD), que han tenido efectos de corto plazo, pero que su impacto en el largo plazo aún sigue en estudio.

15. Conclusiones

Chile presenta una sólida base institucional, política, científica y técnica para ser una potencia en agricultura sostenible y nutrición saludable. La historia que ha mostrado Chile ante desafíos en agricultura y nutrición sigue en los más altos estándares a nivel internacional y permite afrontar grandes desafíos debido a la sólida institucionalidad que genera diferentes líneas de desarrollo. De cara al futuro se espera que la agricultura chilena pueda consolidar sus sistemas productivos atendiendo a las nuevas demandas agroalimentarias domésticas e internacionales, las cuales ponen énfasis en productos derivados de agriculturas modernas e innovadoras que orientan su desarrollo considerando prioritario en su producción la sustentabilidad de los recursos naturales y los requerimientos alimentarios de una sociedad que exige, en forma creciente, productos que permitan una dieta saludable.

Bibliografía

Alverson, D.L.; Freeberg, M.H.; Pope, J.G.; Murawski, S.A. (1994). A global assessment of fisheries by catch and discards. FAO Fisheries Technical Paper Nº 339, Roma: FAO.

Araya L, Héctor; Atalah S, Eduardo; Benavides M, Xenia; Boj J, Teresa; Cruchet M, Sylvia; Ilabaca M, Juan; Jiménez de la Jara, Jorge; Mardones S, Francisco; Muñoz P, Fernando; Pizarro Q, Tito; Rodríguez O, Lorena, & Rozowsky N, Jaime (2006). Prioridades de intervención en alimentación y nutrición en Chile. *Revista chilena de nutrición*, 33(3), 458-463. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182006000500001

Boisier, J., Rondanelli, R., Garreaud, R. and Muñoz, F. (2016). Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letters*, 43(1), pp. 413-421. DOI: 10.1002/2015GL067265

Boitano, L.A. (2011). *Análisis de la cadena de distribución en la comercialización de productos frescos en Chile: frutas y hortalizas.* Memoria de Título. Ing. Civil Industrial. Facultad Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Bravo, M., Flores, R., Galindo, R., Garreaud, R., Muñoz, E., Serey, A. y Viale, M. (2014). Determinación de posibles impactos en la gestión de los abastecimientos humanos de agua situados en la zona metropolitana de Chile, provocados por fenómenos asociados al cambio climático. *Aquae Papers*, 5, 6-29. http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/AquaePapers5es.pdf

Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas (2012). Variaciones recientes de glaciares en respuesta al cambio climático: Características glaciológicas de los glaciares San Rafael, Nef y Colonia, campo de hielo norte. Series de Informes Técnicos (SIT) Nº 302. http://documentos.dga.cl/GLA5500.pdf

Durán-Alarcón, C.; Gevaertb, C.M.; Mattar, C.; Jiménez-Muñoz, J.C.; Pasapera-Gonzales J.P.; Sobrino J.A.; Silvia-Vidald, Y.; Fashé-Raymundo, O.; Chavez-Espiritu, C.W.; Santillan-Portilla, N. (2015). Recent trends on glacier area retreat

over the group of nevados Caullaraju-Pastoruri (Cordillera Blanca, Perú) using landsat imagery. *Journal of South American Earth Sciences*, 59, 19-26. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.01.006

Elgueta, M. (1982). La investigación agrícola en Chile: Evolución histórica. en: Elgueta, M. y E. Venezian (eds). *Economía y organización de la investigación agropecuaria.* Talleres Gráficos INIA, Santiago, Chile. pp 109-141

Fuster, R., K. Astorga, C. Escobar, K. Silva y R. Urbina (2017). *Estudio de seguridad hídrica en Chile en un contexto de cambio climático para elaboración del plan de adaptación de los recursos hídricos al cambio climático.* Informe Final. Santiago Chile. 129 pp. En prensa.

Guerrero A. y Opitz R. (2017). *Inserción de la agricultura en los mercados internacionales.* Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 115 pp.

Houghton, R. A., House, J. I., Pongratz, J., van der Werf, G. R., DeFries, R. S., Hansen, M. C., Le Quéré, C., and Ramankutty, N. (2012). Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, 9, 5125–5142. DOI:10.5194/bg-9-5125-2012.

Infante, R. y Neira, R. (2002). Diagnóstico del sector acuicultor en Chile. *Prospectiva Chile 2010: 4. La Industria de la Acuicultura.* MINECON. pp. 59-78.

Masi, Celia & Atalah, Eduardo (2008). Análisis de la aceptabilidad, consumo y aporte nutricional del programa alimentario del adulto mayor. *Revista médica de Chile*, 136(4), 415-422. https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872008000400001

Ministerio de Agricultura de Chile, Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2013). *Plan de Adaptación al cambio climático del Sector silvoagropecuario.* Propuesta Ministerial elaborada en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012, 63 p.

Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile (2015). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Santiago de Chile, agosto de 2015, Imprenta Maval. 80pp. http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf

Mora, M. (2017). *Structural features of the wine sector in Chile.* In press.

Neira, R.; Bustos, E. & Avila, M. (1999). National and regional perspectives on aquatic genetic resources in Latin America. In: R.S.V. Pullin, D.M. Bartley y J. Kooiman (eds.), *Towards Policies for conservation and sustainable use of aquatic genetic resources.* ICLARM Conf. Proc. 59:59 pp.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) (2015). *Panorama de la agricultura chilena*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura de Chile. 138 pp.

Rivas T. y Traub, A. (2013). *Expansión urbana, cambio de uso del suelo, pérdida del patrimonio agropecuario, recursos públicos*. Oficina de Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura, 6 pp. http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1387811651expansionUrbana.pdf

Rodríguez, A., López, T., Meza, L. & Loboguerrero, A. (2015). *Innovaciones institucionales y en políticas sobre agricultura y cambio climático*. *Evidencia en América Latina y el Caribe.* CEPAL. 133 pp.

SalmonExpert (2016). Resultados 2015 y proyecciones 2016. Magazine articles. Publicado el 25/03/16. https://goo.gl/P5HoaM

Valiente B., Sergio & Uauy D., Ricardo (2002). Evolución de la nutrición y alimentación en Chile en el siglo XX. *Revista chilena de nutrición*, 29(1), 54-61. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182002000100008

Seguridad alimentaria y nutricional en Colombia

Mercado popular en el departamento del Huila, Colombia. Fotografía de Neil Palmer.

Colombia

[1] Elizabeth Hodson de Jaramillo
[2] Jairo Castaño
[3] Germán Poveda
[4] Gabriel Roldán
[5] Paul Chavarriaga

Por su abundancia de recursos agrícolas y naturales, agua, biodiversidad y talento humano, **Colombia** tiene el potencial de ser un **proveedor de alimentos para la humanidad, siempre y cuando se protejan sus ecosistemas**

Resumen

Por su posición y fisiografía, Colombia presenta una gran diversidad de zonas climáticas y cuenta con abundantes recursos agrícolas y de agua dulce, una biodiversidad excepcional y gran riqueza en recursos naturales. La agricultura se caracteriza por monocultivos tecnificados por región (*v.gr.* caña de azúcar, café, flores, algodón, plátano, banano, sorgo, maíz, arroz, palma africana, papa y yuca, entre otros). Hay cultivos para consumo interno y se exportan cultivos de alto valor como café, banano, caña de azúcar y palma africana. La agricultura en Colombia se verá afectada seriamente por el cambio climático, tanto en seguridad alimentaria, como en la socioeconomía agrícola.

En relación con seguridad alimentaria y nutricional (SAN) Colombia ocupa el décimo lugar en el Índice de Sostenibilidad Alimentaria y el noveno en agricultura sostenible (2016 Food Sustainability Index) y, si bien los porcentajes de desnutrición se han reducido, aún persiste en poblaciones de bajos ingresos así como en indígenas. El 12,5% de la población se encuentra subalimentada. El país muestra una transición nutricional de su población, y presenta problemas de déficit y exceso de peso en todos los grupos de población.

Se han asumido actividades de mitigación y adaptación al cambio climático para enfrentar los retos de la producción agrícola sostenible. Colombia cuenta con capacidades científicas y tecnológicas con trayectoria de larga data a pesar de la reducción actual en el presupuesto de ciencia y tecnología, y hay desarrollos en alternativas de solución para el incremento en la productividad agrícola en los diversos sistemas de cultivo con consideraciones territoriales. Se busca promover el incremento de la oferta agropecuaria para garantizar la seguridad alimentaria, promover las exportaciones agropecuarias y propender por el bienestar de los agricultores. Entre muchas de las iniciativas articuladas se destacan: la "Estrategia Colombia Siembra", la "Misión para la Transformación del Campo Colombiano" y la estrategia de "Crecimiento Verde".

I. Características nacionales

Colombia se localiza en la región noroccidental de América del Sur (**Figura 1**), con una superficie de 2.129.748 km^2, de los cuales 1.141.748 km^2 corresponden a su territorio continental y 988.000 km^2 a su área marítima. De esta última, 658.000 km^2 se encuentran en el Mar Caribe, y 330.000 km^2 en el Pacífico. Es la cuarta nación en extensión territorial de América del Sur. Está organizada en 32 departamentos descentralizados y el Distrito Capital Bogotá, sede del Gobierno Nacional. Se encuentra dividida en seis regiones naturales de acuerdo con sus ecosistemas, relieves y climas: Amazónica, Andina, Caribe, Orinoquía, Pacífica y la Insular (Archipiélago de San Andrés y Providencia en el mar Caribe; islas de Malpelo y Gorgona en el Pacífico) (IGAC, 2012). Por esta diver-

sidad, cuenta con abundantes recursos agrícolas y de agua dulce, una biodiversidad excepcional y una gran riqueza en recursos naturales como el níquel, cobre, hierro, carbón, gas natural, petróleo, oro, plata, platino y esmeraldas (OCDE, 2015).

Cerca de 82,5% de la superficie total del país se encuentra por debajo de 1.000 m de altura, con temperaturas promedio por encima de 24°C. En las tierras altas el clima es frío con temperaturas medias entre los 12 y 17° C. Más arriba de las tierras frías en los Andes se encuentran bosques alto Andinos y los páramos. Por encima de 4.000 m, donde las temperaturas son muy bajas, aún persisten algunas zonas glaciares. El país cuenta con alrededor de 42,3 millones de hectáreas (ha) aptas para la producción agropecuaria (DANE, 2015; DNP, 2015a). Por su parte, un análisis de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) para la Estrategia Colombia Siembra del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2016) ha establecido que el potencial agropecuario presente asciende a 26,5 millones de hectáreas, de las cuales cerca de 11 millones tienen aptitud agrícola, 6 millones son aptas para el sector pecuario, 4 millones para el sector agroforestal, 3 millones para producción forestal y 2 millones están en cuerpos de agua (MADR, 2016). El sector agrícola ha tenido una gran importancia para la economía colombiana, teniendo en cuenta su contribución al Producto Interno Bruto (PIB), al empleo y a las exportaciones (OCDE, 2015). Según cifras del 3er Censo Nacional Agropecuario (CNA), Colombia contaba para 2015 con 7,1 millones de hectáreas en cultivos. El desarrollo de la actividad agropecuaria se ha logrado a pesar de grandes rezagos sociales y productivos (DANE, 2015). El 74,8% del área (5,3 millones de hectáreas) se dedica a cultivos permanentes, y 16% a cultivos transitorios (1,2 millones de hectáreas). Del total del área rural, 56,9% (62,8 millones de hectáreas) corresponde a bosques naturales, y 38,3% (42,3 millones de hectáreas) tiene uso agropecuario.

Características demográficas

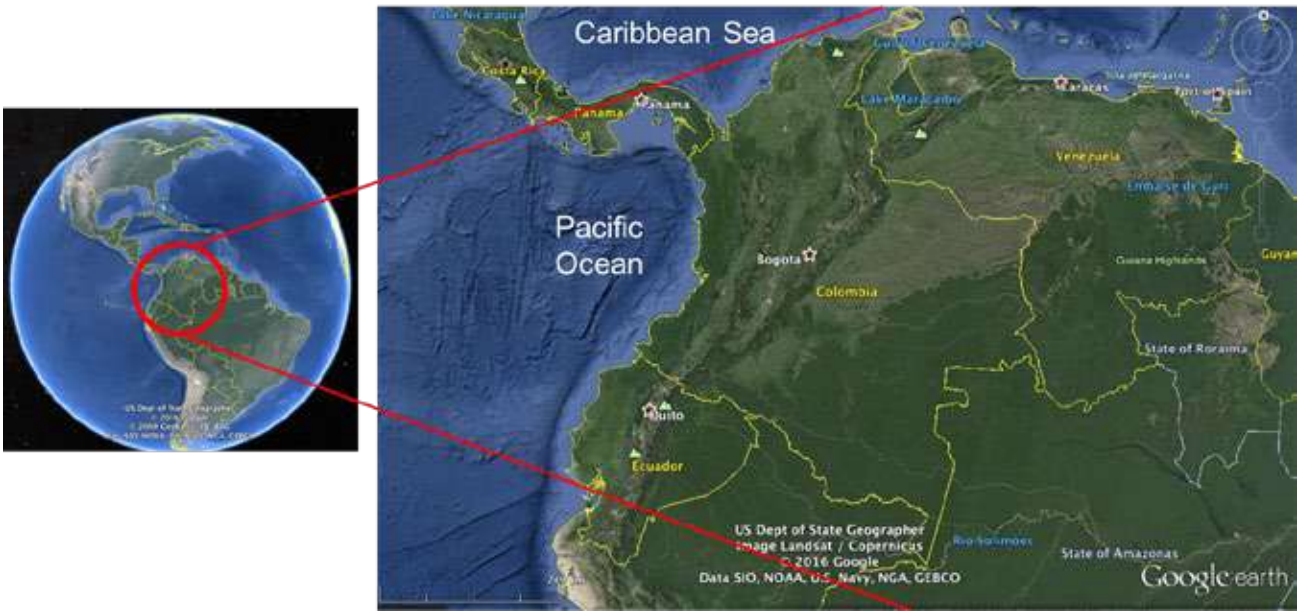
La población es, en su mayoría, resultado del mestizaje entre europeos, indígenas y africanos, con minorías de indígenas y afrodescendientes. En el Caribe colombiano hay una cantidad importante de descendientes del Medio Oriente (DANE, 2005). Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), a junio 30 de 2015, el país registraba una población de 48.747.708 habitantes. La mayor parte de la población se encuentra en el centro (región Andina) y norte (región Caribe) del país, mientras que al oriente (Llanos Orientales) y sur (Amazonía), se encuentran zonas extensas poco habitadas. El movimiento de población rural hacia áreas urbanas y la migración fuera del país han sido significativos. La principal zona de alto desarrollo en Colombia corresponde a la región Andina en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali. Más de 99,2% de los colombianos habla el idioma español, pero también un centenar de lenguas amerindias se hablan en el país. La esperanza de vida es 74,79 años, la mortalidad infantil es de 15,92 por mil, datos que coinciden con lo descrito por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para América Latina y el Caribe. Los elementos motores de la demografía de la región son la disminución de la fertilidad y el aumento de la longevidad. En 2015, la tasa de fertilidad era de 2,15 hijos por mujer (Marczak & Engelke, 2016).

Agricultura

La agricultura se caracteriza por los monocultivos tecnificados por región: caña de azúcar, café, flores, algodón, plátano, banano, sorgo, maíz, arroz,

[1] Elizabeth Hodson de Jaramillo Profesora Emérita de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana. Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ehodson8@outlook.com **[2] Jairo Castaño** Profesor Distinguido de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Miembro Correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, jairo.castano_z@ucaldas.edu.co **[3] Germán Poveda** Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Medellín, Colombia. Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, gpoveda@unal.edu.co **[4] Gabriel Roldán** Miembro de Número y Director de Publicaciones de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, groldan@une.net.co **[5] Paul Chavarriaga** Líder de la Plataforma de Transformación Genética del CIAT. Profesor de la Pontificia Universidad Javeriana-Cali, p.chavarriaga@cgiar.org

Figura 1. Localización de Colombia en América



palma africana, papa y yuca, entre otros. Colombia es el mayor productor de café suave en el mundo. El **"Café de Colombia"** es una denominación de origen protegida por la Unión Europea desde el 27 de septiembre de 2007. Esta denominación se da al café 100% arábigo (*Coffea arabica* L.) producido en las regiones cafeteras de Colombia, delimitadas entre la latitud Norte 1° a 11°15', longitud Oeste 72° a 78° y rangos específicos de altitud que pueden superar los 2.000 msnm (Valencia, 2012). El país cuenta con un hato ganadero de 21,4 millones de cabezas, el tercero más grande en América Latina después de Brasil y Argentina. El 66,2% de productores posee menos de 100 ha y 53,8% menos de 50 ha (DANE, 2015).

En gran medida, la seguridad alimentaria y nutricional depende de la producción de cereales en pequeñas parcelas (minifundios) que les permite abastecerse y comerciar en mercados locales. Los cereales más importantes son arroz y maíz. Los cultivos perennes para consumo interno y exportación generan 41% del empleo agroindustrial. Algunos cultivos de alto valor de exportación son el café, el banano, la caña de azúcar y la palma africana. La producción de cacao se ha basado en pequeños productores; Colombia cuenta con un potencial muy alto para ser un productor importante de cacao a nivel mundial, y hay programas para promover su siembra (Ramírez-Villegas *et al*., 2012). Cacao y frutales son las cadenas en donde los pequeños y medianos productores tienen gran participación, mientras que en maíz, soya, arroz, palma, caucho y forestales, existe una importante participación de grandes productores que requieren de grandes extensiones cultivadas para el desarrollo rentable y sostenible de los proyectos (MADR, 2016).

La agricultura en Colombia se verá afectada seriamente por el cambio climático, lo que constituye una severa amenaza tanto para la seguridad alimentaria, como para la socioeconomía agrícola. El país ha asumido actividades de mitigación y adaptación a esta amenaza y está promoviendo la articulación de los centros de investigación (nacionales, sectoriales e internacionales), en busca de alternativas para los diferentes sistemas de cultivo y sus características territoriales. Se propone evaluar diferentes germoplasmas en diversas regiones y estudiar su comportamiento frente a condiciones variables (bióticas y abióticas) con el fin de seleccionar aquellos materiales que muestren mejor comportamiento agronómico (Ramírez-Villegas *et al*., 2012). Los programas de evaluación y selec-

ción de nuevo germoplasma, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia y otros centros de investigación se están apoyando en la utilización de drones. Se han establecido redes temáticas de investigación y experimentación, las cuales se deben continuar fortaleciendo en las diferentes regiones, especialmente en las actuales circunstancias del país (luego de la firma del acuerdo de paz con la guerrilla de las FARC), buscando fortalecer un desarrollo territorial que ofrezca alternativas adecuadas a diferentes sectores sociales y, adicionalmente, incrementar la superficie de cultivos en Colombia (MADR, 2016).

Seguridad alimentaria y nutricional

Colombia ocupa el décimo lugar en el mundo en el Indíce de Sostenibilidad Alimentaria (2016 Food Sustainability Index) y el noveno lugar en el mundo en agricultura sostenible según el informe elaborado por The Economist Intelligence Unit (2016) y la BCFN Foundation (https://www.eiuperspectives.economist.com/sustainability/food-sustainability-index-2016). Cerca de 13,2% de los niños menores de 5 años en Colombia presenta desnutrición crónica. En general, 42,7% de la población indígena en el país vive en condiciones de inseguridad alimentaria (FAO, 2015a). En 2013, la Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CISAN) de Colombia lanzó oficialmente el Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2012–2019, con el objetivo de garantizar que toda la población colombiana disponga, acceda y consuma alimentos de manera permanente y oportuna, en suficiente cantidad, variedad, calidad e inocuidad (OSAN, s/f). Son diversos los factores que inciden en la situación del campo colombiano y representan un enorme reto: la incidencia del conflicto armado, el limitado acceso a bienes y servicios como agua potable, acueducto, alcantarillado y soluciones sanitarias, energía, salud y seguridad alimentaria. El 57,5% de los hogares rurales se encuentra en situación de inseguridad alimentaria, frente a 38,4% de los hogares urbanos (MADR, 2016).

Comercio exterior

El principal producto de exportación de Colombia es el petróleo. También se destacan la industria textil, la alimenticia, la automotriz y la petroquímica, el procesamiento de alimentos, la producción de café, aceite, bebidas, cemento, oro, carbón, esmeraldas, níquel, flores cortadas, bananos, entre otros (DANE, 2016).

Colombia participa en bajas proporciones del mercado mundial agropecuario, sin embargo, varios estudios han demostrado el potencial del país como protagonista en el incremento de la oferta mundial de alimentos; "*es uno de los cinco países más importantes para ser despensa mundial de alimentos por su ubicación y disponibilidad de tierras*" (FAO & Earthscan, 2011; FAO, 2012; MADR, 2016). El PIB del sector agropecuario colombiano en 2015 fue de 32,9 billones de pesos colombianos (equivalentes a US$ 11.750 millones), que representan aproximadamente 6,1% del Producto Interno Bruto Nacional. En cuanto al mercado laboral, la población ocupada en áreas rurales es 16,1% del total nacional (MADR, 2016). En la actualidad, los productos agrícolas representan aproximadamente 11% del total de las exportaciones de Colombia, entre las cuales han predominado productos tradicionales como café, flores, banano y plátanos, y azúcar (OCDE, 2015). Las exportaciones del sector agropecuario y agroindustrial (promedios de 2010-2015) muestran un promedio total de 4,2 millones de toneladas (t) por valor promedio total de US$ 6.734 millones distribuidos así: café 34%, flores y capullos 19%, banano y plátanos 12%, azúcar de caña 6%, artículos de confitería sin cacao 4%, extractos y esencias de café 4%, aceite de palma 3%, ganado en pie 2%, productos de panadería 1%, otros 15% (MADR, 2016). El 40% de las importaciones agropecuarias son lideradas por productos de alta demanda nacional como maíz, trigo y soya. El promedio de importaciones entre 2010 y 2015 fue de 10,1 millones de toneladas por valor promedio de US$ 5.934 millones. El país presenta una balanza comercial positiva propiciada principalmente por productos tradicionales como el café, banano y flores, que se exportan y cuyos precios externos contribuyen a que el resultado sea de superávit comercial (MADR, 2016).

Retos de la agricultura colombiana

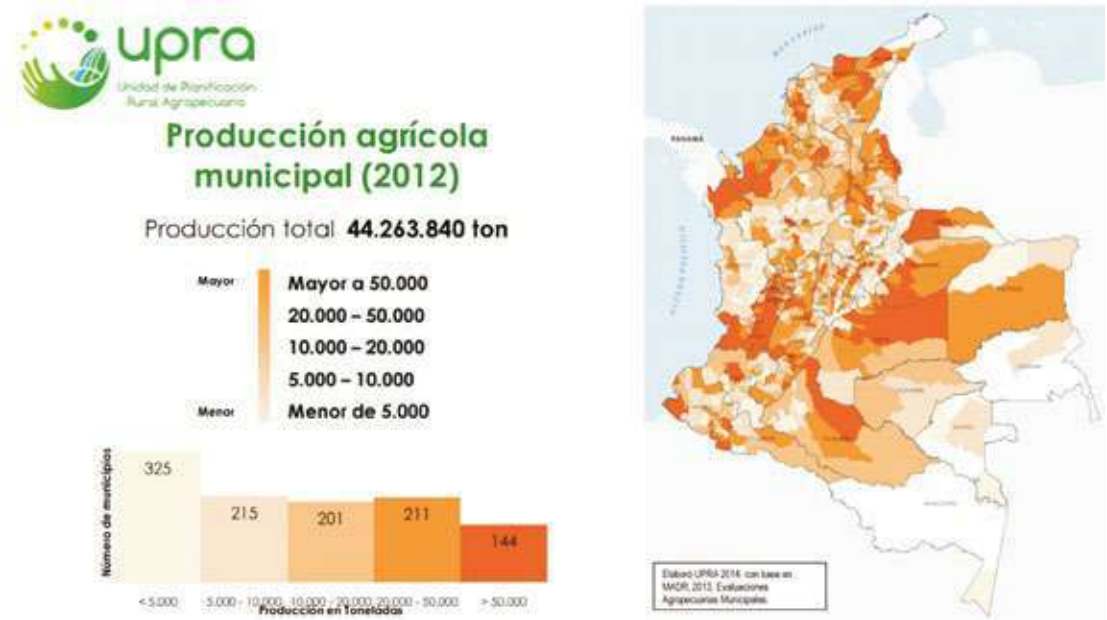
Las tasas de crecimiento anual del valor de la producción agrícola han fluctuado en las últimas dos décadas con una tasa de crecimiento relativamente baja de 1,6% desde 1990 (OCDE, 2015). Los principales obstáculos económicos son la baja

productividad de las unidades productoras, el rezago en infraestructura de transporte y de la producción, transformación y agregación de valor agropecuaria, la baja utilización (por difícil acceso o por bajo interés en los instrumentos dispuestos para el sector) de instrumentos de planeación productiva, la incipiente mitigación de riesgos agroclimáticos y el acceso a tierra productiva, entre otros (MADR, 2016).

Según el Tercer Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2015), 69,9% de las Unidades de Producción Agrícola (UPA) tiene menos de 5 ha y corresponde a menos de 5% del área censada. Por otra parte, 0,4% de las UPA tiene 500 ha o más y ocupa 41,1% del área censada. El problema principal radica en la concentración de la propiedad de la tierra. En la **Figura 2** se observa la producción agrícola municipal presentada por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) para 2012, la cual muestra las regiones más productoras del país. Después de 50 años de conflicto armado que ha limitado el desarrollo del sector agrícola en el país, y a partir de la firma del acuerdo de paz a final de 2016, se espera que se expanda el área agrícola, con perspectivas importantes para el desarrollo rural en las zonas que eran ocupadas por la guerrilla, y los agronegocios tienen gran potencial para promover el rápido crecimiento y la reestructuración de la agricultura. Los principales retos del sector agropecuario, fundamentales para su crecimiento, son: la reducción de los precios de la energía para cumplir con la producción; el mejor aprovechamiento del potencial agrícola y agroindustrial de sus tierras (solo emplea 24% de sus 22 millones de hectáreas aptas); oportunidades de desarrollo mejorando condiciones socioeconómicas en las zonas rurales; acceso a los servicios financieros; y manejo conveniente de la devaluación del peso colombiano (ASOBANCARIA, 2016).

Muchos de los problemas asociados con la agricultura y la producción de alimentos en Colombia tienen origen en un conjunto de factores resumidos recientemente por la "Misión para la Transformación del Campo Colombiano" (MTCC) (DNP, 2015b). El resumen de esta Misión se encuentra en el Recuadro 2 de la Sección VII del presente capítulo "Políticas relacionadas con Seguridad Alimentaria y Nutricional". El diagnóstico indica que en Colombia: i. persiste conflicto en el uso de la tierra, ii. se presenta alta concentración e informalidad de la propiedad, iii. en muchas zonas el uso del suelo no corresponde con su aptitud, iv. hay desprotección y mala regulación de los recursos naturales, v. se ha dado un desarrollo asimétri-

Figura 2. Producción Agrícola Municipal en Colombia (UPRA, 2014)



co entre el campo y la ciudad, vi. existen grandes desigualdades al interior del sector rural, vii. en los últimos 15 años la pobreza se ha reducido pero las brechas urbano-rurales han aumentado, viii. se encuentra algún avance en inclusión social, pero no en inclusión productiva, ix. la población dispersa en el sector rural es más pobre que en las cabeceras municipales, x. la brecha es más alta en las grandes ciudades. Además, existen serios problemas en relación con la provisión de servicios sociales en el campo en educación y en salud, así como un sistema de seguridad social casi inexistente para la población rural. Se considera que el bajo dinamismo del sector agropecuario en Colombia también tiene que ver con fuertes desarreglos institucionales, así como con deficientes instrumentos de política y un presupuesto muy inestable del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. En la sección Políticas Relacionadas con Seguridad Alimentaria y Nutricional, se sintetizan las principales recomendaciones de la MTCC en relación con políticas públicas e instrumentos de toma de decisiones de inversión pública para el desarrollo rural y agropecuario en los próximos 20 años, que ayudarán a transformar el campo colombiano.

II. Contexto Institucional

Sistemas de Investigación Agrícola Nacionales

Numerosos centros de investigación adscritos a los Ministerios de Agricultura y de Ambiente o gremiales, así como grupos en universidades y el sector privado, se encuentran formulando e implementando proyectos de investigación y desarrollo enfocados al mejoramiento de la eficiencia productiva en el sector agroindustrial, y en busca de sistemas productivos resilientes, con sostenibilidad ambiental, social y económica, y con adaptación al cambio climático, los cuales involucran consideraciones ambientales, sociales y económicas. En diversos sectores hay avances importantes y, con el apoyo de las políticas gubernamentales, se están fortaleciendo los vínculos entre el sector académico y el investigativo como se describe a continuación.

El **Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural** (MADR), como rector de la política agropecuaria y de desarrollo rural, tiene como objetivos promover el desarrollo rural con enfoque territorial y el fortalecimiento de la productividad y la competitividad de los productos agropecuarios, así como propiciar la articulación de las acciones institucionales en el medio rural de manera focalizada y sistemática, bajo principios de competitividad, equidad, sostenibilidad, multisectorialidad y descentralización, para el desarrollo socioeconómico del país (MADR, 2016). Para cumplir con estos objetivos, cuenta con siete entidades adscritas: Agencia de Desarrollo Rural, Agencia Nacional de Tierras, Agencia de Renovación del Territorio, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Unidad de Planificación Rural Agraria (UPRA), Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y la Unidad de Restitución de Tierras. Asimismo, tiene cinco entidades vinculadas: Banco Agrario de Colombia, Finagro, Corabastos, Vecol y la Bolsa Mercantil de Colombia; y dos Corporaciones de Participación Mixta: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y Corporación Colombia Internacional (CCI).

La investigación agrícola en Colombia por parte de las instituciones del Gobierno se focaliza a través de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOPICA- (http://www.corpoica.org.co/menu/qhc/), la cual tiene como objetivo ejecutar actividades de investigación y desarrollo tecnológico para transferir procesos de innovación al sector agropecuario con el fin de mejorar la productividad y la competitividad. Cuenta con trece centros regionales de investigación distribuidos por todo el país y ofrece asesoría tecnológica amplia en cultivos permanentes, cultivos transitorios y agroindustriales en diversidad de especies, así como en ganadería y especies animales menores.

Institutos del Sistema Nacional Ambiental

Entre los principales actores de los desarrollos y aplicaciones sostenibles con base en la biodiversidad en Colombia, se encuentran los Institutos de Investigación adscritos y vinculados al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), cuya función es proponer desarrollos tecnológicos sostenibles con el fin de generar productos que incorporen conocimiento y valor agregado con base en los recursos naturales renovables (**Tabla1**).

Centros de Investigación y Universidades

Los gremios de la producción agrícola desde 1938 iniciaron la creación de sus propios Centros de Investigación Agrícola denominados CENI, financiados por el sector privado y centrados en cultivos empresariales, a saber: Ceniacua (camarón de cultivo y otros), Cenibanano (banano y plátano), Cenicafé (café), Cenicaña (caña de azúcar), Cenicel (cereales y leguminosas), Ceniflores (floricultura), Cenipalma (palma de aceite) y CONIF (agroforestales). Los CENI están vinculados a sectores productivos que, en conjunto, ocupan el trabajo de 4.684.000 colombianos, cuya labor en 1,4 millones de hectáreas genera una producción global anual que atiende la demanda nacional por los distintos productos y permite exportaciones anuales por valor de 4.448 millones de dólares. La producción de los distintos bienes está distribuida en casi toda la geografía nacional. Se agrupan y articulan en una red (CENIRED), con el objetivo de promover el desarrollo científico y tecnológico del sector agropecuario, la utilización de tecnologías sostenibles a través de la investigación participativa, y gestionar, financiar y hacer seguimiento a planes, programas y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, mediante acuerdos, convenios, contratos y otras modalidades basadas en alianzas estratégicas (http://www.cenired.org.co/index.ph p/corporativo-cenired).

Como complemento muy importante al fortalecimiento de la capacidad investigativa en el sector agrícola en Colombia, se encuentra en Palmira la sede del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) que forma parte del Consorcio CGIAR, una organización internacional integrada por 15 centros miembros comprometidos con la investigación para un futuro con seguridad alimentaria. Diversas instituciones tienen actividades de cooperación técnica y científica, y reciben asesoría o capacitación y entrenamientos técnicos del CIAT.

También se encuentran asociaciones –Centros de Investigación/Consorcios–, la mayoría de las cuales trabajan con tecnologías emergentes y de punta tales como técnicas moleculares, algunas en transformación genética de material de interés agrícola, así como fitoquímica/bioproductos, en control biológico y desarrollo de biofertilizantes. Su principal objetivo es el fortalecimiento empresarial, la puesta a punto de procesos productivos o la oferta de servicios, el escalamiento eficiente y comercialización de productos desarrollados por los grupos de investigación.

Para el fortalecimiento de capacidades, especialmente en lo relacionado con formación de recurso humano y entrenamiento en tecnologías de punta como metagenómica, proteómica, marcadores moleculares y bioinformática, el Organismo Nacional de Ciencia y Tecnología –Departamento

Tabla 1: Institutos de Investigación del Sistema Nacional Ambiental, Colombia

Instituto	Misión / Objetivos
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)	Promover, coordinar y realizar investigación que contribuya al conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana.
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis (INVEMAR)	Desarrollar investigación sobre los recursos naturales renovables y el medio ambiente en ecosistemas marinos y costeros.
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI)	Adelantar investigaciones biológicas y sociales de la región amazónica, con aprovechamiento sostenible de sus recursos. Promueve planes de negocio para adoptar sistemas productivos con buenas prácticas ambientales y sociales en la Región Amazónica y promueve el fortalecimiento de cadenas productivas y de comercialización de productos locales
Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IAP)	Realizar investigaciones sobre el medio ambiente del Litoral Pacífico (conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales, relacionados con la realidad natural, social y etnocultural del Chocó Biogeográfico).
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información relativa al medio ambiente físico.

Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS)– ha buscado racionalizar el uso de recursos científicos, técnicos, de infraestructura y financieros, impulsando el establecimiento de Centros de Excelencia, los cuales aglutinan y articulan a varias instituciones y grupos de investigación de universidades de todo el país en torno a un tema de interés común con objetivos definidos. Para el caso de desarrollo en investigación, desarrollo e innovación se ha contado con algunos como: Centro Colombiano de Genómica y Bioinformática de Ambientes Extremos (GEBIX), Centro de Bioinformática y Biología Computacional de Colombia (CBBC), Centro de Estudios Interdisciplinarios Básicos y Aplicados (CEIBA), Centro de Investigación y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos (CIEBREG), y Centro Nacional de Investigaciones para la Agro-industrialización de Especies Vegetales Aromáticas Medicinales Tropicales (CENIVAM).

El país cuenta con una buena capacidad de investigación en sus universidades. La mayoría de estas, de trayectoria en Colombia, tanto públicas como privadas, presenta diversos grupos de investigación asociados con las actividades de producción agrícola y seguridad alimentaria en diversos campos que incluyen desde genética convencional, fitopatología, microbiología de suelos, microbiología ambiental, alimentos funcionales, productos naturales, biotecnologías agrícolas y ambientales, biología molecular, genómica, proteómica y metabolómica, transformación genética de organismos por ADN recombinante, edición de genes, bioprospección, bioprocesos, entre otros.

III. Características de los recursos naturales y ecosistemas

Recursos de agua y retos futuros

La localización ecuatorial de Colombia en la esquina noroccidental de América del Sur explica su riqueza en aguas, debido a: (1) la oscilación de la Zona de Convergencia Intertropical, (2) el transporte de humedad por varias corrientes de viento sobre el mar Caribe, el Océano Pacífico y los Llanos Orientales, (3) la lluvia orográfica en las tres cordilleras de los Andes que cruzan el país desde el suroeste al noreste, (4) su porción sobre las cuencas hidrográficas de los Ríos Amazonas y Orinoco, y (5) fuertes interacciones suelo-atmósfera (Poveda *et al*., 2011). La oferta natural de agua varía significativamente en las cinco regiones geográficas del país: (i) Caribe, (ii) Andina, (iii) Pacífica, (iv) Orinoquía, y (v) Amazonía (**Figura 3**). Además, la oferta y disponibilidad de agua está condicionada por la variabilidad hidroclimática en un rango muy amplio de escalas temporales, desde la escala interanual hasta la escala diurna, y por los efectos del cambio climático y la deforestación.

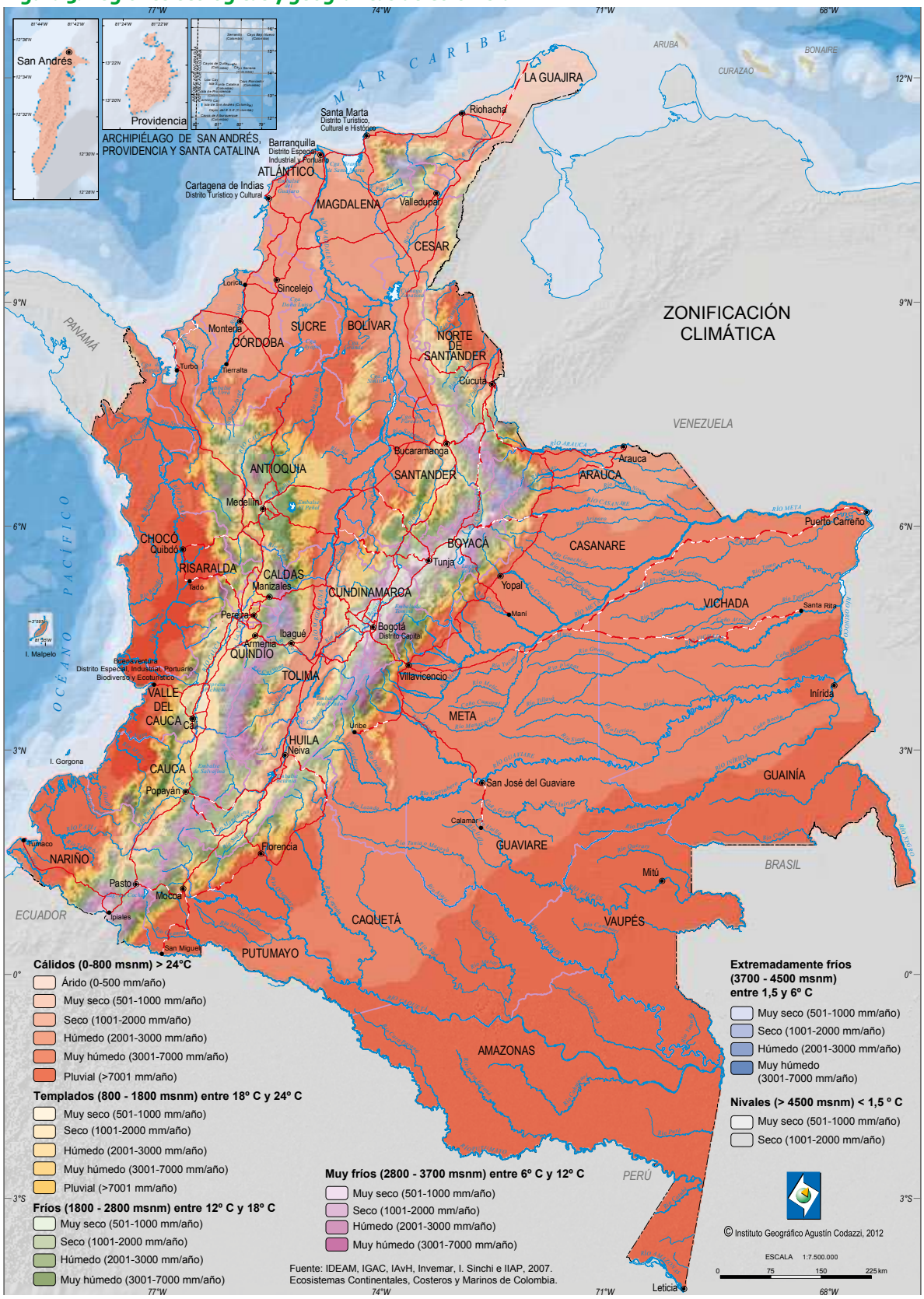
Evidencias de cambio climático en Colombia

Los efectos del cambio climático en Colombia son diversos, incluyendo el aumento en las temperaturas medias y mínimas en un gran número de estaciones; tendencias mezcladas en la precipitación sin un patrón regional claro, excepto en la llanura del Pacífico, en donde se observa una tendencia creciente (Carmona & Poveda, 2014). Se encuentra que de 310 estaciones con registros de precipitación mensual, 71% exhibe tendencias crecientes y, 22%, decrecientes. Los caudales medios y extremos exhiben tendencias negativas en casi todo Colombia (Poveda *et al*., 2011; Carmona & Poveda, 2014). Se encuentran tendencias positivas en las series de precipitación de Colombia para el período 1975-2006, principalmente en las regiones Pacífica, de la Orinoquía y la cuenca amazónica. El cambio climático también está causando la desaparición y el retroceso acelerado de los glaciares tropicales de Colombia (Rabatel *et al*., 2013).

Recursos de suelo y retos futuros

Diversos aspectos han impedido el manejo adecuado de los suelos en Colombia, tales como la situación social y política, la inequidad, la pobreza, los enfrentamientos armados y el narcotráfico, y las debilidades de sus sistemas de educación, de investigación y desarrollo tecnológico, causando procesos de degradación y afectación de los diversos y frágiles suelos del país (MADS, 2013a). El 29% de los suelos de Colombia son poco fértiles (ultisoles y oxisoles), y los suelos agrícolas adecuados (andisoles y molisoles) cubren 8,5 millones de hectáreas (7,5%). De los 114 millones de hectáreas del país, 32 millones (28,7%) presentan usos inadecuados por sobreutilización (15%) o por su-

Figura 3. Regiones ecológicas y geográficas de Colombia



butilización (13%); 87 millones de hectáreas deberían ser declaradas áreas de Protección y Conservación (IGAC, 2012). Los procesos de degradación incluyen erosión (48% del territorio), sellamiento, contaminación, pérdida de la materia orgánica, salinización (5%), compactación y desertificación (0,7%), mayormente sobre las regiones Caribe, Andina y Orinoquia, e incipientemente en la Amazonia y la costa del Pacífico (MADS, 2013a). Las zonas degradadas es donde se encuentran los principales centros urbanos (IDEAM-MADS, 2014).

Retos en energía

La principal y más barata fuente de generación de energía en Colombia es la hidroeléctrica, seguida de la termoeléctrica (gas, diésel y carbón). El país tiene una capacidad instalada efectiva de 14.478 MW, de los cuales 9.836 MW (67,9%) son plantas hidráulicas, 4.566 MW térmicas (31,5%); 57,8 MW de cogeneración y 18 MW eólicos (**Tabla 2**). Actualmente se están construyendo 17 nuevos proyectos hidroeléctricos con una potencia de 3.961 MW, y un costo superior a US$ 10 mil millones. Con esta nueva energía Colombia alcanzará una capacidad de generación de 18.385 MW para abastecer la demanda pronosticada para 2018 (ACOLGEN; http://www.acolgen.org.co).

Biodiversidad, conflictos y retos

Colombia posee el mayor número de especies por unidad de área en el planeta, siendo el segundo país más megadiverso del mundo después de

Recuadro 1. Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015a)

El estudio hace un diagnóstico del estado del agua como recurso y como amenaza en Colombia. Identifica las subzonas hidrográficas y cuencas que se deben priorizar, para mejorar la gestión sobre el recurso hídrico en cuanto a vulnerabilidades, presiones por uso y afectaciones a la calidad. Además, evalúa la Huella Hídrica del país relacionada con la cantidad de agua utilizada para la producción de bienes y servicios. Las principales conclusiones del estudio son:

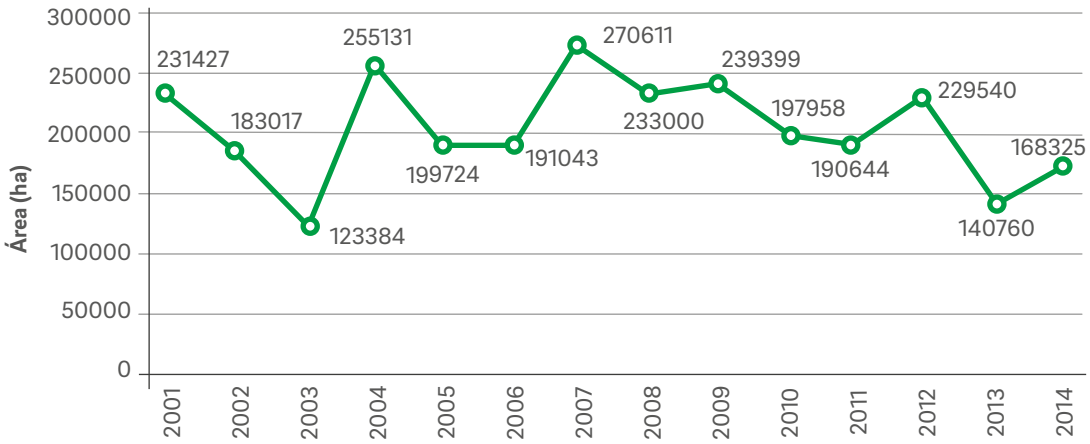
- Colombia cuenta con un rendimiento hídrico de seis veces el promedio mundial y tres veces el de América Latina; tiene reservas de aguas subterráneas que triplican esta oferta y se distribuyen en 74% del territorio nacional.
- La distribución del agua es desigual para las diferentes áreas hidrográficas. En las del Magdalena-Cauca y Caribe, donde está 80% de la población y produce 80% del PIB Nacional, se produce solo 21% de la oferta total de agua superficial.
- Las condiciones más críticas del recurso hídrico como presión por uso, contaminación, vulnerabilidad al desabastecimiento, vulnerabilidad frente a variabilidad climática y condiciones de regulación, se concentran en las áreas Magdalena-Cauca y Caribe que abarcan 110 municipios con una población de 18 millones de habitantes.
- Diversos indicadores de calidad del agua (cargas contaminantes biodegradables y no biodegradables, nutrientes, metales pesados y mercurio) están muy afectados en cerca de 150 ciudades y municipios, incluyendo a Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Cúcuta, Villavicencio, Manizales y Bucaramanga.
- La materia orgánica biodegradable vertida a los sistemas hídricos en 2012 fue estimada en 756.945 t/año, mientras que la materia orgánica no biodegradable (sustancias químicas), se estimó en 918.670 t/año, siendo Bogotá, Cali, Medellín y Cartagena los principales aportantes. A su vez, 205 t de mercurio son vertidas al suelo y los ríos.
- Más de 300 millones toneladas/año de sedimentos son transportados por los ríos, siendo el mayor aportante el Río Magdalena en la estación de Calamar con 140 millones de toneladas/año.
- Se estima que 318 municipios con 12 millones de habitantes podrían presentar problemas de desabastecimiento en épocas secas.
- Se evidenció una alta dependencia de agua verde en los sectores agrícola y pecuario, lo que hace que estos sectores económicos sean vulnerables al cambio climático.
- Se identificaron 16 Provincias Hidrogeológicas con 61 sistemas acuíferos y una oferta hídrica potencial de aguas subterráneas de 5.848 km³, principalmente localizadas en regiones de alta presión por uso, contaminación, vulnerabilidad al desabastecimiento, a la variabilidad y al cambio climático.
- El total de agua que se demanda en diferentes sectores a nivel nacional, es de 35.987 Mm³. Los sectores de mayor demanda son: agrícola (46,6%), energético (21,5%), pecuario (8,5%) y doméstico (8,2%).
- El agua concesionada anualmente equivale a 1.032 millones de m³. De estos, 498 millones de m³ (48%) corresponden al sector agrícola (450 millones de m³ se extraen en el Valle del Cauca para la industria azucarera), 25% a consumo industrial y 17% al consumo doméstico.

Tabla 2. Capacidad de generación de energía (GWh) prevista para distintos escenarios y las distintas fuentes energéticas, durante el período 2017-2022. Tomada de UPME, 2016

Escenarios	Hidroeléctrica	Fuentes menores + Cogeneración	Líquidos	Gas	Carbón	Eólica	Solar Fotovoltaica	Geotermia + Biomasa
ESC 0.0	980.828	64.997	23	52.398	120.502	62.683	2.221	22.857
ESC 1.0	990.453	64.997	80	74.528	121.655	32.811	795	21.188
ESC 2.0	992.164	64.997	49	75.159	89.584	62.684	685	21.188
ESC 3.0	997.464	64.997	82	86.812	100.198	32.811	1.547	22.589
ESC 4.0	988.101	65.347	35	60.588	107.701	62.683	867	21.188

Fuente: UPME

Figura 4. Serie anual de la pérdida de bosques en Colombia durante el período 2001-2014



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Global Forest Watch http://www.globalforestwatch.org/

Brasil. Con una extensión terrestre de 0,7% de la superficie del planeta, alberga alrededor de 10% de la fauna y la flora del mundo (FAO, 2015). Tal biodiversidad es fuente de numerosos servicios ecosistémicos y de sustento y bienestar humano, incluyendo servicios de aprovisionamiento como alimentos, productos forestales maderables y no maderables (pieles, carne y fauna ornamental), recursos genéticos, ingredientes naturales, plantas medicinales, productos farmacéuticos y cosméticos, y agua, entre otros. El V Informe Nacional ante el Convenio de Diversidad Biológica (MADS-PNUD, 2014) identifica los siguientes cinco factores asociados con la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos: (i). Cambios en el uso del suelo (ganadería, cultivos de uso ilícito, e infraestructura); (ii). Disminución, pérdida o degradación de ecosistemas nativos y agroecosistemas (agroindustria, minería, generación hidroeléctrica, urbanización y sobreexplotación pesquera); (iii). Invasiones biológicas; (iv). Contaminación y toxificación del agua; y (v) Cambio climático.

Efectos de las tendencias forestales

La deforestación y los cambios en los usos del suelo constituyen algunas de las mayores amenazas al desarrollo sostenible y económico de Colombia. En 2014, el país tenía 8.867 t métricas de carbono almacenadas en su biomasa forestal viva (Hansen *et al*., 2013), pero en el período 2001-2014 perdió 2.822.693 ha de bosques (**Figura 4**).

Factores como la ampliación de las fronteras agrícola y ganadera, así como la minería, han propiciado la deforestación en Colombia, destruyendo servicios ecosistémicos de los bosques como la regulación de los extremos hidrológicos, el con-

trol de la erosión, la protección contra el calentamiento global por el secuestro de carbono y por evapotranspiración, el albergue de biodiversidad, y el almacenamiento y reciclaje de nutrientes, entre otros.

Impactos de la variabilidad climática sobre la agricultura

Efectos de El Niño

Según el Ministerio de Agricultura, la ocurrencia del fenómeno de El Niño reduce el rendimiento agrícola de Colombia. Los cultivos más afectados históricamente han sido fique, yuca, palma africana, cebada, arroz, café y papa, así como la producción de leche que disminuye. El Niño 2015-2016 ocasionó una disminución de 20% en el rendimiento agrícola de Colombia y duplicó la mortalidad en el sector pecuario. Los cultivos de ciclo corto fueron los que más disminuyeron su producción (3,4%), mientras que los de ciclo largo aumentaron 2,5%. Los cereales, las frutas se vieron afectados por las heladas, aumentando los costos de producción, al igual que la papa, la leche y el arroz. Hubo más de 600 mil ha cafeteras afectadas por la intensa ola de calor. El Niño también causa altos impactos en plagas y enfermedades en la agricultura (IICA, 2015; OIRSA, 2014).

Efectos de La Niña en el sector agropecuario

Las intensas precipitaciones que ocurren en Colombia durante La Niña causan inundaciones, deslizamientos y erosión. El evento La Niña 2010-2011 causó pérdidas económicas de 11,2 billones de pesos por daños en infraestructura, cultivos agrícolas y ganadería, transporte, minería y turismo. Los efectos de la variabilidad climática y del cambio climático sobre las comunidades rurales dedicadas al cultivo del café en Colombia se reportan en Poveda *et al*. (2017).

Impactos potenciales del cambio climático

Diversos estudios indican que el cambio climático impactará negativamente la economía colombiana. El estudio de Burke *et al*. (2015) predice para Colombia una disminución de 77% en el PIB per cápita entre 2015 y 2100, debido al cambio climático. El estudio de DNP-BID (2014), aunque con diversas limitaciones, utiliza los resultados de diversos modelos y escenarios de cambio climático, y encuentra que el sector agrícola tendría las mayores pérdidas debido a reducciones en rendimientos por hectárea, ocasionadas, entre otros factores, por la diminución del rango climático, los cuales se resumen en la **Tabla 3**.

El trabajo de Ramírez-Villegas *et al*. (2012) estudia los posibles impactos del cambio climático en la agricultura colombiana, plantea retos que afectarían los principales cultivos y regiones, y sugiere acciones de adaptación. Allí se plantea que para 2050 el cambio climático en Colombia impactará a cerca de 3,5 millones de personas, afectando 14% del PIB correspondiente a agricultura, el empleo, las agroindustrias, cadenas de suministro, así como la seguridad alimentaria y nutricional. Si no se toman medidas de adaptación, la mayoría de cultivos y de regiones cultivadas presentarán impactos negativos, tales como mayor frecuencia de inundaciones, cambios en la prevalencia y presencia de plagas y enfermedades, aumentando la vulnerabilidad de los pequeños agricultores (Ramírez-Villegas *et al*., 2012).

Estableciendo resiliencia a eventos extremos

El Departamento Nacional de Planeación de Colombia coordina, con apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), el cual tiene por objeto reducir el riesgo y los impactos socio-económicos asociados con la variabilidad y al cambio climático en Colombia, y en particular: i. Generar un mayor conocimiento sobre los potenciales riesgos y oportunidades; e incorporar gestión del riesgo climático en la planificación del desarrollo sectorial y territorial; y ii. Disminuir la vulnerabilidad de los sistemas socio-económicos y ecológicos ante eventos climáticos. Debido a la limitada investigación científica sobre cambio y variabilidad climática en Colombia, se propone que en América Latina se discuta públicamente ante la sociedad y los gobiernos sobre la gravedad de las diversas amenazas y efectos sociales, ambientales, ecológicos y económicos del cambio climático. Se sugiere que la discusión se concentre en los siguientes temas fundamentales:

- ¿Cuáles son las preguntas científicas fundamentales que plantea el cambio climático y la deforestación sobre los ecosistemas? ¿Cuá-

les serán los más probables efectos sobre la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (sequías e inundaciones) en las distintas regiones de América Latina? ¿Cómo impactarán a la sociedad y a los diferentes sectores?

- ¿Cuánto carbono almacenan los distintos ecosistemas de América Latina, desde los desiertos hasta los páramos, pasando por los bosques secos, los bosques húmedos de montaña, los bosques húmedos tropicales, las sabanas de los valles interandinos, la Amazonia y las demás regiones y ecosistemas del subcontinente?
- ¿Cuáles son las tasas de evapotranspiración de esos ecosistemas? La evapotranspiración provee un servicio ecosistémico ignorado hasta ahora (enfriamiento y refrigeración, contrarrestando los efectos del calentamiento global). Ese servicio ecosistémico debe ser medido y valorado en forma separada del almacenamiento de carbono.
- ¿Cuáles serán los más probables impactos del cambio climático sobre la salud humana, sobre la disponibilidad de agua y la producción de alimentos, sobre la generación de energía eléctrica y otros sectores?
- ¿De qué orden (económico, financiero, social y ambiental) son las decisiones que la región debe tomar para hacer frente a las consecuencias del cambio climático y la deforestación? ¿De qué orden son las inversiones en ciencia y tecnología para enfrentar este problema? ¿Cómo se va a hacer frente a tal disparidad?
- ¿Cuál es el presupuesto de las entidades encargadas en financiar la investigación científica en los países de la región (COLCIENCIAS), así como de los Ministerios, de los gobiernos

Tabla 3. Cambios porcentuales en la productividad agrícola de Colombia para diversas épocas y escenarios de cambio climático, con respecto al periodo 2000-2010

	2040*	2070**	2100***	Promedio
Nacional				
A2	-6,7	-5,8	-4,4	-5,6
B2	-5,2	-5,5	-5,2	-5,3
A1B	-10,2	-11,4	-12,4	-11,3
Promedio	-7,4	-7,6	-7,3	-7,4
Maíz tecnificado				
A2	-22,9	-21,8	-22,8	
B2	-21,9	-22,2	-22,8	
A1B	-24,1	-21,9	-19,3	
Promedio	-23,0	-22,0	-21,6	
Papa				
A2	-15,7	-14,1	-9,1	
B2	-12,3	-12,8	-10,7	
A1B	-19,4	-20,0	-19,3	
Promedio	-15,8	-15,6	13,0	
Arroz de riego				
A2	2,3	2,7	2,1	
B2	2,6	2,4	1,8	
A1B	-1,6	-3,9	-6,6	
Promedio	1,1	0,4	-0,9	

Fuente: Tomada de DNP-BID (2014). * Promedio 2011-2040; ** Promedio 2041-2070; *** Promedio 2071-2100

regionales y municipales para apoyar investigaciones científicas básicas y aplicadas sobre el tema del cambio climático y la deforestación, y de todas sus consecuencias en América Latina?

IV. Tecnología e Innovación

Papel de las biotecnologías

La biotecnología representa una de las áreas de mayor potencial para la economía colombiana. Es claro que los incontables avances biotecnológicos en diversos sectores de la economía, adicional a sus múltiples aplicaciones en la salud humana y animal, ofrecen innumerables alternativas para atender los requerimientos de seguridad alimentaria y nutricional, y de intensificación sostenible de la producción agrícola, así como para enfrentar los retos que presenta la adaptación de cultivos al cambio climático. Campos complementarios son la producción de bioinsumos (biofertilizantes y bioplaguicidas), los sistemas de biodegradación de residuos de la industria agroalimentaria y la biorremediación (FAO, 2016a). La biotecnología, integrada adecuadamente a otras tecnologías y sistemas productivos agrícolas y de alimentos, ofrece un poderoso conjunto de herramientas para el mejoramiento y producción de cultivos, y tiene la posibilidad de procurar beneficios significativos tanto al consumidor como al ambiente; igualmente puede revolucionar las estrategias necesarias para conservar la biodiversidad.

En agrobiotecnologías, Colombia, adicionalmente a sus propios desarrollos –en bioinsumos, mejoramiento de cultivos por técnicas moleculares y biotecnología ambiental–, ha sido actor importante en la adopción de los cultivos biotecnológicos –genéticamente modificados (GM)–. Inició el cultivo de claveles GM en 2002 y actualmente es uno de los 28 países en el mundo que siembran más de 100.000 ha de cultivos GM al año (James, 2015). Para 2015 se cultivó en el país un total de 101.131 ha distribuidas en maíz (85.251 ha), algodón (15.868 ha) y ornamentales –claveles y rosas azules– (12 ha), que se cultivan en 22 de los 32 departamentos del país (datos del Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-). A 2015, en el país, 24% de los cultivos de maíz y 77% de los de algodón son transgénicos (FENALCE, http://fenalce.org/nueva/index.php; CONALGODÓN, http://conalgodon.com/). Las ventajas que se han evidenciado para su adopción incluyen, entre otros, efectos benéficos ambientales, por reducción en el uso de plaguicidas, en rendimientos y en ingresos por mejor calidad de las cosechas al reducir el ataque de insectos (James, 2015).

En el desarrollo de sus funciones, CORPOICA ha obtenido resultados en investigación y soluciones tecnológicas, en las áreas vegetal y animal. Adelanta investigaciones en biotecnología e ingeniería genética, manejo integrado de aguas y suelos, fijación natural de nutrientes, manejo de plagas y enfermedades y avances en agricultura limpia, con reducción de plaguicidas y de fertilizantes de origen químico. En investigación agrícola y pecuaria, el trabajo de CORPOICA se centra en el aprovechamiento de los recursos genéticos propios del país, que custodia en sus bancos de germoplasma. En estos, entre otros cultivos, se conserva la colección colombiana de musáceas (plátanos) y, en semillas de papa, tiene la segunda más importante del mundo después de la que tiene el Centro Internacional de la Papa (CIP), en Perú. Aprovechando el material genético con que cuenta (22.700 semillas de diferentes tipos), se han puesto en el mercado 50 variedades nuevas de semillas de maíz, soya, algodón, papa, fríjol, yuca, lulo y papaya, entre otras, logradas por métodos convencionales de cruzamiento. CORPOICA pone a disposición de los agricultores materiales seleccionados o mejorados en cultivos como caña de azúcar, cacao, maíz, berenjena, sorgo y soya. Ha desarrollado seis productos (bioinsumos) tales como biofertilizantes (Rhizobiol para soya, Monibac para algodón), o bioplaguicidas (Baculovirus para control de polilla guatemalteca, *Tecia solanivora* en papa o *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* para prevenir y controlar el ataque de la mosca blanca). Asimismo, proporciona servicios de análisis de suelos, alimentos, nutricionales y control de calidad de los insumos. Bajo el enfoque de una agricultura climáticamente inteligente, trabaja en Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) para el desarrollo de capacidades para adaptación al cambio climático (http://www.corpoica.org/). El banco de germoplasma animal

(semen) guarda 19 mil pajillas de ejemplares de las siete razas bovinas criollas colombianas, de las que se han identificado algunos genes de interés para mejoramiento, como los que confieren tolerancia a la brucelosis en el ganado de la raza criolla Blanco orejinegro.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con sede en Colombia, se destaca por sus investigaciones en arroz, yuca, fríjol, forrajes tropicales y recursos genéticos y promueve la agricultura eco-eficiente (https://ciat.cgiar.org/). Es así como más de 90 variedades mejoradas en cuatro cultivos básicos (arroz, yuca, fríjol y forrajes) han contribuido a fortalecer la seguridad alimentaria en Colombia y a incrementar los ingresos de las familias campesinas. Como innovación tecnológica para sus programas de mejoramiento, el CIAT está utilizando drones para el monitoreo de cultivos de arroz y de yuca en busca de detectar patrones de eficiencia en el uso de nitrógeno y de eficiencia en el uso de agua (tolerancia a sequía). Los drones también han mostrado ser útiles para los científicos en la evaluación de comportamiento en campo de rasgos específicos, de manera tal que permiten economizar y reducir el tiempo de las investigaciones para el desarrollo de variedades que toleren ambientes de estrés biótico o abiótico (FAO, 2016b; Global Harvest Initiative, 2016). Para presentar alternativas a los retos actuales, una asociación entre el CIAT y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) promete impulsar la resiliencia al cambio climático y mejorar los medios de vida de miles de pequeños agricultores en todo el mundo. La agricultura de pequeña escala, especialmente en zonas tropicales, debe volverse más robusta, resiliente, eficiente y sostenible, de manera que pueda satisfacer la demanda cada vez mayor de alimentos y recursos, ofreciendo a su vez caminos rentables para salir de la pobreza. Adicionalmente, el CIAT lidera la investigación en edición de genomas en arroz en América Latina para eliminar marcadores de selección de líneas transgénicas con incremento de hierro y zinc en el grano, para validar genes candidatos a resistencia al virus de la hoja blanca (RHBV), para producción de semilla híbrida o para validar genes que determinan el número de flores en la panícula y número de granos por planta (Li *et al*., 2016). Este esfuerzo se hace en colaboración con instituciones extranjeras (p.e., NIAS del Japón, y la Universidad de Adelaida en Australia), y propende por la colaboración de la empresa privada nacional, las universidades locales y los Centros Nacionales de Investigación. Siguiendo el ejemplo de lo que se ha logrado con el maíz Waxy, editado con CRISPR/Cas9, que no sería regulado en USA (Waltz 2016), en yuca se trabaja en la conversión del almidón común al tipo Ceroso o Waxy, de alto valor comercial en variedades colombianas y asiáticas, y en el desarrollo de tolerancia no-transgénica a herbicidas. En fríjol desarrollan metodologías de trasformación genética para "desactivar" genes anti-nutricionales en el grano usando CRISPR/Cas9.

Los CENI por su parte, focalizan sus investigaciones en busca de soluciones técnicas e innovación para dar mayor competitividad, eficiencia, rendimiento y resiliencia a los cultivos de su interés en actividades tales como selección y propagación de material seleccionado, fitomejoramiento por diversos sistemas incluyendo transgénesis (para mayor rendimiento, adaptabilidad al cambio climático, tolerancias a plagas y enfermedades), desarrollo de bioinsumos (biofertilizantes, bioplaguicidas), complementado con evaluación de modelos agroempresariales competitivos y sostenibles, así como capacitación en técnicas específicas. Los CENI tienen estrecho contacto y cooperan en distintos proyectos con varias entidades en diferentes países: CENICAÑA es uno de los primeros miembros del Consorcio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar. CENIACUA trabaja con Akvaforsk de Noruega, líder mundial en mejoramiento genético de especies acuáticas. CENICAFÉ mantiene estrechos vínculos con la Universidad de Cornell, entidad con la que se trabaja en Biología Molecular, con la Universidad de Maryland y el IRD de Francia, entre otros.

Prospectos para la obtención de nuevos productos

En el país hay más de 150 firmas de base biotecnológica distribuidas en distintos sectores: en el agrícola 38%, en el de alimentos y bebidas alcohólicas 33%, en biocombustibles 8% que se encuentra creciendo, en el farmacéutico 5%, y las universidades y Centros de Investigación han iniciado la creación de empresas con 16% (Narváez, 2015).

Algunos ejemplos de desarrollos incluyen los del Instituto de Biotecnología de la Universi-

dad Nacional de Colombia, con la producción de bioinsecticidas formulados con especies nativas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) para el control biológico de plagas que atacan los cultivos de algodón, arroz, maíz, sorgo y papa. Dentro del programa de fitomejoramiento de cultivos están a disposición de los agricultores seis variedades de papa libres de virus y semillas sanas de ñame y de caucho. En proceso de desarrollo están plantas transgénicas de papa criolla y de la variedad R12, de gran aceptación en la agroindustria. Ejemplo adicional entre muchos otros es la Corporación BIOTEC, que enfoca sus investigaciones en producción de material de propagación (clones) de uva Isabela y guanábano. BIOTEC también desarrolló un biofungicida, formulado con el hongo *Trichoderma harzianum* Rifai, para el control de *Botrytis* spp. P. Mich. ex. Pers., que ataca a la vid (http://corporacionbiotec.org/index.html).

En biotecnología, hay diversos campos de aplicación con buenos desarrollos y alta capacidad científica y tecnológica, como es el caso del sector de cosmética y aseo y absorbentes, fitoterapéuticos y complementos nutricionales, así como en el sector de bioinsumos. En relación con el sector de bioinsumos, en el ICA aparecen registrados más de 191 productos –la mayoría bioplaguicidas (agentes de control biológico) o biofertilizantes (inoculantes para fijación de N)–, y se encuentran registradas 122 empresas como productoras o importadoras de bioinsumos para el sector agrícola.

De las nuevas tecnologías de mejoramiento a la edición de genomas. Un ejemplo de alternativa para mejorar el rendimiento y la calidad nutricional del arroz

La Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) estimó que en el año 2015 cada colombiano de la zona urbana consumió 36,4 kilos de arroz, y en la zona rural el consumo ascendió a 44,2 kilos (www.fedearroz.com.co). Comparativamente, el consumo per cápita de papa en 2014 fue de 63 kilos, indicando que el arroz es un renglón importante en la dieta de los colombianos. En 2015 más de 280 mil t de arroz blanco se importaron en Colombia para suplir la demanda nacional, indicando un déficit en la producción nacional. La edición de genomas es una de las denominadas Nuevas Técnicas de Mejoramiento (NBT) (por sus iniciales en inglés, New Breeding Techniques) que ofrece la posibilidad de aumentar considerablemente el rendimiento del arroz a través de la edición de genes que influyen en el número de granos, el tipo de macollas (vegetativas o sexuales) y en el tamaño de los granos y de la panícula (Li *et al*., 2016). En el caso del número de granos se trata de un gen llamado Gn1a que aumenta el número de flores (Ashikari *et al*., 2005), resultando en la duplicación del número de granos en la panícula. La tecnología es fácilmente transferible a las variedades colombianas de arroz secano o de riego. El sistema para editar genes de arroz se usa en el CIAT y produce líneas mutantes que podrían ser consideradas variedades convencionales para propósitos de regulación, distribución y consumo.

El arroz es el cereal que más se consume en el mundo. La contaminación por cadmio (Cd) en el arroz en China se hizo pública en 2013 (https://rendezvous.blogs.nytimes.com/2013/05/20/cadmium-rice-is-chinas-latest-food-scandal/), especialmente en la provincia de Hunan donde los cultivos de arroz coexisten con operaciones artesanales de minería que contaminan los arrozales con Cd y otros metales pesados. Sin embargo, el principal contribuyente a la contaminación por Cd en suelos agrícolas en todo el mundo son los fertilizantes fosfatados contaminados con Cd (Järup & Akesson, 2009; Polle & Schutzendubel, 2003). En Colombia no existen datos sobre los niveles de contaminación por Cd en los arrozales, pero sí hay evidencia de que este metal pesado, cancerígeno, se puede acumular en niveles indeseables en el arroz, el fríjol y las lentejas (Méndez-Fajardo *et al*., 2005). Por lo tanto, garantizar la seguridad alimentaria en Colombia no sólo implica mantener los rendimientos de cultivos (y otros alimentos) en niveles que satisfagan la demanda de una población creciente, sino que también implica mantener la calidad nutricional de dichos alimentos. Afortunadamente existe evidencia de que la mutación de un solo gen (OsNRAMP5) en el arroz resulta en niveles de Cd indetectables en la planta y en el grano (Ishikawa *et al*., 2012). Aquí, nuevamente, las NBT jugarían un papel decisivo en la producción de variedades colombianas de arroz, editadas genéticamente, con acumulación nula de Cd. Esta tecnología está siendo aplicada para mejorar varios cultivos (Khatodia *et al*., 2016), y evidentemente

podría usarse en fríjol, lenteja y cacao para reducir la acumulación de Cd si se cumplen al menos tres requisitos: el sistema de absorción de Cd es similar al de arroz, el número de genes involucrados es mínimo (1 ó 2) y existe un sistema *in vitro* que permita editar y regenerar células.

Desarrollo de recursos marinos

En sus zonas costeras, marítimas e insulares, Colombia posee ecosistemas estratégicos como las zonas de manglares (378.938 ha) y los arrecifes coralinos (300.000 ha), y cuenta con recursos que proveen bienes y servicios ambientales que pueden ser una base para desarrollar importantes actividades económicas. El territorio marítimo se encuentra subutilizado y no se ha integrado adecuadamente al desarrollo del país. Para atender esta situación, se adelantan actividades como la participación en la Red de información y datos del Pacífico Sur para el apoyo a la Gestión Integrada del Área Costera (SPINCAM), proyecto promovido por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). El objetivo es establecer Indicadores para el Manejo Integrado de Áreas Costeras (MIZC) en cada país de la región del Pacífico Sureste (Chile, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú), enfocado a las condiciones ambientales, socioeconómicas y de gobernabilidad en el contexto de desarrollo sostenible y manejo integrado del área costera (INVEMAR, MADS y DIMAR-CCCP, 2011). Por su parte, el Instituto de Investigaciones Marinas (INVEMAR) implementa un Programa de I&D sobre Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos Vivos (http://www.invemar.org.co/web/guest/descripcion-var), a través del cual genera propuestas de sistemas de uso sostenible de los recursos vivos y de los ecosistemas marinos y costeros, y el desarrollo de tecnologías de producción limpia, buscando contribuir a la toma de decisiones, formulación de políticas y potenciar el desarrollo económico sostenible de la biodiversidad.

Los ecosistemas que dan soporte a los recursos pesqueros en Colombia se encuentran dispersos y poco caracterizados, aunque se han identificado como ecosistemas de importancia para la actividad los manglares, los arrecifes de coral y los humedales. En relación con la pesca, Colombia se ubicó en 2012 en el puesto 81 en capturas y en el 72 en acuicultura, entre los 229 países que informa la FAO. Esto significa una baja producción que representa solo 1% de países como Perú. El aporte de la pesca al PIB presentó una tendencia decreciente para el período 2004-2012. Mientras en 2004 representó 0,22%, para 2012 su contribución había caído a 0,17%. Las exportaciones, que hasta 2011 superaban en valor FOB, fueron alcanzadas por las importaciones en 2012 y ampliamente superadas por las mismas en 2013. El principal producto de exportación es la tilapia. Colombia ocupa un lugar destacado a nivel mundial en la exportación de peces ornamentales (FAO-MADR, 2015).

V. Incremento en la eficiencia de los sistemas alimentarios

Perspectivas para incrementos en producción agrícola basados en tecnología

Global Harvest Initiative calculó en 2010 que la productividad agrícola debería incrementar mínimo 1,75% cada año para cubrir los requerimientos mundiales de alimentación para 2050. El desarrollo e implementación de políticas, de prácticas y de tecnologías adecuadas conducen a mejorar la seguridad alimentaria y nutricional a nivel global, aceleran la productividad, reducen las pérdidas y desechos, facilitan la conservación de recursos naturales y contribuyen a la mitigación del cambio climático. Se enfatiza en mayores rendimientos, acceso a alimentos nutritivos, incremento de ingresos para los productores y el fortalecimiento de la productividad, la competitividad y la resiliencia para los productores (Global Harvest Initiative, 2016). El incremento en el Factor Total de Productividad (TFP, Total Factor Productivity) de cultivos, se logra con la incorporación de conocimiento y prácticas culturales adecuadas, mediante adopción de variedades de semillas con innovaciones tecnológicas como mayor rendimiento, tolerancia/resistencia a factores bióticos como plagas y enfermedades o a factores abióticos como sequía o inundaciones o el uso de bioinsumos. CORPOICA y los CENI vienen incorporando prácticas y tecnologías a diversos cultivos, según se mencionó previamente. El sector creciente de bio-innovación en Colombia incluye agricultura de precisión, el uso dirigido y puntual de microorganismos (hongos y

bacterias) que permiten generar mayores rendimientos ya sea como biofertilizantes, o mediante la protección de las plantas contra enfermedades o condiciones extremas de humedad (Hodson & Díaz, 2013).

En relación con el potencial de las tecnologías de edición de genes para fitomejoramiento, probablemente uno de los de mayor impacto sea en la calidad nutricional de los productos. Ejemplos simples son: la supresión de genes responsables de compuestos antinutricionales o de alergenos, y también el incremento de rendimiento en cereales por desactivación de reguladores negativos del número de granos en las panículas, o la creación de tolerancia o resistencia a patógenos al modificar el sitio objetivo de las proteínas bacterianas infectivas. Para los ejemplos mencionados, ya se han publicado prototipos o pruebas de concepto (p.e. para arroz, Li *et al*., 2012). Investigadores colombianos se encuentran adelantando trabajos en este sentido, aún en fase de desarrollo. Es importante reflexionar sobre la regulación para el uso y liberación de cultivos provenientes de edición génica. En EUA, algunos no son considerados OGM (Organismos Genéticamente Modificados), por ende no regulados, lo cual facilita y reduce el costo de su desarrollo y adopción en países en desarrollo. Esperemos, pues, que este sea el camino a seguir en América Latina y el Caribe (LAC). Son inquietudes serias que deben considerarse porque, en muchos países en desarrollo, la legislación excesiva o la falta de ella han retrasado y obstaculizado el acceso de los pequeños agricultores a los desarrollos tecnológicos que les pueden ser favorables.

Eficiencia y competitividad

El país debe encaminar esfuerzos para lograr ser cada vez más competitivo en los mercados –tanto locales como internacionales–, para generar competencia entre productos de diferentes orígenes y, en el caso colombiano, con los volúmenes altos provenientes de los Estados Unidos de América (MADR, 2016). *"Esta situación solo se puede revertir con una política que aumente la oferta exportable y permita sustituir competitivamente una parte de las cuantiosas importaciones de productos agropecuarios que se han acumulado en el último cuarto de siglo. En ambos casos, los productores deben competir con productores de todo el mundo, lo cual reconoce, por otra parte, que los mercados globalizados son una realidad irreversible".* Hay incrementos en la demanda internacional de productos promisorios en los que el país ha logrado acceso preferencial en el marco de los Acuerdos Comerciales, sin embargo, el tamaño de la oferta exportable agropecuaria se convierte en la debilidad estructural más importante del sector y en el principal obstáculo para que Colombia se posicione como uno de los principales proveedores de alimentos en el mundo.

Durante 2015, el PIB agropecuario creció 3,1%, comparado con el mismo periodo de 2014 (un incremento de 0,3 puntos porcentuales por encima del nivel reportado en 2014 de 2,8%). Esto se atribuye al buen comportamiento de la producción cafetera que de enero a septiembre acumuló un alza de 11,5% y de renglones pecuarios como porcicultura (11,8%) y avicultura de carne (6,0%). Sin embargo, descontando el café, se observa que el sector agrícola tuvo un crecimiento de solo 1,1%. El comportamiento negativo de la producción de algunos cultivos, de ciclo corto en su mayoría, está asociado con la reducción de áreas sembradas por los precios bajos en el momento de las siembras y a condiciones climáticas desfavorables causadas por el intenso fenómeno de El Niño, situación que causó pérdidas en siembras, disminución en rendimientos por hectárea y baja calidad en los productos cosechados (Mejía-López, 2015).

Necesidades de infraestructura

La globalización y la apertura económica le han dado una connotación especial al concepto de la infraestructura y lo han convertido en un eje central de la agenda nacional. La infraestructura para el agro incluye tanto los distritos de riego y drenaje, como las condiciones entre las que se cuentan las carreteras, los centros de acopio para la comercialización y la energía rural. El rendimiento de una tercera parte de los cultivos en Colombia ha sido favorablemente afectado por los distritos de riego y drenaje. Esta infraestructura es fundamental para el bienestar del sector y su productividad, así como lo son el acceso a la tierra, el buen funcionamiento de los mercados, la calidad de las instituciones y el acceso apropiado a la tecnología y al crédito. La infraestructura para el agro se considera parte de

los bienes públicos de uso colectivo por lo que sus deficiencias no sólo menoscaban la productividad y el rendimiento de los cultivos, sino que dificultan el funcionamiento de los mercados y limitan su integración espacial y temporal. El Estado colombiano ha incrementado los recursos para fortalecer y mejorar la provisión de bienes públicos para el campo y ha otorgado fondos para los programas de adjudicación de tierras y baldíos a las comunidades más vulnerables, la construcción de vivienda rural de interés social (con saneamiento básico, especialmente agua potable) y a la provisión de los servicios de salud mediante el régimen subsidiado (Lozano & Restrepo, 2015). Por sus peculiaridades y circunstancias específicas, las actividades de innovación y desarrollo en el mejoramiento y variedad de semillas, manejo de fertilizantes, innovación en equipos y maquinaria, así como el desarrollo de procesos productivos más eficientes y compatibles con el desarrollo sostenible, son consideradas como bien público, puesto que la aplicación exitosa de estos desarrollos se asocia con los bienes de infraestructura del sector. En el país se han realizado esfuerzos para la adquisición y adjudicación de tierras y baldíos, a subsidiar la vivienda rural y a apoyar la asistencia técnica. Sin embargo, deben fortalecerse el mantenimiento y el montaje de distritos de riego y drenaje, la red de carreteras, los centros minoristas y mayoristas de comercialización y la electrificación rural.

Utilización de alimentos y minimización de pérdidas. Política nacional de producción y consumo sostenible de alimentos

Como respuesta a la preocupación de contar con un modelo de crecimiento económico sostenible, en busca de una producción cíclica, con criterios ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto, el Ministerio de Ambiente planteó desde 2010 una Política de Producción y Consumo Sostenible que responde a los compromisos adquiridos por el país en varias instancias internacionales derivadas de la Cumbre de la Tierra (MAVDT, 2010). La política se orienta a cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional, lo que contribuirá a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida.

En ese mismo contexto, en el marco de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), en enero de 2015 se aprobó en Costa Rica el Plan de Acción de la CELAC para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre 2025, cuya elaboración fue solicitada por la Comunidad a la FAO, con la colaboración de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (FAO, 2015c).

Bancos de alimentos

Los bancos de alimentos son una respuesta al problema del desperdicio de alimentos en el mundo, ya que el fenómeno no sólo se centra en el acceso, sino en el aprovechamiento de lo producido y lo comercializado. Las alianzas son fundamentales para ello: las empresas donan aquellos productos que ya no pueden comercializar por su vida útil, problemas en su presentación o alta maduración; los productores agrícolas entregan productos de cosechas con grandes existencias o no comercializables por su forma y tamaño; y los bancos de alimentos recuperan y redistribuyen a poblaciones vulnerables. En Colombia hay diversas actividades orientadas al rescate de alimentos en la industria, el comercio, las centrales de abasto y directamente desde el campo a través del Programa de Recuperación de Excedentes Agropecuarios (REAGRO). A través de la Asociación de Bancos de Alimentos (ABACO) (http://www.abaco.org.co/home), en 2014 se rescataron 18 mil t de alimentos de 703 empresas donantes, lo que permitió atender a más de 400 mil personas. Con REAGRO se recuperaron 2.468 t de frutas y verduras de 409 productores vinculados, atendiendo a 35.764 beneficiarios (FAO, 2015c). Ejemplo puntual de impacto sobre la población infantil, en 2014, a través de la alianza entre Alpina S.A., empresa productora de alimentos y derivados lácteos, y ABACO, se afectó positivamente la nutrición de más de 280 mil niños, madres gestantes y lactantes, y adultos mayores en 11 ciudades del país, por medio de la recuperación y donación de más de 500 t de productos. Trabajar sobre la recuperación de productos para la donación representó para Alpina S.A. la puerta de entrada a un compromiso superior: contribuir a

la disminución de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA). Por ello, en enero de 2015 la compañía lanzó el Programa Buen Provecho, el cual busca contribuir a la lucha contra el hambre por medio de proyectos y alianzas que trabajen por la reducción de PDA. El programa se orienta en tres frentes: i. mejoras internas para disminuir las pérdidas en operación, ii. trabajar con proveedores, distribuidores y otros para disminuir las pérdidas y desperdicios en toda la cadena de valor, y iii. compartir la experiencia con otras industrias, instituciones académicas, de cooperación y el sector público, para lograr generar un mayor impacto en la seguridad alimentaria de Colombia (FAO, 2015c).

VI. Consideraciones en salud

Malnutrición

De acuerdo con el informe FAO 2012, para el periodo 2010-2012, en Colombia 12,5% de la población estaba subalimentada. Según la última Encuesta de la Situación Nutricional de Colombia (ENSIN) en 2010 (ICBF, 2011), el país muestra una transición nutricional de su población, dado que presenta problemas de déficit y exceso de peso a la vez. Los porcentajes de desnutrición se han reducido, aunque se encuentran en poblaciones de bajos ingresos e indígenas. El estudio mostró que 3,4% de los niños menores de 5 años padecía desnutrición global, 13,2% desnutrición crónica y 0,9% desnutrición aguda, situación que los expone a muerte por desnutrición o enfermedades asociadas, principalmente de origen infeccioso como la enfermedad diarreica aguda y las infecciones respiratorias agudas (Mazo-Echeverry, 2014). De acuerdo con el Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS), durante el año 2016, 101 niños menores de cinco años murieron en Colombia por probables casos de desnutrición, 54,5% de los casos en menores de 1 año. La situación más grave se presenta en el departamento de La Guajira, donde son frecuentes estos casos. El 57,5% de los hogares rurales se encuentra en situación de inseguridad alimentaria, frente a 38,4% de los hogares urbanos (MADR, 2016). Es de destacar que se encontró que entre 2005 y 2010, fecha del último estudio ENSIN realizado (ICBF, 2011), la desnutrición crónica en Colombia se redujo 17%, quedando a 5 puntos porcentuales de la meta propuesta para 2015. El porcentaje de retraso en crecimiento infantil fue de 13,2%, considerado como prevalencia baja a nivel internacional. El estudio determinó que si bien los colombianos han mejorado en la lucha contra la desnutrición (anemia y hambre en la población infantil colombiana), hay incrementos en el sobrepeso y la obesidad en todos los grupos de población. Como respuesta e estos desafíos, se encuentran en ejecución diversas actividades en torno al "Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012–2019" y las Guías Alimentarias para la Población Colombiana que buscan orientar a la población sobre el consumo de alimentos, con el fin de promover un completo bienestar nutricional (OSAN, 2016; Gobierno Nacional, 2013).

Obesidad

Colombia presenta un proceso de transición epidemiológica reflejada en la coexistencia de problemas de malnutrición tanto por déficit como por exceso, en el cual es preocupante el panorama de la obesidad y sobrepeso. Según la ENSIN 2010, 51,1% de las personas entre 18 y 64 años tenía sobrepeso u obesidad, prevalencia de cerca de 10% mayor en las mujeres que en los hombres (55,1% mujeres *vs*. 45,6% hombres); la encuesta demostró que la prevalencia de exceso de peso aumenta con la edad, alcanzando 66,3% en el grupo de entre 50 a 64 años (ICBF, 2011). La ENSIN 2005 había encontrado que 48% de la población tenía obesidad; en 2010, el porcentaje se elevó a 52%. Se detectó que 62% de las mujeres y 39,8% de los varones presentan obesidad abdominal, mientras que 24,8% de las embarazadas cuentan con sobrepeso. Lo anterior se atribuye al sedentarismo colombiano que creció de 43% en 2005 a 47% en 2010, a la dieta criolla –que incluye altos consumos de azúcar y grasas–, así como al incremento de alimentos procesados en la dieta (**Tabla 4**). De acuerdo con estudios de MPS-FAO-OSAN (2014), aproximadamente 5% de los hogares tiene al menos un niño menor de 5 años con retraso en el crecimiento y una madre con sobrepeso. Entre los niños de edad escolar, 0,1% es clasificado con retraso en el crecimiento y obeso y 1,4% con anemia y sobrepeso. De las mujeres entre 13 y 49 años de edad, 3,4% tiene anemia y sobrepeso. La obesidad está asociada

Tabla 4. Patrones alimenticios promedio en la población colombiana

Promedios de consumo de algunos alimentos en Colombia	
39%	(entre 5 y 64 años) no consume lácteos diariamente
33%	no consume frutas diariamente
71%	no come verduras diariamente
14%	no consume carne ni huevos cada día
24%	ingiere comidas rápidas (*fast food*) por semana
22%	bebe gaseosas diariamente
33%	ingiere algún dulce (azucarado) al día y 20% dos veces al día
72%	consume productos adquiridos en la calle, diaria o semanalmente
56%	de los niños y jóvenes (entre 9 y 18 años) come embutidos (charcutería) cada día

Fuente: Datos ICBF, 2011

con enfermedades crónicas no transmisibles como enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades respiratorias y diabetes, así por ejemplo, la obesidad causó la muerte de 2.085 hombres y 1.906 mujeres en 2013 (Silva-Sarmiento, 2016; Sarmiento *et al*., 2014, WHO, 2013).

Cambios esperados en patrones de consumo

La Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) es un compromiso de Estado enmarcado en el enfoque de derechos, en el abordaje intersectorial e interdisciplinario y en la gestión del riesgo (Gobierno Nacional, 2013). Desde 2008 se estableció la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN), en donde se plantea como objetivo *"Garantizar que toda la población colombiana disponga, acceda y consuma alimentos de manera permanente y oportuna, en suficiente cantidad, variedad, calidad e inocuidad"* (MPS-FAO-OSAN, 2014). El objetivo general es contribuir al mejoramiento de la SAN de toda la población colombiana, en especial, de la más pobre y vulnerable a través de: i) proteger a la población del hambre y la alimentación inadecuada; ii) asegurar el acceso a los alimentos en forma oportuna, adecuada y de calidad; y iii) integrar y coordinar las intervenciones intersectoriales e interinstitucionales.

Uno de los temas sensibles en la seguridad alimentaria en el país es la insuficiencia de ingresos para la compra de alimentos. El concepto de seguridad alimentaria y nutricional (SAN) en Colombia incluye orgánicamente todos los componentes de la cadena agroalimentaria que tienen que ver con los ejes principales de la disponibilidad, el acceso, el consumo, el aprovechamiento biológico y la calidad e inocuidad de los alimentos requeridos (Silva-Sarmiento, 2016). Una de las actividades que se adelanta para atender la seguridad alimentaria es la Estrategia de Recuperación Nutricional, la cual constituye un conjunto de acciones en salud y nutrición encaminadas a la atención de la población con altas prevalencias de desnutrición, en zonas previamente focalizadas, cuyo objetivo es contribuir a mejorar y/o recuperar el estado nutricional de niños y niñas menores de 5 años de edad, mujeres gestantes y madres en periodo de lactancia, a través de acciones de atención y promoción de las buenas prácticas en salud y nutrición con la corresponsabilidad de la familia y la comunidad, así como de las instituciones del Sistema Nacional de Bienestar Familiar (Gobierno Nacional, 2013).

Entre las medidas más destacadas para mejorar la dieta en los colombianos, se encuentra el esfuerzo por fomentar hábitos saludables como el deporte en los niños, el cambio de los hábitos alimenticios para sistemas más balanceados y promover la concientización de toda la población mediante conferencias, afiches y presencia en los medios masivos. De acuerdo con el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), una de las medidas más importante es la producción de las *"Guías alimentarias para la población colombiana, que busca establecer cuáles son los alimentos indicados para cada edad y las porciones diarias que un colombiano debería consumir"*. En este senti-

do, recientemente (2016), el Ministerio de Salud y Protección Social, emitió la Resolución número 003803, mediante la cual se establecen las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN), para la población colombiana (http://www.leyex.info/leyes/Resolucionmsps3803de2016.pdf). Algunos de los programas regionales en implementación incluyen "Bogotá sin hambre", Antioquia con su programa "Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia (MANA)" y, recientemente en el Cauca, el programa "Cauca sin hambre", los cuales han sido enfocados al análisis del impacto social y económico de la desnutrición en infantes (Ortega-Bonilla & Chito-Trujillo, 2014).

VII. Políticas relacionadas con Seguridad Alimentaria y Nutricional

El clima está cambiando, la agricultura y la alimentación también. Hay la urgente necesidad de adaptar la agricultura al cambio climático para enfrentar los retos y lograr los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). El Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 compromete a la comunidad mundial a *"finalizar el hambre, alcanzar la seguridad alimentaria y nutricional y promover la agricultura sostenible"* (Naciones Unidas, 2015). Colombia ha acogido estos compromisos y los ha incorporado a sus planes de desarrollo. Colombia ocupa el décimo lugar en el Índice de Sostenibilidad Alimentaria y el noveno en agricultura sostenible (2016 Food Sustainability Index), lo que muestra el compromiso y los avances en estos temas en el país, aunque se debe fortalecer el aspecto relacionado con pérdida y desperdicio de alimentos en el cual el país se encuentra en el puesto 16 en el estudio.

Para lograr desarrollo rural sostenible en Colombia, es fundamental impulsar las actividades agropecuarias que fortalezcan la actividad económica en las regiones, generando, así, una mejor oferta de bienes y servicios para la población rural. En las dos décadas pasadas, el sector agropecuario ha perdido participación en el PIB de la economía local pasando de niveles superiores a 7,5%, a participaciones alrededor de 6,1% con un promedio para los últimos 15 años de 7% (DANE, 2015). A pesar de ello, en el contexto regional de América Latina y el Caribe, Colombia es uno de los países en el que el sector agropecuario tiene más peso en el PIB nacional, ubicándose por encima del promedio que es de 5,1% aproximadamente. Con el fin de aumentar la oferta agropecuaria para, por un lado garantizar la seguridad alimentaria en el país y, por otro, promover las exportaciones agropecuarias con valor agregado, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) estableció en 2016 la estrategia "Colombia Siembra" (http://colombiasiembra.minagricultura.gov.co/). Este programa busca aprovechar el gran potencial de desarrollo agropecuario del país y es fruto de un proceso de investigación, planeación y concertación, de la mano de productores, industriales, gremios y entidades públicas del sector, que se ha propuesto ampliar en un millón, las hectáreas sembradas en el país a 2018, así como incrementar la productividad. Colombia Siembra creará un ambiente favorable para impulsar las inversiones que se requieren en las nuevas áreas, paquetes tecnológicos, soluciones de agua, infraestructura, maquinaria, investigación y transferencia tecnológica (MADR, 2016).

En el marco del primer objetivo que se ha encomendado al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), *"Promover el desarrollo rural con enfoque territorial y el fortalecimiento de la productividad y competitividad de los productos agropecuarios, a través de acciones integrales que mejoren las condiciones de vida de los pobladores rurales, permitan el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, generen empleo y logren el crecimiento sostenido y equilibrado de las regiones. Propiciar la articulación de las acciones institucionales en el medio rural de manera focalizada y sistemática, bajo principios de competitividad, equidad, sostenibilidad, multisectorialidad y descentralización, para el desarrollo socioeconómico del País"*, y teniendo en cuenta el potencial del país para robustecer la producción de alimentos, esta entidad, por medio de Colombia Siembra, articulará esfuerzos de los diferentes actores del sector agropecuario para impulsar la siembra de un millón de hectáreas nuevas, es decir, aumentar el total del área sembrada de 7,1 a 8,1 millones de hectáreas (DANE, 2015). La Estrategia Colombia Siembra ha planteado entre sus objetivos establecer las condiciones sociales y económicas para

promover la siembra de un millón de hectáreas nuevas de cultivos que conlleven a un desarrollo incluyente, sostenible y competitivo del campo colombiano. Parte de este emprendimiento implica desarrollar sistemas de incentivos de diferente naturaleza para promover el aumento de la oferta de productos agropecuarios de manera sostenida para el abastecimiento de la demanda interna colombiana, así como fomentar las exportaciones para fortalecer el posicionamiento de los productos agropecuarios colombianos en el mercado internacional (MADR, 2016).

Son diversos los emprendimientos del Gobierno nacional en relación con la transformación del campo colombiano, los cuales de alguna manera se articulan y complementan. En el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país", el planteamiento fundamental es analizar la situación del país desde las particularidades y especificidades de las regiones y territorios para abordar los tres objetivos de desarrollo que conforman la estructura del plan: paz, equidad y educación, para cuya implementación se plantean cinco estrategias transversales y una sexta estrategia envolvente denominada Crecimiento Verde (DNP, 2015a). Los Planes de Desarrollo proveen los lineamientos estratégicos de las políticas públicas formuladas por el Gobierno.

El concepto de Crecimiento Verde significa *"fomentar el crecimiento económico y el desarrollo, garantizando que los ecosistemas continúen proporcionando en el tiempo los servicios de los que el bienestar social depende. Con este foco, se debe catalizar la inversión y la innovación, que será la base de un crecimiento sostenido al generar nuevas oportunidades económicas"* (OCDE, 2015). Esta estrategia se articula con las directrices de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y plantea el uso eficiente del suelo y los recursos naturales. Busca el desarrollo sostenible y bajo carbono; garantizar el uso sostenible del capital natural y mejorar la calidad ambiental; promover la resiliencia y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres y al cambio climático. Entre diversas actividades, propone el diseño e implementación de un Sistema de Alertas Agroclimáticas Tempranas (SAAT) y formular planes de adaptación y mitigación al cambio climático para los sistemas productivos y las zonas priorizadas. Por la situación de retraso tecnológico en que se encuentra, se debe implementar el Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia, con estrategias para mejorar los niveles de productividad y competitividad de la acuicultura nacional de forma que se convierta en un reglón productivo de importancia en el sector agropecuario. Pretende impulsar la competitividad rural mediante la provisión de bienes y servicios sectoriales para hacer de las actividades agropecuarias una fuente de riqueza para los productores del campo (DNP, 2015a). En la implementación de esta estrategia se encuentran involucradas muchas entidades de los Ministerios de Agricultura y de Ambiente con sus institutos adscritos, así como también el sector privado. Es así como la propuesta por parte del Consejo Privado de Competitividad, en relación con la Estrategia de Crecimiento Verde, es ser una economía exportadora de bienes y servicios de alto valor agregado e innovación, lograr un ambiente de negocios que incentive la inversión local y extranjera, elevar la calidad de vida y reducir sustancialmente los niveles de pobreza. La competitividad debe ser una apuesta nacional en la que empresarios, Gobierno, academia y sociedad civil se articulen (CPN, 2016). Como complemento indispensable se encuentra el proyecto de mejoramiento del Sistema Nacional de Control e Inocuidad de Alimentos para el consumo nacional y la exportación bajo un enfoque de riesgo a cargo del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), con el fin de apoyar los procesos de exportación de carne bovina y aviar a países priorizados. Uno de los objetivos es desarrollar las capacidades productivas y comerciales de las comunidades rurales y desarrollar un plan de aprovechamiento comercial para el acceso real de los productos agropecuarios a los mercados. Varios de los productos colombianos cuentan con demanda internacional insatisfecha y/o con proyecciones de crecimiento en el corto, mediano y largo plazos. A partir de ello, este objetivo busca que se aprovechen las oportunidades de mayor acceso a mercados internacionales de productos como el cacao, frutales, carne bovina, truchas y tilapias, entre otros. En ese sentido, es fundamental garantizar oferta constante de producto de las calidades demandadas en el mercado internacional (DNP, 2015a).

Otra de las iniciativas que articula los planteamientos del Gobierno en relación con la innovación requerida en el campo colombiano, a través de la cual se definirán lineamientos de política pública para contar con un portafolio amplio de políticas e instrumentos que permitan la toma de decisiones de inversión pública para el desarrollo rural y agropecuario en los próximos 20 años, es la Misión para la Transformación del Campo Colombiano. Busca garantizar oportunidades económicas y derechos económicos, sociales y culturales a los habitantes rurales para que tengan la opción de vivir la vida digna que quieren y valoran (DNP, 2015b). La Misión, en un trabajo diligente y concienzudo, realizó diagnósticos en los diferentes sectores y situaciones y propone una serie de estrategias, tanto generales como específicas, para implementar esta transformación del campo que requiere el país. En el **Recuadro 2** se resumen las seis estrategias propuestas por la Misión para la Transformación del Campo Colombiano.

VIII. Conclusiones

La agricultura ha sido un componente fundamental en la economía colombiana y continuará siendo prioritaria para el crecimiento económico, fuente de empleo, factor de desarrollo rural para la mitigación de la pobreza, y en las condiciones actuales del país, esencial en los procesos de reinserción para el proceso post-conflicto (Lozano & Restrepo, 2015). Entre los principales objetivos para el desarrollo agropecuario y socioeconómico colombiano, se encuentran la promoción del desarrollo rural sostenible con enfoque territorial, y el fortalecimiento de la productividad y competitividad de los productos agropecuarios. Adicionalmente, se busca promover la articulación de acciones institucionales bajo principios de competitividad, equidad, sostenibilidad, multisectorialidad y descentralización.

Con el fin de promover la seguridad alimentaria y nutricional en áreas rurales, hay que emprender acciones hacia la denominada "producción agrícola inteligente" encaminar los esfuerzos a intensificar la resiliencia de los sistemas productivos, y promover las innovaciones para la adaptación al cambio climático de manera tal que sean realmente accesibles y adecuadas para todos los productores, inclusive los pequeños agricultores. La ciencia y la adición de conocimientos a los sistemas convencionales son la herramienta más valiosa con que cuenta el sector productivo agrícola para enfrentar los retos actuales y alcanzar algunos de los objetivos del milenio. Es necesario utilizar todas las tecnologías disponibles en la actualidad y articularlas en forma armónica con los sistemas convencionales, de acuerdo con las condiciones y particularidades de cada región y de cada cultivo: ningún sistema debe ser excluyente de los otros (agricultura convencional, tecnificada, biotecnológica, orgánica, familiar, otras).

Entre las múltiples aplicaciones de las agrobiotecnologías –las de mayor utilidad para el futuro a fin de desarrollar cultivos con mejor adaptación al cambio climático y sostenibilidad ambiental y social (amigables ecológicamente y con reducción de costos de producción)– se encuentran la obtención de bioinsumos, tanto biofertilizantes (micorrizas y fijadores de nitrógeno), bioplaguicidas para control biológico y también bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB por sus siglas en inglés). En Colombia hay experiencia exitosa en este campo y, de hecho, se están exportando algunos de estos bioinsumos (Hodson & Díaz, 2013). Otras aplicaciones son la detección temprana de enfermedades a través de sistemas de diagnóstico molecular, la adopción de cultivos transgénicos (GM o biotecnológicos) siempre y cuando respondan a las limitantes de producción específicas, o la utilización de tecnologías recientes con aplicación de los avances moleculares. Una de las más promisorias de estas tecnologías es la que permite la obtención de los llamados "Cultivos de Edición de Genomas" (denominados en inglés Genome-Edited Crops, GEP), por sus amplias posibilidades de atender diversas limitantes de producción como es el caso de uso del sistema de edición de genes (tales como la tecnología CRISPR/Cas9) para obtención de resistencias o tolerancias a plagas y enfermedades, para mejorar la calidad nutricional de los productos o buscar mecanismos de tolerancia a factores abióticos (sequías, inundaciones, salinidad) relacionados con el cambio climático. Esta tecnología presenta varias ventajas, comparada con otros sistemas de mejoramiento molecular por su relativa simplicidad, así como por ser

Recuadro 2. La Misión para la Transformación del Campo Colombiano (DNP, 2015b)

El reciente informe de la "Misión para la Transformación del Campo Colombiano" (MTCC) ha planteado un programa para saldar la deuda histórica del país con su ruralidad y aportar a la construcción de la paz (DNP, 2015b). Según la MTCC es indispensable: (i) poner la equidad en el centro de las políticas de desarrollo del campo y reducir las enormes desigualdades entre habitantes rurales y urbanos, entre los propios habitantes rurales, entre hombres y mujeres, entre distintos grupos étnicos y entre las distintas regiones; (ii) adoptar un enfoque territorial participativo, consistente con la heterogeneidad regional del país, y con la necesidad de fomentar la participación social en todas sus formas; (iii) generar un ambiente propicio para establecer pequeñas, medianas y grandes empresas; y (iv) garantizar la protección del ambiente, en particular, agua, suelos y bosques. Las propuestas incluyen: (1) Políticas públicas de Estado y metas explícitas para lo rural todos los Ministerios, con recursos públicos asegurados para invertir en los próximos 15 años. (2) Más y mejor inversión social en el campo para cerrar las brechas de bienestar entre lo rural y lo urbano, (3) Más inversión en bienes públicos para el desarrollo productivo y menos apoyos directos que respondan a situaciones coyunturales. (4) Mayor protagonismo de las regiones y las organizaciones sociales locales en la planeación, priorización de inversiones, ejecución de proyectos y control social. Ello deberá hacerse con base en seis estrategias:

1. Inclusión social en el sector rural con enfoque de derechos, priorizando la eliminación de la desnutrición en el campo y una campaña de Analfabetismo cero. Propone crear direcciones permanentes y especializadas en los Ministerios de Educación y Salud para el diseño de políticas rurales adecuadas a las particularidades del campo. En educación, invertir en modelos flexibles con contenido pertinente y de calidad que faciliten la inclusión productiva e incentiven la creatividad y la innovación. En salud propone migrar hacia modelos con énfasis en promoción y prevención, eliminando barreras de acceso y acercando servicios de salud a las familias, especialmente en los municipios más dispersos.
2. Inclusión productiva y agricultura familiar, en actividades agropecuarias, piscícolas y pesqueras, y en actividades no agropecuarias (nueva ruralidad).
3. Incrementar la competitividad agropecuaria, invirtiendo más en servicios y bienes públicos para el desarrollo productivo y menos en subsidios coyunturales, mejorando en la provisión adecuada de bienes públicos y en el establecimiento de políticas macroeconómicas, de comercio exterior, de servicios financieros y de comercialización interna.
4. Avanzar en la sostenibilidad ambiental, recuperando y protegiendo los servicios ecosistémicos de agua y suelo, enfrentando la variabilidad climática, y aprovechando en forma sostenible el capital natural para la prosperidad rural. Incremento en las tasas por uso de agua que incentive su adecuada utilización y genere recursos suficientes para conservación de las cuencas. Parte de los recursos se utilizarían en un programa de pago por conservar las fuentes de agua y otros pagos por servicios ambientales, especialmente para agricultores familiares establecidos en zonas de protección. Sugiere establecer una meta de cero deforestación para 2030 y cerrar definitivamente la frontera agropecuaria, mediante las Zonas de Reserva Forestal (ZRF). Se propone el montaje de un Sistema de Alertas Agroclimáticas Tempranas y planes de contingencia frente a las amenazas que enfrentan los sistemas agrícolas, pecuarios, pesqueros y forestales.
5. Ordenamiento y desarrollo territorial incluyendo lo ambiental, social y productivo; convergencia regional y cierre de brechas rural-urbanas; desarrollo rural con enfoque territorial; y consolidación de la asociatividad territorial. Creación de un Fondo de Tierras con fines redistributivos como instrumento para reducir la concentración de la propiedad de la tierra rural y destinar tierras adecuadas para familias rurales, asociada a proyectos de generación de ingresos. Se propone la creación de Zonas de Desarrollo Empresarial (ZDE), en donde se utilicen figuras como concesión, arrendamiento o el derecho real de superficie y no la entrega de la propiedad de la tierra. El montaje gradual de Programas de Desarrollo Rural Integral con Enfoque Territorial (PDRIET) en regiones con alta densidad de agricultores familiares, elevados niveles de pobreza y alto potencial productivo. Recomienda mejorar el sistema de planeación y ordenamiento territorial, con énfasis en el fortalecimiento de las capacidades de los departamentos, discriminar los presupuestos de inversión entre cabeceras municipales y áreas rurales, y apoyar la conformación de provincias y regiones de planificación y gestión como figuras de integración territorial.
6. Diversas recomendaciones de ajuste a la institucionalidad y poner en marcha un programa para promover y fortalecer las organizaciones de productores y las organizaciones sociales, así como para ajustar los espacios de participación, empoderarlos y darles instrumentos para que respondan a los principios de transparencia, democracia y planeación participativa.

altamente específica y confiable para la edición de genes en células tanto vegetales, como animales y microbianas (Li *et al*., 2012).

En las cadenas productivas, en las cuales Colombia tiene experiencia en la producción, potencial de mejora de la productividad e incremento de área cultivada, existe la oportunidad para que la producción nacional participe en mayor medida en el mercado nacional e internacional. El trabajo de posicionamiento de productos colombianos en el exterior ha avanzado y se ha logrado la negociación de diferentes medidas sanitarias y fitosanitarias con 80 países para más de 2,500 productos agropecuarios tradicionales y no tradicionales. Ac-

tualmente se encuentran procesos de negociación con 225 productos para incentivar las exportaciones de los productores colombianos. Entre los principales mercados se encuentran los países con mayor población como la región de Hong Kong, Canadá, EUA y el grupo de países de la Unión Europea (MADR, 2016).

Con el fin de lograr un abordaje integral de los desarrollos científicos y tecnológicos disponibles para el fortalecimiento de la productividad agrícola, así como su competitividad con sostenibilidad social, ecológica y económica, conviene considerar el modelo de la Bioeconomía, el cual plantea un sistema menos dependiente de los recursos fósiles, fundamentado en la producción y utilización intensiva del conocimiento de los recursos, procesos y principios biológicos, para la provisión sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía. Es decir, se trata de la adición de conocimiento al aprovechamiento productivo sostenible de los recursos naturales renovables. El enfoque de la bioeconomía de procesos en cascada implica que los procesos son circulares y sostenibles, reduciendo al mínimo la producción de residuos o desechos, más bien generando nuevos productos y servicios en múltiples sectores, puesto que los subproductos de un proceso dado son utilizados como materia prima de otro proceso. Un modelo de desarrollo, Bioeconomía, permite aprovechar la enorme riqueza natural del país y las particularidades de cada territorio, y facilita la inserción en la economía mundial con nuevos productos y servicios sostenibles, basados en la agregación de valor por parte del conocimiento científico y tecnológico.

Bibliografía

Álvarez, O.D., J.I. Vélez, y G. Poveda (2011). Improved long-term mean annual rainfall fields for Colombia, *International Journal of Climatology*, 31, 2194–2212.

Ashikari, M., Sakakibara H., Lin S., Yamamoto, T., Takashi, T. & Nishimura A. (2005). Cytokinin oxidase regulates rice grain production. *Science* 309, 741–745.

ASOBANCARIA (2016). Redacción Asobancaria. 5 retos del sector agropecuario en Colombia para 2016. Marzo 28 de 2016. Disponible en https://goo.gl/NK9Qtt

Burke, M., S. M. Hsiang & M. Edward (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527, 235–239.

Cancillería Colombia. S.f. Datos geográficos sobre la superficie y las regiones. Disponible en: https://goo.gl/ELrQrH Consulta: Diciembre 2016.

Carmona, A.M. & G. Poveda (2014). Detection of long-term trends in monthly hydro-climatic series of Colombia through Empirical Mode Decomposition. *Climatic Change*, 123(2), 301-313.

CPN -Consejo Privado de Competitividad (2016). *Informe Nacional de Competitividad* 2016-2017. Puntoaparte Bookvertising, Bogotá, Colombia. 343 pp.

DANE (2005). *La visibilización estadística de los grupos étnicos colombianos*. 56 pp. Disponible en: https://goo.gl/9mi3qZ Consulta: Noviembre de 2016.

DANE -Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2016). Exportaciones. Noviembre de 2016. Disponible en: https://goo.gl/fHbcCw Consulta: Noviembre de 2016.

DANE -Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2015). *Resultados del 3er Censo Nacional Agropecuario*. Bogotá. En: http://www.dane.gov.co/ Consulta: Diciembre 2016.

DNP - Departamento Nacional de Planeación (Colombia) (2015a). Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Todos por un nuevo país. En: https://goo.gl/YHTg1E Consulta: Enero de 2016

DNP -Departamento Nacional de Planeación (Colombia) (2015b). El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Misión para la transformación del campo. Disponible en: https://goo.gl/TLDnse Consulta: Noviembre de 2016

DNP–BID (2014). *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia* – Síntesis. Bogotá, Colombia.

FAO – MADR. (2015). Colombia Pesca en Cifras/2014. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura FAO-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. 52 pp. Disponible en: https://goo.gl/mPPXCF Consulta: Enero de 2017.

FAO & Earthscan (2011). *The State of The World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing systems at risk*. Roma, Londres.

FAO (2016a). Proceedings of the International Symposium on the Role of Agricultural Biotechnologies in Sustainable Food Systems and Nutrition. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i5922e.pdf Consulta Diciembre de 2016.

FAO (2016b). The state of food and agriculture. Climate change, agriculture and food security. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf Consulta: Diciembre de 2016.

FAO (2015a). *El estado de la inseguridad alimentaria del mundo*. 66 pp. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i4646s.pdf Consulta: Noviembre de 2016.

FAO (2015b). Colombia en una mirada. Disponible en: http://www.fao.org/colombia/fao-en-colombia/colombia-en-una-mirada/es/ Consulta: Noviembre de 2016

FAO (2015c). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe. Boletín 2, Abril de 2015. 31 pp. En: www.fao.org/3/I4655S.pdf Consulta: Noviembre de 2016.

FAO (2012). *The State of Food Insecurity in the World 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition*. Rome, FAO. 65 pp. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e.pdf Consulta: Marzo de 2017.

Global Harvest Initiative (2016). 2016 Global Agricultural Productivity Report. Sustainability in an Uncertain Season Disponible en: http://www.globalharvestinitiative.org/GAP/2016_GAP_Report.pdf Consulta: Enero de 2017.

Gobierno Nacional (Colombia) (2013). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional* (PNSAN) 2012-2019. 66 pp.

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, *Science*, 342 (15 November), 850–53. Disponible en https://goo.gl/fV2MzD

Hodson de Jaramillo E. & Díaz L.A. (2013). Uso de bioinoculantes en la agricultura: alternativa de manejo sostenible. En: *Biotecnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia*. Hodson & Zamudio Eds. Bogotá, Colombia, Editorial Pontificia Universidad Javeriana. ISBN 978-958-716-587-6

ICBF -Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2011). Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia 2010 - ENSIN. 509 pp. Disponible en: https://goo.gl/wWUEdi Consulta: Marzo de 2017.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA (2015a). Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Estudio Técnico Completo: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

IDEAM-MADS, 2014. *Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (GIAS)*. Bogotá, Colombia, IDEAM-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 138 pp.

IGAC (2012). Regiones geográficas de Colombia. Disponible en: https://goo.gl/WJ1GNj Consulta: Diciembre de 2016.

IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2015). *El fenómeno de "El Niño" en la agricultura de las Américas*. San José, Costa Rica. 19 pp.

INVEMAR, MADS y DIMAR-CCCP (2011). *Estrategia para el fortalecimiento del Sistema de Indicadores Ambientales Marinos y Costeros de Colombia*. Proyecto SPINCAM Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. 16 pp. (Serie Documentos Generales No. 48)

Ishikawa S, Y. Ishimaru, M. Igura, M. Kuramata, T. Abe, T. Senoura, Y. Hase, T. Arao, N.K. Nishizawa & H. Nakanishi. (2012) Ion-beam irradiation, gene identification, and marker-assisted

breeding in the development of low-cadmium rice. *PNAS* 109(47): 19166–19171.

James, C. (2015). *20th Anniversary of the Global Commercialization of Biotech Crops (1996 to 2015) and Biotech Crop Highlights in 2015.* ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY.

Järup, L., & Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology,* 201 -208.

Khatodia S., Bhatotia K., Passricha N., Khurana S.M.P. & Tuteja N. (2016). The CRISPR/Cas Genome-Editing Tool: Application in Improvement of Crops. *Front.PlantSci.* 7:506.

Li T., Liu B., Spalding M.H., Weeks D.P. & Yang B. (2012). High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice. *Nature Biotechnology,* 30:390–392

Li M., Li X., Zhou Z., Wu P. *et al*. (2016). Reassessment of the Four Yield-related Genes Gn1a, DEP1, GS3, and IPA1 in Rice Using a CRISPR/Cas9 System. *Front. Plant Sci.* 7:377.

Lozano E, I & J.C. Restrepo S. (2015). *El Papel de la Infraestructura Rural en el Desarrollo Agrícola en Colombia.* Serie Borradores de Economía. Banco de la República de Colombia. N° 904. Disponible en: https://goo.gl/Anzw4s Consulta: Enero de 2017.

MADR -Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). Estrategia Colombia Siembra – Documento Estratégico. Disponible en: https://goo.gl/isXKL2 Consulta: Diciembre de 2016.

MADS (2013a). *Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (GIAS).* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia, Bogotá.

MADS-PNUD (2014). *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Bogotá, D.C., Colombia. 101 pp.

Marczak J. & P. Engelke (2016). *América Latina y el Caribe 2030 – Escenarios futuros.* Banco Interamericano de Desarrollo BID - The Atlantic Council of the United States.

MAVDT -Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible "Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva".* 71 pp. Disponible en: http://produccionmaslimpia.org/documentos/otros/polit_nal_produccion_consumo_sostenible%202010.pdf Consulta: Diciembre de 2016.

Mayorga, R., Benavides H. & Hurtado G. (2011). *Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística.* Bogotá D.C., IDEAM. 34 pp.

Mazo-Echeverry, S. (2014). Panorama de la malnutrición en Colombia y el mundo. FAO. 6 pp. En: https://goo.gl/6HWqJg Consulta: Enero 2017.

Mejía-López, R. (2015). Balance preliminar 2015 y perspectivas de 2016. Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC. Disponible en: https://goo.gl/cD57iK Consulta: Noviembre de 2016

Méndez-Fajardo S., Lara Borrero J.A., Moreno G. & Ayala A. (2007). Estudio preliminar de los niveles de Cadmio en arroz, fríjoles y lentejas distribuidos en supermercados de Bogotá y plazas de Manizales. *Fitotecnia Colombiana* 7(2):40-47.

MPS–FAO–OSAN (2014). *Situación nutricional en Colombia bajo el enfoque de determinantes sociales.* Ministerio de Salud y Protección Social - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. Convenio 507-2013. Observatorio de seguridad alimentaria y nutricional (OSAN). Boletín No. 001/2014. 13 pp.

Naciones Unidas (2015a). Transformar Nuestro Mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://goo.gl/1wYvtv Consulta: Enero de 2017.

Naciones Unidas (2015b). Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Mayo 27 de 2015. En: https://goo.gl/c3DB9u

Narváez, A. (2015). El mercado de la Biotecnología en Colombia. Diciembre 2015. Estudios de Mercado ICEX España Exportación e Inversiones- Disponible en: https://www.camarabilbao.com/ccb/contenidos.downloadatt.action?id=6293943 Consulta: Diciembre de 2016.

OCDE (2015). Revisión de la OCDE de las Políticas Agrícolas: Colombia 2015 Evaluación y Recomendaciones de Política. Disponible en: https://goo.gl/78YrRM Consulta: Noviembre de 2016.

OIRSA -Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, SV (2014). El OIRSA alerta sobre riesgos sanitarios y fitosanitarios ante el posible aparecimiento de El Niño (en línea). San Salvador, SV. Disponible en http://bit.ly/1LtH8k2 Consulta Octubre de 2015.

Ortega-Bonilla, R. A. & D.M. Chito-Trujillo, D. M. (2014). Valoración del estado nutricional de la población escolar del municipio de Argelia, Colombia. *Rev. Salud Pública.* 16 (4): 547-559. Disponible en: https://goo.gl/WxHwcd Consulta: Marzo de 2017

OSAN. Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutrición en Colombia. Disponible en: http://www.osancolombia.gov.co/ Consulta: Diciembre de 2016.

Polle A. & Schützendübel A (2003). Heavy metal signalling in plants: linking cellular and organismic responses. In: Hirt H, Shinozaki K, eds. *Plant Responses to Abiotic Stress.* Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. pp. 187–215.

Poveda, G., D.M. Álvarez & O. A. Rueda (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics,* 36 (11-12), 2233-2249; DOI: 10.1007/s00382-010-0931-y.

Poveda, G., S. López, A. Isaza, & P.R. Waylen (2017), Geographic Delimitation of Regions Exhibiting Bimodal, Transitional and Unimodal Annual Cycles of Rainfall within the Inter-Tropics, *Earth Interactions,* Submitted.

Rabatel, A., *et al.* (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere,* 7, 81-102.

Ramírez-Villegas, J., Salazar, M., Jarvis, A. *et al.* (2012). A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *Climatic Change* 115: 611. doi:10.1007/s10584-012-0500-y

Sarmiento, O. L , Parra, D. C., González, S. A., González-Casanova, I. , Forero, A. Y. & García, J. (2014). The dual burden of malnutrition in Colombia. *Am. J. Clin. Nutr.* 100(6): 1628S-35S. doi: 10.3945/ajcn.114.083816. Epub 2014 Oct 29. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25411305 Consulta: Marzo 2017.

Silva-Sarmiento, G. (2016). *Desnutrición en Colombia-Desde lo social, lo económico y lo político.* 19 pp. Disponible en: https://scp.com.co/wp-content/uploads/2016/06/1.-Desnutricion.pdf Consulta: Diciembre de 2016.

The Economist Intelligence Unit. 2016. Global food sustainability index 2016. The Economist Intelligence Unit Limited, UK. Disponible en: https://goo.gl/WyixEz Consulta: Abril de 2017.

UPME - Unidad de Planeación Minero - Energética (2016), Plan de Expansión de Referencia Generación-Transmisión 2016-2030, Bogotá, 479 pp.

Valencia, A. (2012). Editorial. Federación Nacional de Cafeteros. DETRÁS DEL CAFÉ DE COLOMBIA. Perspectiva desde el origen. Edición No. 5. Junio de 2012. DIsponible en: https://goo.gl/YDuAsQ

Waltz E. (2016). CRISPR-edited crops free to enter market, skip regulation. *Nature Biotechnology* 34, 582.

WHO (2013). Fact Sheet 311. Obesity and overweight Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/ Consulta: Diciembre de 2016.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al doctor **Enrique Forero**, Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por su apoyo para este capítulo, y a **Neil Palmer,** fotógrafo del CIAT, por la fotografía del mercado popular en el Departamento del Huila, Colombia

Box 2

La huella hídrica en el sector agrícola

Carolina María Rodríguez Ortiz. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquía. crodriguez@cta.org.co
Claudia Patricia Campuzano Ochoa. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. ccampuzano@cta.org.co; claudia.campuzano@comayor.edu.co

El concepto de "huella hídrica" fue desarrollado por A. Hoekstra y A. Chapagain en 2003, con base en los primeros conceptos de agua virtual (Allan, 1993) y agua verde (Falkenmark, 1995).

Tony Allan presentó el concepto de 'agua virtual' cuando estudió la posibilidad de importar agua virtual como una solución parcial a los problemas de escasez de agua en el Medio Oriente, y se define como la cantidad de agua que se usa directa e indirectamente para poder obtener un bien, producto o servicio. Todos los objetos que nos rodean necesitan miles de litros de agua para su producción. Llamamos a esta agua 'virtual' porque no la vemos; sin embargo, está presente en los alimentos, los bienes y los servicios que utilizamos a diario. Ello se refiere al agua que contienen los productos y que no vuelve al territorio de donde se extrajo para su producción. En este sentido, cuando importamos o exportamos productos, estamos importando o exportando agua.

El concepto de 'agua verde' originalmente significaba humedad del suelo y el profesor Malin Falkenmark lo mencionó por vez primera con el fin de llamar la atención al agua disponible para el crecimiento de la biomasa y su papel en la evapotranspiración. La FAO actualizó la definición de 'agua verde', en vista de su flujo vertical, es decir, el agua almacenada en el suelo que sustenta a la vegetación de secano y no recarga las fuentes de agua superficiales o subterráneas. De esta forma, se generó implícitamente la definición de 'agua azul', que llegó a entenderse como el flujo horizontal del agua, es decir, las fuentes de agua superficial, los ríos y lagos, las fuentes de agua subterránea y los acuíferos (FAO, 2000).

Este nuevo concepto toma en consideración el uso de agua oculta que se emplea durante el proceso de la cadena de producción de bienes o servicios para consumo. El agua oculta es aquella que se usa de forma indirecta para producir alimentos y productos para consumo. La huella hídrica cuenta con tres componentes:

1. **Huella de agua verde:** Se refiere al consumo de agua almacenada en el suelo a partir de la precipitación, que no se escurre y no amenaza a la vegetación. Satisface una demanda sin necesidad de intervención humana.
2. **Huella de agua azul:** Se refiere al consumo de agua, asociado a una extracción de fuente superficial y/o subterránea para satisfacer la demanda de un proceso. Cuantifica la pérdida de agua disponible (evaporación, cambio de cuenca o incorporación a un producto) debido a un consumo determinado. Requiere de la intervención humana directa.
3. **Huella de agua gris:** Se define como el volumen de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes por parte de un organismo receptor, tomando como referencia los estándares de calidad ambiental y asociando los límites establecidos con buena calidad para el medio ambiente y las personas. Se refiere a una reducción en la disponibilidad de agua debido a problemas de calidad asociados con un proceso antrópico.

Muchos países, sectores económicos y empresas han comenzado a incorporar el concepto como un indicador complementario de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). En 2010, Colombia emprendió una iniciativa para calcular la huella hídrica en el sector agrícola. Los estudios se desarrollaron a escala de cuenca utilizando la metodología de la IWFN con una Evaluación Multisectorial de la Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce. Este estudio fue un primer paso crucial que dio paso a la incorporación

Tabla 1. Nuestra huella hídrica. Cuánta agua se necesita para producir...

1 litro de agua de la llave **> 1 litro**	1 kg de maíz **> 900 litros**	1 naranja entera **> 50 litros**	1 docena de huevos **> 2,400 litros**
1 litro de agua embotellada **> 5 litros**	1 kg de trigo **> 1,300 litros**	1 vaso de jugo de naranja **> 170 litros**	1 kg de carne de pollo **> 3,900 litros**
1 taza de té **> 30 litros**	1 kg de soya **> 1,800 litros**	1 manzana entera **> 70 litros**	1 kg de carne de cerdo **> 4,800 litros**
1 taza de café **> 140 litros**	1 barra de pan **> 960 litros**	1 vaso de jugo de manzana **> 190 litros**	1 kg de carne de vaca **> 15,500 litros**

Source: www.waterfootprint.org

del concepto de huella hídrica en un documento importante y consultas sobre cuestiones hídricas en Colombia, que se utilizaron como base para la toma de decisiones (Estudio Nacional del Agua-ENA 2014).

Concretamente, el sector agrícola es reconocido como uno de los principales consumidores de agua, y reúne 85% del consumo mundial de agua dulce (Mekonnen & Hoekstra, 2011; Zeng et al., 2012). La agricultura de riego representa 19% del área total de cultivo en el mundo (CEPAL y DNP, 2014). A nivel internacional, la organización que ha encabezado la estandarización del concepto es Water Footprint Network (WFN). La WFN ya ha llevado a cabo análisis globales de la huella hídrica de muchos productos. Esta información puede consultarse en el sitio web de la WFN. En la **Tabla 1** se muestran algunos ejemplos.

En Colombia, 70% del agua que se utiliza se atribuye al sector agrícola, que lo utiliza como agua de riego (agua azul). Si bien el uso de agua de riego en Colombia es poco, en comparación con el uso de agua verde (IDEAM, 2015), que corresponde a 89% del uso agrícola, evaluamos el flujo de agua virtual de nuestros productos de exportación en la **Figura 1**.

En Colombia, se necesitan innovaciones basadas en el concepto de la huella hídrica para poder integrar los sectores agrícola y ambiental. Este concepto es de suma importancia para apoyar la toma de decisiones con respecto a la zonificación productiva del país y la identificación de la idoneidad de las tierras para establecer cultivos de agua de riego que requieren grandes cantidades de agua, sin poner en peligro los ecosistemas y los bienes y servicios que estos ofrecen.

La huella hídrica ha demostrado ser una herramienta sólida para comunicar resultados comprensibles a todos los sectores y actores de una cuenca hidrográfica. Los resultados y conclusiones pretenden convertirse en una herramienta que sustente otros indicadores diseñados para la gestión integral de los recursos hídricos, en los contextos locales y nacionales, así como en una herramienta para una mejor gestión de nuestros hábitos de consumo.

Fuente: CTA 2015.

Es importante recordar, al interpretar la huella hídrica, que esta no es una medida de escasez relativa. Existen otros recursos, además del agua –como el trabajo, la energía y los capitales–, que también son escasos y cuyo nivel de uso no se ha representado en el concepto.

Retos para la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas

Costa Rica y su apuesta por la sostenibilidad

Plantación de café en la región de Naranjo, Costa Rica © Shutterstock

Costa Rica

[1] Víctor M. Jiménez, [2] Catalina Acuña-Gutiérrez, [3] Marilín Agüero, [4] Alfredo Alvarado, [5] María L. Ávila-Agüero, [6] Marialis Blanco, [7] Marcela Dumani, [8] Patricia Esquivel, [9] Andrés Gatica-Arias, [10] Eric Guevara, [11] Andrés Hernández-Pridybailo, [12] Raquel Hernández, [13] Andrea Holst, [14] Karol Madriz, [15] Julio F. Mata-Segreda, [16] Olman Quirós-Madrigal, [17] Ricardo Radulovich, [18] Álvaro Salas-Chaves, [19] Paúl Solórzano-Cascante

Costa Rica debe apostar a modelos de desarrollo que consideren la naturaleza; **sus sistemas productivos deben ser más amigables con el ambiente** mediante la reducción del uso de agroquímicos, así como del mayor y mejor uso de prácticas para manejo: de suelos, del recurso hídrico, integrado de plagas, adecuado de desechos y residuos, entre otros

Resumen

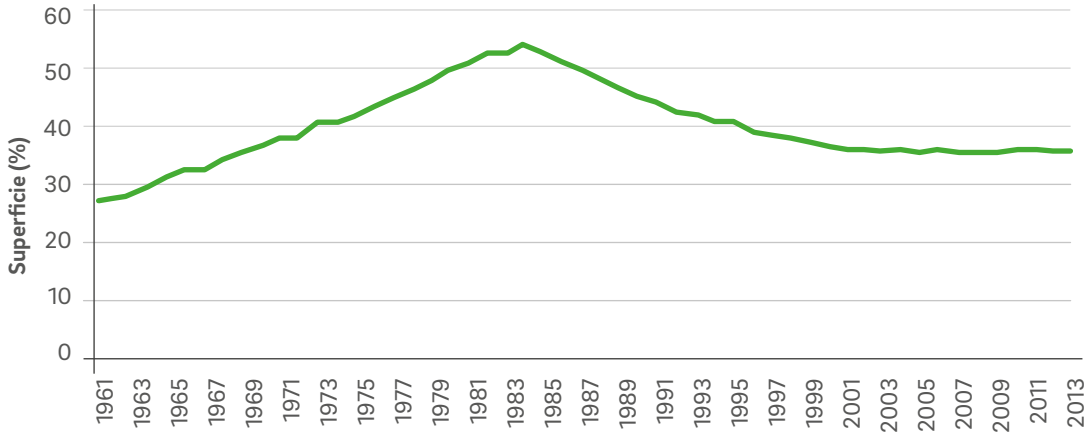
Las características que presenta Costa Rica, como nación pequeña con alta biodiversidad y un sistema extenso de áreas protegidas, hacen que los retos para los próximos años en materia de seguridad alimentaria también sean muy particulares. Es así como en cualquier modelo de desarrollo por el que se incline el país debe prevalecer un compromiso entre la conservación y la producción (agrícola, de energía, etcétera). Si bien los niveles de subalimentación en el país son inferiores a 5%, las asimetrías socioeconómicas –que han venido aumentando en los últimos años– ponen en riesgo a una parte creciente de la población. Además, Costa Rica es una nación con un potencial de riesgo alto (por vulcanismo, sismicidad, eventos climáticos, etcétera), lo cual probablemente se verá incrementado por el cambio climático. De importancia es también el hecho de que la población del país tiene una tendencia hacia el envejecimiento y al poco crecimiento en números absolutos, y que esto se ve igualmente reflejado en la predominancia de agricultores cada vez más viejos. Es relevante mencionar que el país tiene una fuerte dependencia hacia la importación de alimentos, principalmente de granos básicos, para cubrir las necesidades de su población. En la producción de alimentos se utiliza gran cantidad de semilla y material propagativo importados, que muchas veces no son los más adecuados para las condiciones locales, así como se hace un uso muy intensivo de agroquímicos, con las consecuencias negativas que eso tiene para la salud y el ambiente. De gran trascendencia para los próximos años será también el mantener estructuras sólidas de educación superior pública y de investigación en el campo agrícola. Si bien no hay faltante de agua en el país en general, sí hay distribución desbalanceada e inadecuada en los tiempos y entre regiones. Otro reto importante es que el sobrepeso y la obesidad muestran una tendencia creciente y alarmante hacia el incremento.

En aras de asegurar la alimentación y la nutrición en Costa Rica en los próximos 50 años, se recomienda un abordaje integral que considere muchos actores y posiciones. Por ello, y para ser congruentes con una tradición de varios años y que le ha dado cierto reconocimiento al país, se debería continuar con las políticas de conservación de áreas protegidas y de biodiversidad, pero a la vez habría que incrementar la productividad y los rendimientos en aquellas tierras con clara vocación agrícola. Lo anterior es importante con miras a lograr reducir la dependencia de alimentos importados para suplir las necesidades básicas de los habitantes del país. Con la finalidad de lograr el acceso amplio a alimentos nutritivos en cantidad suficiente es imperante disminuir las brechas en las condiciones socioeconómicas de la población. Los sistemas productivos deben ser más amigables con el ambiente mediante la reducción del uso de agroquímicos, así como del mayor y mejor uso

de prácticas para manejo: de suelos, del recurso hídrico, integrado de plagas, adecuado de desechos y residuos, entre otros. En esa misma dirección será importante favorecer, cuando sea posible, la utilización de especies locales o adaptadas a condiciones locales, algunas de ellas poco conocidas y subutilizadas, con importancia para la dieta más allá del aporte calórico (i.e., como fuentes de micronutrientes, vitaminas y compuestos funcionales). Para ello es necesario considerar la gran biodiversidad presente en el país e incentivar el mejoramiento genético con el fin de reducir la dependencia de semilla y materiales de propagación importados, ya que muchas veces fueron desarrollados para otras condiciones climáticas y edáficas, así como para diferentes sistemas productivos. Es fundamental que en los próximos años se logre una mayor diferenciación de productos que sigan determinadas normas de calidad en cuanto a su producción, comercialización y valor nutricional, y que ello represente algún tipo de ventaja competitiva. Hay que tomar medidas de prevención y mitigación ante desastres que puedan ser causados por eventos puntuales (huracanes, volcanes, terremotos, etcétera) o por el cambio climático. Será importante continuar con la construcción y mantenimiento de obras de captación, almacenamiento y conducción de agua para reducir faltantes en zonas y momentos particulares. Hay que volver atractiva la actividad agrícola para que los jóvenes se interesen por continuar en el campo y que no migren a las ciudades. Hay que aumentar el financiamiento estatal para la investigación en temas prioritarios para el país, así como crear estímulos para que el sector privado también se interese en apoyar la investigación. Asimismo hay que seguir estimulando la formación de recurso humano de muy alto nivel, preferiblemente en universidades de reconocida trayectoria, para que lidere la investigación agrícola en el país. De igual forma, hay que fomentar la educación técnica y profesional con la participación de diversas instituciones (Instituto Nacional de Aprendizaje, colegios técnicos y profesionales, educación dual, entre otros). El país debe considerar una amplia gama de opciones para la producción agrícola con miras a asegurar la alimentación y la nutrición de sus habitantes. En ese marco deberían tener cabida todas las opciones (bio)tecnológicas, siempre y cuando no riñan con el ambiente y la salud. También, sería de la mayor trascendencia continuar e intensificar los programas que buscan promover hábitos de alimentación saludables y fomentar la actividad física entre la población.

[1] Víctor M. Jiménez, Coordinador. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) e Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), Universidad de Costa Rica, 2060 San Pedro, Costa Rica; Food Security Center, University of Hohenheim, 70599 Stuttgart, Germany, victor.jimenez@ucr.ac.cr **[2] Catalina Acuña-Gutiérrez,** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica, catalina.acuna@ucr.ac.cr **[3] Marilín Agüero,** Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), Universidad de Costa Rica, marilin.aguero@ucr.ac.cr **[4] Alfredo Alvarado,** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, alfredo.alvarado@ucr.ac.cr **[5] María L. Ávila-Agüero,** Jefa del Servicio de Infectología, Hospital Nacional de Niños, San José, Costa Rica, avilaaguero@gmail.com **[6] Marialis Blanco,** Mayca/Sysco, Alajuela, Costa Rica, marialis55@gmail.com **[7] Marcela Dumani,** Escuela de Nutrición, Universidad de Costa Rica, marcela.dumani@ucr.ac.cr **[8] Patricia Esquivel,** Escuela de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, patricia.esquivel@ucr.ac.cr **[9] Andrés Gatica-Arias,** Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, andres.gatica@ucr.ac.cr **[10] Eric Guevara,** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) y Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, eric.guevara@ucr.ac.cr **[11] Andrés Hernández-Pridybailo,** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) y Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, andres.hernandezpridybailo@ucr.ac.cr **[12] Raquel Hernández,** Escuela de Nutrición, Universidad de Costa Rica, y Municipalidad de Santa Ana, San José, Costa Rica, hernandezcor@hotmail.com **[13] Andrea Holst,** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica, andrea.holst@ucr.ac.cr **[14] Karol Madriz,** Ministerio de Salud, San José, Costa Rica, kmadrizmo@gmail.com **[15] Julio F. Mata-Segreda,** Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, julio.mata@ucr.ac.cr **[16] Olman Quirós-Madrigal,** Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios, Universidad de Costa Rica, olman.quiros@ucr.ac.cr **[17] Ricardo Radulovich** Escuela de Ingeniería Agrícola y Biosistemas, Universidad de Costa Rica, ricardo.radulovich@ucr.ac.cr **[18] Álvaro Salas-Chaves,** Médico especialista en Administración de Servicios de Salud, miembro de la Junta Directiva del Central America Health Care Initiative (CAHI), alvarosalas158@gmail.com **[19] Paúl Solórzano-Cascante,** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) y Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 2060 San Pedro, CR, paul.solorzanocascante@ucr.ac.cr

Figura 1. Superficie del país dedicada a actividades agrícolas (%)



Fuente: The World Bank

I. Características del país

a. Dimensiones físicas, inventario de tierras de cultivo, paisaje y diversidad ambiental

Costa Rica, sin ejército desde 1948, es el tercer país más pequeño de la región centroamericana, con una superficie de 51,100 km². En los últimos 50 años la mayor superficie dedicada a actividades agrícolas se alcanzó en 1984, con 53.8% del territorio nacional. Ese valor fue disminuyendo de manera gradual, año con año, hasta el 2000, y de ahí en adelante se ha mantenido de manera más o menos estable hasta llegar a 35.6% en el año 2013 (**Figura 1**). La cobertura boscosa ha venido aumentando a partir del año 2000 y llegó a 51% en 2010. En ese mismo año, 1.54% de la tierra dedicada a la agricultura contaba con riego.

A pesar de su reducido tamaño, en el país es posible encontrar gran diversidad de paisajes que van desde el nivel del mar, pasando por montañas de mediana altura y el Valle Central (900-1,200 metros sobre el nivel del mar) –donde se encuentra ubicada la mayoría de la población–, hasta las altas montañas –ubicadas principalmente en la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca (donde se encuentra localizado el Cerro Chirripó, con 3,819 metros, el más alto del país). La diversidad de microclimas que se genera de paisajes tan heterogéneos, así como su posición geográfica, hace que, a pesar de su reducida superficie terrestre (0.03% de la mundial), el país tenga cerca de 4% de las especies que se estima existen a nivel del planeta, por lo que está dentro de los 20 países con mayor biodiversidad del mundo. Toda esta se protege con un extenso sistema de áreas de conservación, que garantiza la protección de más de 25% del territorio nacional.

b. Características demográficas y tendencias futuras

La población estimada de Costa Rica para el 30 de junio de 2016 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) era de 4'890,379 habitantes, con 22% de la población menor a 14 años, 17% entre 15 y 24 años, 44% entre 25 y 54 años, 9% entre 55 y 64 años y 8% de 65 y más años. Para el año 2013 la tasa global de fecundidad fue de 1.76 hijos por mujer, lo cual es mucho menor que la del nivel de reemplazo (de 2.1 hijos por mujer) y también 5.3% menor que la de dos años antes, lo que indica que en el país hay una inclinación a tener menos hijos. La baja tasa de natalidad, aunada a la alta esperanza de vida al nacer (de 78.8 años en 2015), hacen que Costa Rica sea un país con tendencia al envejecimiento de su población, donde se estima que, para el año 2025, 11.5% de la población tendrá 65 años o más (600 mil personas).

Al valorar esos números es importante considerar la situación que se presenta con la inmigración en Costa Rica. En el año 2011, 9% de la población del país había nacido en el extranjero. De esos 386 mil habitantes, casi 75% provenía de Nicaragua, 4.3% de Colombia, 4.1% de Estados Unidos de América, 2.9% de Panamá y 2.4% de El Salvador. Aquí es importante tomar en cuenta, por ejemplo, que la tasa general de fecundidad de las mujeres fértiles de algunas otras nacionalidades es mayor que la de las costarricenses.

Es muy probable que para el año 2030 Costa Rica tenga una población de 5.6 millones de habitantes, lo cual representa un incremento de 15% con respecto a 2015, pero a la vez confirma una reducción en la tasa de crecimiento poblacional, debido a una disminución en la tasa de natalidad y probablemente a una reducción en la inmigración.

c. Situación de la Seguridad Alimentaria y Nutricional

Datos de la FAO muestran que los niveles de subalimentación en Costa Rica son inferiores a 5% y que se han mantenido dentro de una tendencia sostenida durante los últimos 25 años (FAO, 2015a). La desnutrición global (proporción de niños menores de 5 años, cuyo peso es bajo relativo a su edad) para el período 2005-2012 en Costa Rica fue de 1.1%, el segundo más bajo en América Latina (después de Chile), y para 2015 la disponibilidad alimentaria era de 2,960 calorías al día por persona, lo que es más que suficiente para satisfacer los requerimientos mínimos de la población.

La mayoría de los indicadores muestra una clara tendencia hacia una disminución en la proporción de la población en riesgo de sufrir inseguridad alimentaria, especialmente desnutrición en niños menores de 5 años y desnutrición crónica (FAO, 2015b). Sin embargo, el más reciente informe del Estado de la Nación, presentado en noviembre de 2015, indica que el país no cuenta con estadísticas que permitan "estimar con precisión su grado de seguridad o inseguridad alimentaria y nutricional", aunado a una situación de dependencia y vulnerabilidad en su disponibilidad de alimentos, así como a las asimetrías socioeconómicas que afectan el acceso a alimentos (Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, 2015). Se considera, entonces, que existe un sector de la población que no tiene garantizado su derecho a la alimentación, ya que enfrenta dificultades con relación al acceso y a la disponibilidad de alimentos.

d. Modalidades agrícolas

Datos del Censo Agropecuario de 2014 muestran que en Costa Rica hay un total de 557,888.6 hectáreas (ha) sembradas con cultivos agrícolas perennes (sin incluir plantaciones forestales) y 133,249.8 ha dedicadas a cultivos anuales (**Cuadro 1**) (INEC, 2015a). Las unidades productivas (fincas) de menor tamaño se dedican principalmente a cultivos como maíz, frijoles, hortalizas, palmito, frutales, café y algo de ganadería (principalmente de doble propósito), mientras que en las más grandes se produce banano, caña de azúcar, arroz, piña, naranja, tilapia, leche, etcétera. Si se compara con la situación en otros países de América Central, la agricultura de subsistencia es muy reducida en Costa Rica (IICA, 2011).

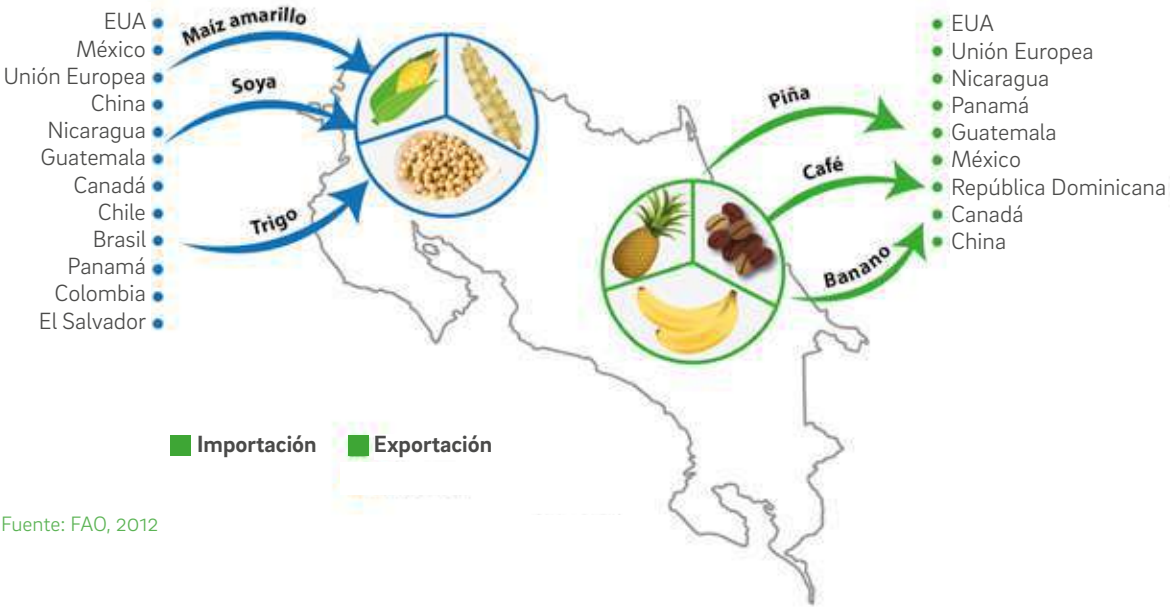
Cuadro 1. Principales cultivos agrícolas en Costa Rica de acuerdo con el área cultivada en el año 2014

	Cultivo	Área (% del área total para ese tipo de cultivo)
Perennes (557 888 ha)	Café	23.8
	Palma aceitera	18.8
	Caña de azúcar	18.4
	Banano	14.6
	Piña	10.6
Anuales (133 249 ha)	Arroz	43.9
	Frijol	14.6
	Maíz	11.8
	Yuca	11.3
	Melón	4.4

e. Autosuficiencia en la producción agrícola

Costa Rica no es autosuficiente en cuanto a la producción de los alimentos que consume su población. En los granos básicos, principalmente arroz, frijoles y maíz, hay una clara tendencia hacia una

Figura 2. Principales productos agrícolas que Costa Rica exportó e importó en 2012



Fuente: FAO, 2012

disminución en la producción local y un aumento en la fracción que se importa. Algo similar está ocurriendo con la producción de hortalizas. Por el contrario, de 2005 a 2011 se dio un incremento de 65% en la producción de frutas frescas, con un aumento de 20% en el área de siembra. También ocurrió un incremento en la producción pecuaria en el período 2003-2007 (Ministerio de Salud, 2011).

f. Cultivos y mercados de exportación/ importación más importantes

En el año 2014 el sector agrícola costarricense contribuyó con 22.8% del valor de las exportaciones del país (US$ 2,574.4 millones), mientras que los sectores pecuario y de pesca con 3.2% (US$ 366.5 millones) (PROCOMER, 2014). Estadísticas del año 2012 indican que los principales productos agrícolas que exporta el país son banano, piña y café, mientras que se importa maíz amarillo, soya y trigo (**Figura 2**), estos últimos esenciales para la seguridad alimentaria en el país.

g. Fuentes potenciales de inestabilidad en la Seguridad Alimentaria y Nutricional

Costa Rica es un país propenso a sufrir el efecto de una serie de eventos naturales, como erupciones volcánicas, sequías, inundaciones, huracanes, terremotos, etcétera, que lo coloca, según el World-RiskReport 2016, como el quinto país más expuesto a desastres naturales en el mundo y el octavo en el índice de riesgo. Aunque se han identificado más de 120 focos volcánicos, la mayoría extintos, hay cinco volcanes activos, tres de ellos muy cercanos a centros de población importantes, cuyas emanaciones no solo pueden tener efecto directo sobre la salud de las personas, sino que también pueden causar afectación sobre los cultivos.

Si bien hasta el reciente ingreso del huracán Otto, a finales de 2016, Costa Rica no había recibido –desde que hay registros históricos– el impacto directo de ningún fenómeno de este tipo, sí ha sufrido sus efectos indirectos, principalmente en forma de fuertes lluvias e inundaciones, así como los efectos de El Niño y La Niña. También, la ubicación del país en una zona de subducción donde interactúan tres grandes placas tectónicas (del Coco, Caribe y Nazca) hace que los sismos sean muy frecuentes, incluso esporádicamente con magnitudes fuertes de entre 7.0 y 7.7. Estos sismos, así como fenómenos meteorológicos de importancia, han causado de manera reiterativa daños serios a la infraestructura vial y las comunicaciones. Por otro lado, se estima que el cambio climático antropogénico causará un aumento creciente en la temperatura en todo el país, con un incremento en las lluvias en las regiones del Caribe y sur de Costa Rica y una disminución en las zonas norte y noreste (CCAFS, 2014).

h. Principales retos agrícolas

Probablemente los mayores retos para la agricultura en Costa Rica, en términos de seguridad alimentaria, tienen que ver con el modelo agroexportador que impera actualmente en el sector, el cual ha llevado a que el país necesite importar un considerable porcentaje de los productos relevantes para la alimentación básica de su población. También es importante lograr una producción más amigable con el ambiente, lo cual incluye una revisión cuidadosa del uso de agroquímicos, manejo de desechos y aprovechamiento de biomasa residual. El uso de tecnologías de punta y de variedades adaptadas a las condiciones locales también es de gran trascendencia para elevar los rendimientos, ya que en algunos cultivos aquellos se encuentran muy por debajo de los estándares mundiales. El manejo del agua, tanto en riego como en drenaje, debe también trabajarse, en especial con miras al cambio climático. Además, deben considerarse aspectos socio-económicos, especialmente el acceso de los productores a los mercados, lo cual es fundamental por el hecho de que los agricultores en Costa Rica son cada vez más viejos, debido a que los jóvenes no quieren permanecer en el campo.

II. Entorno institucional

a. Universidades e institutos de investigación

Datos de 1999 indican que 60% de la investigación agrícola en Centroamérica era realizada en Costa Rica, con un altísimo porcentaje en las cuatro universidades públicas de ese momento –Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Nacional (UNA), Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y Universidad Estatal a Distancia (UNED)– y un importante predominio de la UCR. Fundada en el año 2008, la Universidad Técnica Nacional (UTN) también ha venido incursionando en el campo agrícola. En general, las universidades públicas cuentan con personal académico de muy alto nivel comparativo y una proporción importante del mismo con formación de posgrado en el extranjero. También estas instituciones han venido creciendo en infraestructura y equipamiento, al grado de que algunos centros e institutos cuentan con los últimos avances tecnológicos en sus respectivos campos. Además, el país cuenta con centros de investigación públicos no estatales enfocados en cultivos específicos y financiados por los mismos productores, como son el Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), el Centro de Investigaciones en Café (CICAFE) y la Corporación Bananera Nacional (CORBANA). El Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) es una organización no gubernamental y sin fines de lucro que se enfoca en la investigación y gestión de la biodiversidad del país. De creación más reciente, el Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot) busca vincular los sectores empresarial y académico del país para escalar proyectos de investigación agroindustrial que contribuyan al aumento de la productividad. Adicionalmente, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Universidad EARTH, el Centro Científico Tropical y la Organización para Estudios Tropicales (OET) son organismos de carácter internacional que se encuentran ubicados en Costa Rica y que han sido actores importantes en la investigación agrícola del país.

b. Sistema Nacional de Investigación Agrícola

Si bien hubo programas e iniciativas previas, la estructura actual del Estado en cuanto a investigación agrícola data del año 1996, cuando el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) estableció el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (SNITTA) con el objetivo de impulsar cambios tecnológicos en el sector, así como la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITTACORI), como un ente privado de utilidad pública y sin fines de lucro que busca recursos de organismos nacionales e internacionales para la ejecución de proyectos en el campo agropecuario. En el año 2001 se creó dentro del MAG el Instituto Nacional

de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), que pasó a realizar las funciones que anteriormente ejercía la Dirección de Investigaciones (Chaves-Solera, 2011).

i. **Desarrollo de las capacidades de investigación.** Si bien el país cuenta con personal capacitado, su número es limitado. Además, la baja inversión en investigación agrícola es un impedimento serio para incursionar en nuevas tecnologías. También urge priorizar líneas de trabajo de índole multidisciplinario, particularmente que fomenten la interacción entre los sectores privado y público, en un modelo que incluya a las universidades estatales y otros centros. Es muy importante indicar que la infraestructura existente permite trabajar a una escala limitada, requiriéndose inversión en este rubro para llevar a cabo investigación a mayor escala.

ii. **Áreas de fortaleza local.** Además del papel fundamental que tienen las universidades públicas en la formación de profesionales calificados, así como la investigación que realizan en temas actuales y de gran relevancia para el sector agroalimentario, hay una serie de fortalezas que tiene el país que vale la pena resaltar. Por un lado, la producción de investigación básica como resultado de proyectos propios de las universidades estatales y/o en cooperación con instituciones en el extranjero ha permitido la generación de conocimiento que en muchos casos termina en aplicaciones prácticas que impactan favorablemente al sector. También está el conocimiento adquirido con cultivos perennes a través del tiempo, producto de muchos años de investigación y que llevó al país a ser líder en productividad en café, banano, piña, etcétera.

iii. **Redes de colaboración científica dentro y fuera del país.** La RedCONARE es una red avanzada de investigación y educación del Consejo Nacional de Rectores, en la que participan las universidades públicas del país. Por medio de esta red, el país está enlazado a la RedCLARA, que desarrolla y opera la única red de Internet avanzada de América. Además, el país participa en varias redes internacionales de relevancia en el campo agroalimentario, como son: el Programa Regional Cooperativo de Papa (PRECODEPA), organizado y apoyado por el Centro Internacional de la Papa (CIP), el Programa Regional en Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica (PRESANCA II) y el Programa Regional de Sistemas de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional (PRESISAN), ambas iniciativas financiadas por la Unión Europea (UE) y a cargo de la Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana (SG SICA). Es importante considerar también los esfuerzos adicionales que han permitido que instituciones públicas de educación superior de Costa Rica se involucren en redes internacionales; como ejemplo está el hecho de que la Universidad de Costa Rica actúe como coordinador regional para América Latina por parte del Centro para la Seguridad Alimentaria (Food Security Center) de la Universidad de Hohenheim en Alemania, con la participación de socios en Tailandia, Filipinas, Kenia y Benín.

iv. **Acceso y mantenimiento de bases de datos para el seguimiento de sistemas agrícolas.** Con respecto a la existencia de bases de datos relacionadas con el sector, el MAG hospeda el Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense (InfoAgro) que ofrece estadísticas actualizadas sobre economía, comercio y producción agropecuaria (www.infoagro.go.cr). También, dentro de las herramientas que tiene el INEC con la finalidad de que los usuarios puedan buscar información de utilidad para los sectores agropecuarios, de comercio y salud, es importante mencionar el Sistema Nacional de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional (sistemas.inec.cr/snisan), que provee los indicadores más significativos sobre estado nutricional, antropometría, acceso y disponibilidad de alimentos y servicios básicos. El Sistema de Información de los Recursos Forestales de Costa Rica (SIREFOR) es un programa nacional que recopila, procesa, analiza, sistematiza y publica periódicamente información sobre la situación de las actividades y recursos forestales de Costa Rica.

c. Desarrollo de fuerza de trabajo calificada y situación de los sistemas educativos nacionales

En Costa Rica tanto la educación primaria como la secundaria (para un total de 11-12 años, dependiendo de la modalidad) son obligatorias y gratuitas en el sistema de educación pública. En el año 2012, 91.1% de los estudiantes de primaria y 87.3% de los de secundaria asistían a escuelas y colegios públicos. Para el año 2012 prácticamente 100% de la población con la edad correspondiente había cumplido la educación primaria y 75% lo había hecho con la secundaria (Castro-Valverde 2013). Para la educación diversificada, que incluye los últimos 2-3 años del colegio, hay varias opciones que incluyen los colegios científicos, humanísticos, artísticos, ambientalistas, deportivos, etcétera. También está la educación técnica profesional con las siguientes modalidades: comercial y servicios, industrial y agropecuaria. Además de las cinco universidades estatales mencionadas anteriormente, el país cuenta con más de 50 universidades privadas aprobadas por el Consejo Nacional de Enseñanza Superior Universitaria Privada. Además, hay más de 20 instituciones parauniversitarias, públicas y privadas, aprobadas por el Consejo Superior de Educación. También está el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), una entidad pública, autónoma y gratuita, creada en 1965 para promover y desarrollar la capacitación y formación profesional de personas de entre 15 y 20 años con al menos el sexto grado de escuela aprobado.

d. Contribuciones relativas de los sectores público y privado

En el año 2014, Costa Rica invirtió 0.58% del PIB en Investigación y Desarrollo, un aumento de 0.02% con respecto al año anterior, pero todavía muy por debajo del promedio para América Latina y el Caribe (0.82%). En cuanto al recurso humano, en 2014 el país contaba con 1.1 investigadores (en equivalencia a jornadas completas) por cada mil habitantes de la población económicamente activa, lo cual está por encima de la media de la región que tiene 0.8, y donde el país es superado solo por Argentina y Brasil. El aporte de fondos públicos a investigación y desarrollo, ejecutados principalmente por las universidades estatales y el sector público, fue de 67% en 2013 (US$ 184 millones), lo cual es más del doble de lo aportado por el sector empresarial (32%). El 1% restante fue aportado por organizaciones sin fines de lucro.

e. Perspectivas a futuro

El Gobierno de Costa Rica, por medio del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), espera alcanzar al país líder en la región en cuanto al número de investigadores en equivalencia a jornadas completas por cada mil habitantes de la población económicamente activa, que es Brasil con 1.2. Para la innovación tecnológica sería importante que se fortalezca la investigación con financiamiento estatal y privado; también, que la Banca para el Desarrollo establezca un sistema de crédito para la innovación, así como fomentar el desarrollo de productos que aprovechen la biodiversidad presente en el país, muchas veces subutilizada y poco estudiada. En cuanto a la formación de recurso humano, la educación universitaria debe renovarse con la revisión de los planes de estudio, que en muchos casos tienen años de no cambiar, y con la identificación y establecimiento de nuevas carreras más interdisciplinarias. Además, es importante fortalecer la formación técnica en el país; la propuesta de "Educación Dual" (apoyada en estos momentos por la República Federal Alemana) es una alternativa que vale la pena considerar.

III. Características de los recursos y del ecosistema

a. Recursos hídricos y retos en los próximos 50 años

El país se ha encontrado con graves faltantes de agua, sobre todo para consumo humano, en las regiones Central y Pacífico Central y Norte, con régimen estacional de hasta cinco meses sin lluvia entre noviembre y mayo. Con la cantidad total de precipitación pluvial no debería existir faltante de agua en ninguna región. Hay entonces que mejorar la eficiencia en el manejo de agua y ampliar el área bajo riego con la misma agua disponible.

También, el problema de acuíferos sobreexplotados se ha agravado, no solo por una exacerbada demanda de agua para nuevos desarrollos habitacionales y turísticos y una recarga deficitaria, sino por la intrusión salina en acuíferos costeros del Pacífico. El alto costo de desarrollar nuevas fuentes de agua en las cantidades requeridas –sobre todo en un contexto de agotamiento de las fuentes tradicionales– y el faltante durante la estación seca son todo un reto en el corto plazo, que probablemente requerirá la promulgación de nuevas leyes. Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos planeados y en curso, a futuro podría ser necesario implementar medidas más allá de las convencionales, incluso de geo-ingeniería. Esto implicará, por lo menos, más megaobras de captación de agua en zonas de alta precipitación y caudal pluvial, aunadas probablemente a la generación hidroeléctrica que ya caracteriza al país, pero con el fin último e insoslayable de proveer agua a las ciudades. En la costa del Pacífico, sobre todo Norte y Central, la situación será de la mayor gravedad y podrá llegar a ser necesario implementar plantas desalinizadoras de agua de mar.

b. Recurso suelo y retos en los próximos 50 años

La variabilidad de los suelos de Costa Rica es tan grande como el número de los diferentes agro-ecosistemas desarrollados en los distintos nichos ecológicos por los agricultores e investigadores nacionales e internacionales que han fomentado el uso de prácticas de manejo agrícola cada vez más amigables con el ambiente. Los errores en el manejo de suelos cometidos en el pasado sirven como lecciones para no repetirlos, aunque aún prevalecen en plantaciones industriales de cultivos de exportación de gran escala. De esta manera, nuevas prácticas agrícolas –como la utilización de inoculantes del suelo (*Rhizobium* y micorrizas) y de "compost", el laboreo mínimo, la siembra de cultivos asociados y las operaciones en invernadero– son comunes de observar en el paisaje costarricense. Es de esperar que estos nuevos enfoques permitan conservar mejor el suelo, tanto desde el punto de vista de contaminación química como de erosión física. Por ello, resulta fundamental que en los próximos cincuenta años se continúe realizando estudios en campos como secuestración de carbono, recuperación de tierras degradadas, agricultura orgánica/biológica, uso de inoculantes, utilización de nutrimentos por parte de las plantas y desarrollo de bioindicadores, todo ello con la participación de un mayor número de agricultores en la generación de nuevo conocimiento.

c. Retos energéticos

El mercado de la energía eléctrica en particular es un sistema centralizado en el más grande generador, comprador y distribuidor estatal: el Instituto Costarricense de Electricidad. La disponibilidad de energía en Costa Rica podría estar pronto limitada por el grado de (in)eficiencia que existe en su utilización. Esto es producto de peculiaridades culturales, materiales y políticas que no son exclusivas del país. Las siguientes consideraciones apoyan las aseveraciones anteriores:

i. En relación con energía para transporte, aspectos relacionados con infraestructura vial mal diseñada, así como insuficiente educación y cultura viales relativos al uso de medios de transporte, cobran un alto precio entrópico en el aprovechamiento de la energía termomecánica y obviamente en las finanzas dedicadas a la importación de combustibles fósiles.
ii. En el campo agroindustrial, el aprovechamiento de la generación de calor de proceso y cogeneración eléctrica se ve limitado por significativas ineficiencias termodinámicas. No obstante, actualmente existen esfuerzos en el nexo agua-alimento-energía que hacen pensar que muy pronto se contará con un mejor aprovechamiento de los residuos agroindustriales, así como de otras formas de energía alternativa en el sector rural.
iii. Existen malas prácticas en el uso de energía eléctrica en el hogar y las empresas. Algunas instituciones estatales han desarrollado ciertas iniciativas de comunicación social al respecto, pero estas no son continuas.
iv. Hay aspectos débiles en las políticas públicas e institucionales. El Plan Nacional de Energía 2015–2030 presenta algunas propuestas tí-

midas para "premiar" a empresas que demuestren mejorías en la eficiencia del aprovechamiento energético, sobre todo cuando se trata de fuentes renovables, como la biomasa. Sin embargo, no existen mecanismos legales eficientes para prevenir o sancionar a quienes incumplen.

d. Conflictos y retos en relación con la biodiversidad

En Costa Rica se ha determinado que las principales causas para pérdida y deterioro de la biodiversidad están relacionadas con el crecimiento de centros urbanos, la falta de implementación de buenas prácticas en la actividad agrícola (mayor uso de maquinaria, agroquímicos, pérdida de cercas vivas, etcétera), la tala ilegal y los incendios forestales, y en menor escala, la fragmentación de áreas de cobertura natural, la cacería y la introducción de especies exóticas. El país definió en el año 2015 una Política Nacional de Biodiversidad para los próximos 15 años con cuatro ejes generales. En el segundo de ellos se menciona brevemente el campo agrícola al indicar que se promoverán "políticas y/o medidas que impulsen el acceso a mercados y el encadenamiento de productos o servicios con características ambientales (certificación orgánica, turismo sostenible, café, cacao, pesca, acuicultura y ganado bajo buenas prácticas ambientales y sociales)" (CONAGEBIO/SINAC, 2015).

e. Tendencias del sector forestal

La cobertura forestal del país se duplicó en las últimas tres décadas, ya que se pasó de un porcentaje de cobertura cercano a 25% del territorio en la década de 1980 a un valor de 52.38% en el año 2013. Se estima que esto es consecuencia de la prohibición de cambio de uso de suelo que estableció la Ley Forestal 7575 de 1996, la implementación –desde 1997– del Programa de Pago por Servicios Ambientales (PPSA) y también por un cambio en el sistema productivo nacional con una reducción de la ganadería extensiva, por ejemplo. Sin embargo, todavía hay presión de crecimiento de zonas urbanas en la Gran Área Metropolitana del país. Es importante también considerar la calidad ecológica de la cobertura ya que, fuera de los parques nacionales grandes, está altamente fragmentada y es de naturaleza secundaria.

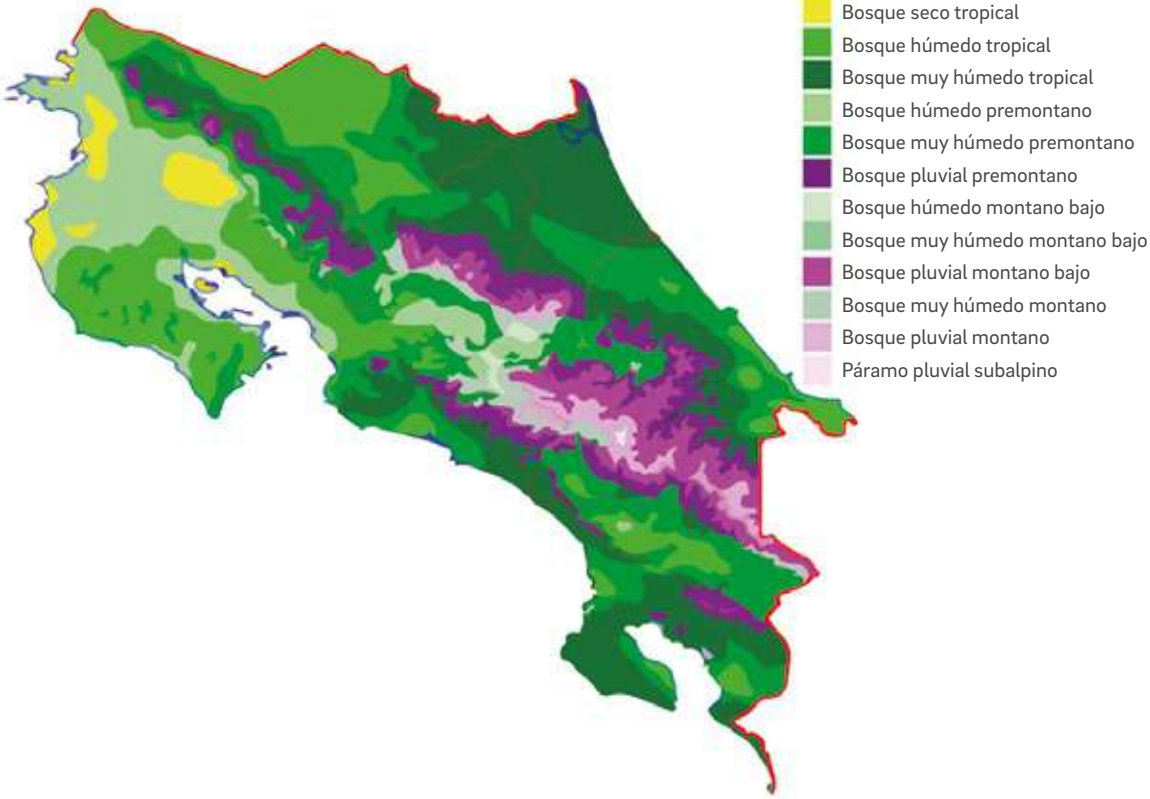
f. Impactos potenciales del cambio climático

Factores como el cambio climático y los eventos meteorológicos extremos plantean desafíos que, de no ser abordados, podrían aumentar las probabilidades de que la ciudadanía sufra inseguridad alimentaria y nutricional. Por lo anterior, es útil conocer la realidad del país en esa materia e identificar algunos desafíos particulares, a fin de contar con insumos para el debate sobre las estrategias necesarias (Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, 2015). El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) ha venido estudiando los posibles impactos del cambio climático sobre la actividad agrícola costarricense, primero en el marco del Programa Centroamericano sobre Cambio Climático (PCCC) y luego con el Programa Holandés de Asistencia para Estudios de Cambio Climático. Como consecuencia de eventos relacionados con el cambio climático, muchos cantones perderán áreas aptas para cultivos que son la base de su economía, mientras que las condiciones socioeconómicas imperantes en otros permitirán que enfrenten la situación de mejor manera. Es importante considerar aquí la sensibilidad de los diferentes cultivos a los cambios en las condiciones climáticas. De los principales cultivos de Costa Rica, probablemente el café y el frijol están entre los más sensibles, mientras que la caña de azúcar, el maíz y la yuca son más tolerantes. Con miras a incentivar ciertas actividades productivas, el país estableció el primer sistema de PPSA en la región y posteriormente aprobó la Ley 8408, en 2004, que reconoce beneficios ambientales en el sector agropecuario (Bouroncle *et al*., 2015).

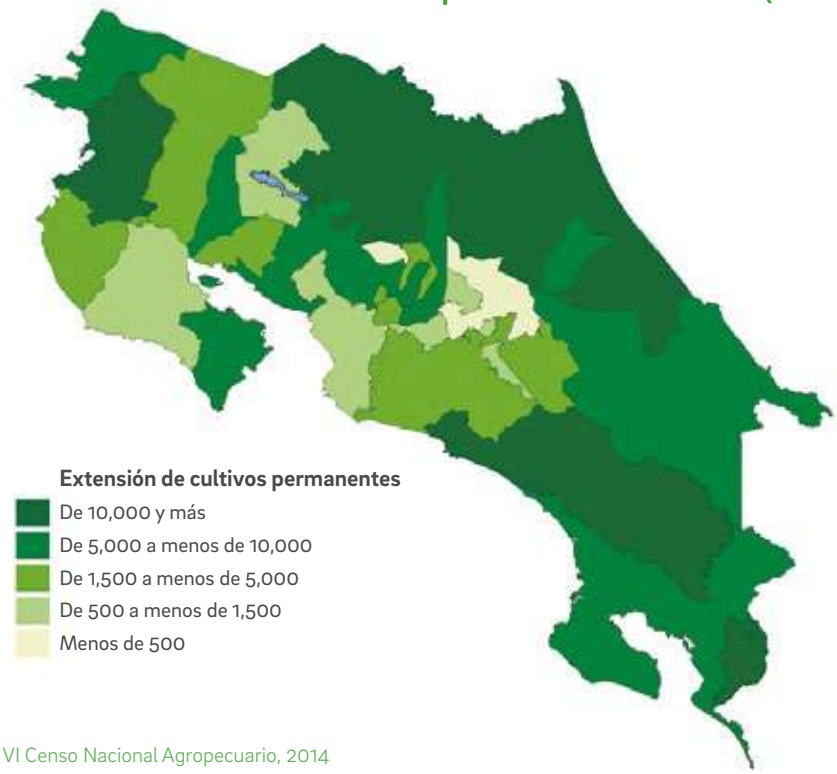
g. Desarrollo de resiliencia a eventos extremos

El sector agrícola costarricense ha venido trabajando por más de dos décadas en la implementación de iniciativas con objetivos de conservación de recursos naturales y de aumento de la producción agropecuaria. Así, al inicio de la década de 1990 se establecieron principios técnicos para incrementar la productividad, aumentar la cobertura vegetal, conservar el suelo y mejorar sus condiciones para los ciclos del agua y el carbono. En la primera década del siglo XXI se dio un impulso a la agricultura climáticamente inteligente por medio del Programa de Fomento de la Producción Agropecuaria

Mapa 1. Regiones ecológicas de Costa Rica



Mapa 2. Distribución de la extensión de cultivos permanentes en Costa Rica (hectáreas)



Fuente: INEC. VI Censo Nacional Agropecuario, 2014

Sostenible (PFPAS), enfocado principalmente a café, caña de azúcar, hortalizas y ganadería de carne y leche. Otros programas orientados a aumentar productividad y competitividad, que consideran aspectos de mitigación, adaptación y resiliencia, son el Programa Nacional de Agricultura Orgánica, el Programa Bandera Azul Ecológica, el Plan Nacional de Gastronomía Sostenible y Saludable, la Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono, el Fondo de Adaptación, Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas (NAMA) en café, ganadería bovina y caña de azúcar, la Agenda del Agua 2013-2030, el Programa BANACLIMA de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA), etcétera.

h. Perspectivas a futuro

En el contexto de crecimiento poblacional y de otros usos para el agua, como riego e industria, y en vista del rango de incertidumbre que proveen los diferentes escenarios de cambio climático, en el transcurso de los siguientes 50 años muy probablemente se llegará también a redibujar la distribución poblacional del país. La región del Caribe, relativamente poco poblada, con bastante mayor precipitación que la del Pacífico, y sin estación seca definida, podría ganar relevancia y muy posiblemente se convertirá en polo de crecimiento urbano y de desarrollo industrial, aunado a una intensificación de la agricultura y la ganadería. En cuanto a la energía, un desafío fundamental para su adecuado aprovechamiento es la consecución de niveles óptimos de eficiencia energética. También, para garantizar niveles altos y eficientes de productividad agropecuaria es muy importante que el país considere el aspecto ambiental; de esa manera, es de esperar que en el corto plazo tengan mayor presencia en el mercado los alimentos producidos bajo programas de buenas prácticas agrícolas y sociales y con certificaciones que los respalden.

IV. Tecnología e innovación

a. Papel de la Biotecnología

En Costa Rica, según un estudio del CENIBiot, la biotecnología agrícola es el campo en el cual se desarrollan más actividades de investigación en centros públicos de I+D (46%) y empresas (64%). Entre las aplicaciones de la biotecnología en el campo agrícola se encuentran el cultivo *in vitro* para propagación masiva y la generación mediante ingeniería genética de plantas con características particulares. En Costa Rica existen varios laboratorios de cultivo *in vitro* de plantas (públicos y privados) que se dedican a la micropropagación –principalmente mediante meristemas o segmentos nodales– de especies como banano, fresa, raíces y tubérculos (papa, ñampí, tiquisque), palma aceitera, bambú y diversas plantas ornamentales (orquídeas, anturios, calas, entre otros). Asimismo, principalmente en los laboratorios de las universidades públicas, se está haciendo investigación con otras técnicas *in vitro*, orientadas principalmente al mejoramiento genético, como son el cultivo y fusión de protoplastos –combinación de genotipos vegetales mediante hibridación de células somáticas–, el cultivo de células haploides –que podría permitir la reducción del tiempo necesario para obtener nuevos genotipos– y de embriones somáticos –que podría derivar en la utilización de semillas sintéticas–. El cultivo de organismos genéticamente modificados en Costa Rica inició hace 22 años, tanto para investigación como para la reproducción de semillas. Desde 1991 hasta 2012 se había autorizado la liberación al medio ambiente, ya sea experimental o para reproducción de semillas, de tiquizque, maíz, soya, algodón, banano, arroz, piña y plátano genéticamente modificados con alguna de las siguientes características: resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas, resistencia a enfermedades causadas por hongos y virus, maduración lenta y mejoramiento de la calidad nutricional de los frutos. Así, en el año 2012 se autorizó la siembra de un total de 283.63 ha de cultivos genéticamente modificados. Cabe mencionar que en Costa Rica no se producen aún organismos genéticamente modificados para consumo humano o animal; únicamente se producen semillas para exportación, que no se comercializan dentro del mercado interno. Para el manejo de plagas y enfermedades por medio de estrategias biotecnológicas, empresas costarricenses han comenzado a producir de manera comercial biofungicidas, a partir de microorganismos con acción antagónica sobre microorganismos que afectan los cultivos.

b. Nuevos productos agrícolas

Dentro de los productos agrícolas novedosos se pueden considerar plantas que en este momento están siendo subutilizadas, o bien, nuevas variedades producto del mejoramiento genético. En las universidades públicas y, en particular en la UCR, hay varios proyectos dirigidos a la identificación, evaluación y conservación de frutos tropicales que pueden realizar aportes importantes a la nutrición humana, como anona, pitahaya, pejibaye, papaya, guayaba, etcétera. Esta institución también registra proyectos de mejoramiento genético en arroz, frijol, guayaba, papaya, tomate y chile dulce. El CATIE y el CICAFE poseen programas de mejoramiento genético en cacao y café, respectivamente. Por último, en el sector privado existen iniciativas de investigación en cultivos de importancia económica y alimentaria como el caso de la palma aceitera (ASD de Costa Rica) y el arroz (Semillas del Nuevo Milenio–FLAR). Muchos de los cultivos mencionados constituyen la base productiva de muchas comunidades en Costa Rica, por lo que la investigación y desarrollo en ellos resulta importante para estabilizar la capacidad adquisitiva de alimentos de las poblaciones relacionadas.

c. Oportunidades y obstáculos para el uso de nuevas tecnologías

Las condiciones particulares que tiene el país ofrecen una serie de oportunidades que, a la vez, se tienen que ver como retos para dar un uso sostenible a recursos como el suelo, el agua, los ecosistemas marinos, los bosques y la biodiversidad en general. Es así como la investigación que se realiza –y la que se realizará en el futuro– deberá también ofrecer opciones a las pequeñas explotaciones agrícolas para reducir pérdidas y lograr un adecuado manejo de los residuos, además de responder a un aumento en la demanda. Tampoco se deben cerrar las puertas a nuevas opciones tecnológicas, principalmente las derivadas de la biotecnología agrícola, siempre y cuando se busque minimizar situaciones de riesgo, principalmente hacia la biodiversidad del país. Aunque en el país el riego agrícola ha avanzado considerablemente –con cerca de 100 mil ha con ese manejo–, el avance de una cultura de riego que aproveche eficientemente el agua ha sido lento. Un aumento en el uso de sistemas más eficientes de riego, como goteo o micro-aspersión, deberá venir acompañado de una intensificación de la producción y diversificación hacia cultivos de alta rentabilidad, así como del uso de técnicas avanzadas como agricultura de precisión y monitoreo satelital. En cuanto a fertilización, se ven como oportunidades el poder generalizar la utilización de tecnologías más amigables con el ambiente (fertirriego y productos foliares con microelementos), el ampliar la utilización de fertilización en el sector forestal, el uso de agricultura de precisión para dosificar mejor las aplicaciones de agroquímicos, actualizar y utilizar los planes de manejo del territorio nacional, y fortalecer los programas de educación rural con programas de estudio que contemplen las nuevas tecnologías.

Hay una serie de obstáculos que pueden causar dificultades para implementar nuevas tecnologías. Algunos tienen que ver con la oposición a variar prácticas agrícolas, incluso por parte de algunas empresas grandes, así como la existencia de ciertos procesos administrativos y regulatorios excesivamente entrabados y lentos. Es importante también resaltar que, a pesar de algunos esfuerzos que se han iniciado en años recientes, hay falta de apoyo económico a la investigación, así como de incentivos para aumentar la cantidad de profesionales en ciencias e ingenierías, especialmente con grados superiores (maestría y doctorado).

d. Desarrollo del recurso marino y acuacultura

Aunque la demanda nacional por pescado y otros productos del mar crece, con un consumo per cápita de pescado de 7.2 kg por año, el producto de la pesca marina nacional para consumo local ha decrecido considerablemente: 46% en poco más de una década. Esto obedece a varias razones, entre ellas, restricciones legales y regulaciones, competencia con productos acuícolas de importación y disminución de las poblaciones de pesquerías. En estos momentos, la acuacultura en estanques –por mucho, la principal actividad acuícola con cerca de 30 mil toneladas al año– se encuentra en un estado de poco crecimiento; ello tanto para agua dulce –con tilapia como principal especie y trucha en lejano segundo lugar– como para agua salobre –con camarón blanco como principal o única especie–. Aunque con un desarrollo lento,

la acuacultura directamente en el mar presenta avances en comparación con la situación en la década anterior. En vista de la creciente necesidad de adaptación al cambio climático, en las décadas venideras la acuacultura marina podrá proveer fuentes alternativas de alimento, particularmente porque no necesita agua dulce. También, el implementar al mismo tiempo técnicas de mejoramiento del recurso pesquero en vez de solamente restringirlo –como repoblación artificial con especies de rápido crecimiento y el uso de dispositivos de agregación de peces–, contribuirá junto con la acuacultura marina a convertir el mar en un recurso mucho más valioso, promoviendo así su conservación y buen manejo (Radulovich, 2008).

V. Eficiencia de los sistemas alimentarios

a. Perspectivas del avance tecnológico en la producción agrícola

Solo mediante el desarrollo de tecnologías apropiadas podrá lograrse en el futuro incrementar la producción agrícola en armonía con la naturaleza. Así, el mejoramiento genético permitirá el desarrollo de variedades más nutritivas, con menores requerimientos de insumos, con mayor resistencia/tolerancia a factores bióticos y abióticos y que se adapten mejor a las condiciones que se esperan, producto del cambio climático. El incremento en el uso de sistemas productivos que todavía no se han masificado en el país también puede ser una alternativa para aumentar la productividad. Para el año 2012, únicamente 5% de las fincas del país contaba con unidades de producción agrícola en ambientes protegidos (INEC, 2015a). El desarrollo de ambientes protegidos tropicalizados y su implementación podría devenir en un aumento en la producción de hortalizas, principalmente. El hecho de que Costa Rica sea uno de los países con mayor consumo de agroquímicos por área de cultivo en el mundo, brinda la oportunidad para modificar los agroecosistemas con el fin de promover mayor diversidad de especies y aumentar las interacciones biológicas que faciliten el control biológico de plagas y enfermedades. Además, es importante el registro de nuevos agroquímicos que sean más efectivos y nobles con el medio ambiente para que el agricultor cuente con nuevas herramientas de producción, así como fortalecer el uso de buenas prácticas agrícolas.

b. Necesidades de infraestructura

El transporte interno de carga en Costa Rica se realiza básicamente por carretera. La infraestructura vial de Costa Rica es una de las más densas de Latinoamérica; sin embargo, en su funcionalidad se encuentra prácticamente colapsada (62% catalogada como deficiente o muy deficiente), muy concentrada en la Gran Área Metropolitana y con poco espacio para expandirse. Como complemento al transporte por carretera, es necesario que el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) reactive el transporte de carga entre San José y los puertos del Pacífico y el Caribe (Puntarenas y Limón, respectivamente), y que expanda la red ferroviaria a otras regiones del país, como Guanacaste. El país ha logrado y está en proceso de lograr más avances importantes en la modernización de sus puertos, tanto en el Caribe como en el Pacífico; sin embargo, todavía hay que trabajar más en infraestructura portuaria y en redes de tránsito terrestre aledañas, ya que Costa Rica se encuentra en los últimos lugares de la región. Además, es necesario reacondicionar la infraestructura de almacenamiento y secado para granos y semillas, principalmente de granos básicos (arroz, frijoles y maíz). También es importante la rehabilitación de áreas de riego, de drenajes, así como trabajar en el control de inundaciones y el trasvase de agua para riego. Se requiere el establecimiento de laboratorios para garantizar que los alimentos que se comercializan, entre ellos los granos básicos, cumplan con estándares de calidad e inocuidad establecidos (SEPSA, 2008).

c. Problemas en utilización de alimentos y minimización de residuos

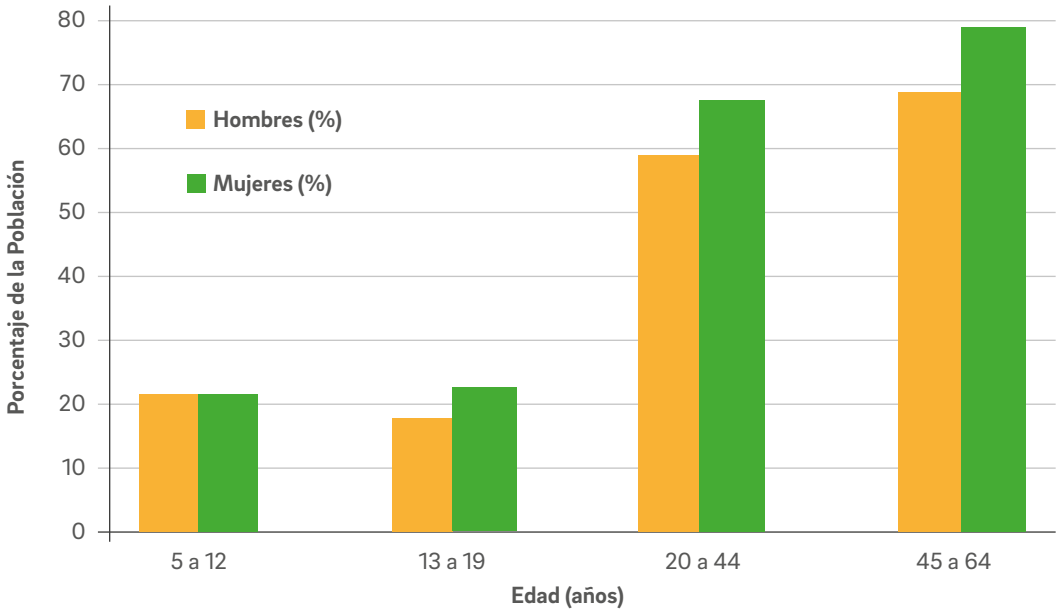
En Costa Rica se pierde o se desperdicia 30% de los alimentos que se producen. El Banco de Alimentos de Costa Rica, creado en el año 2012, es una organización privada sin fines de lucro que busca conseguir donaciones de alimentos para abastecer a poblaciones en riesgo. Las empresas donan alimentos, aportan infraestructura, equipamiento, servicios y capacidades estratégicas

para su funcionamiento. El Banco de Alimentos fue declarado de interés público por el Gobierno de la República. Por otro lado, la Red Costarricense para la Disminución de Pérdidas y Desperdicio de Alimentos (SaveFood Costa Rica) se estableció en 2014 para disminuir las pérdidas y desperdicio de alimentos. A la fecha se han realizado estudios en agrocadenas de lácteos y tomate, y se ha buscado disminuir el desperdicio en comedores empresariales e institucionales.

d. Conflictos entre la producción de alimentos y la producción de energía y fibra

El uso del suelo para el desarrollo de cultivos energéticos en detrimento de su vocación alimentaria ha probado ser un problema de dimensión significativa en algunos países. Afortunadamente, Costa Rica está protegida, en principio, contra esa situación, ya que el Artículo 18 del Decreto 35091 de los biocombustibles líquidos estipula la prioridad de producción de alimentos para consumo humano y animal sobre la producción de biocombustibles. Esta salvaguarda también se establece en el Artículo 23 del borrador de la nueva versión del decreto, que está siendo desarrollada. Costa Rica tiene como meta ser un país "carbono neutral" –es decir, que las emisiones netas de gases efecto invernadero expedidas al ambiente sean equivalentes a cero– para el año 2021. Para ello, existen diversos programas e investigaciones enfocados a producción de energías limpias con el fin de sustituir el uso de combustibles fósiles y reducir sus importaciones. Ejemplo de esto es el Programa para el Desarrollo de Biocombustibles, el cual tiene como fin desarrollar proyectos de investigación en torno a este tema, de manera que se aprovechen los residuos agroindustriales o se utilicen productos o subproductos para la generación de biocombustibles (SEPSA, 2011). Son varios los cultivos con potencial que pueden ser utilizados en el país con ese fin; entre ellos destacan la palma aceitera, la higuerilla, el tempate, la caña de azúcar, la yuca amarga y el sorgo. También se exploran otras alternativas como los combustibles de segunda generación, que no forman parte de la cadena alimenticia (como los desechos de aceite usado, paja y madera), así como el uso de microalgas para la obtención de aceite.

Figura 3. Sobrepeso y obesidad en población mayor de 5 años en Costa Rica, 2008-2009



Fuente: Encuesta Nacional de Nutrición 2008-2009

VI. Consideraciones sanitarias

a. Enfermedades transmitidas por alimentos

Para Costa Rica, la inocuidad de los alimentos es un tema de salud pública. A partir del año 2003, el Decreto Ejecutivo N°30945-S estableció la notificación obligatoria de 45 enfermedades, que incluyen algunas transmitidas por alimentos y agua, y las clasifica en salmonelosis, shigelosis, intoxicaciones alimentarias y productos marinos, además del cólera. En 2015 hubo cerca de 312 mil casos de diarrea atendidos. En promedio mueren al año alrededor de 75 personas por diarrea, principalmente niños menores de 5 años y adultos mayores. Desde el año 2010, el país tiene una Política Nacional de Inocuidad de Alimentos con la que se pretende "definir y establecer los lineamientos generales a seguir en materia de inocuidad de alimentos producidos, elaborados, importados y comercializados a efectos de asegurar la protección de la salud de las personas y de los derechos de los consumidores" (Ministerio de Salud, 2011).

b. Sobreconsumo

Datos de la Encuesta Nacional de Nutrición 2008-2009 indican que un alto porcentaje de la población presenta sobrepeso (**Figura 3**), el cual se incrementa con la edad y, en general, es mayor en mujeres que en hombres. De los niños menores de 5 años, 8.1% (indicador talla/peso) presenta problemas de sobrepeso. Estudios tanto del Ministerio de Salud (MS) como del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA), y de la propia Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), muestran cifras alarmantes de la incidencia y la prevalencia no solo de obesidad sino también de diabetes tipo 2, hipertensión arterial, hipercolesterolemia y trastorno de los triglicéridos y el ácido úrico. Es así como una de las áreas de intervención descritas en la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2011-2021 del MS de Costa Rica es contra el sobrepeso y la obesidad.

c. Cambios esperados en los patrones de consumo

Las estrategias de desarrollo influyen en las variaciones en los patrones de consumo. Para el caso de Costa Rica, en el que el sector de servicios se ha convertido en un pilar significativo en la economía nacional, el turismo propicia un cambio importante en el patrón de consumo motivado precisamente por la necesidad de responder a las necesidades de los visitantes. La existencia de mejores opciones de acceso a la información (Internet, redes sociales, etcétera) también causa cambios claros en los esquemas de consumo de la población en general. Las nuevas tendencias indican que estamos enfrentando consumidores cada vez más preocupados por alimentos más convenientes en cuanto a su conservación y preparación (enlatados, congelados, precocidos, mínimamente procesados, etcétera), así como por alimentos que puedan tener efectos benéficos directos sobre la salud (por sus propiedades nutritivas y funcionales) o bien alimentos diferenciados (orgánicos, étnicos, solidarios, etcétera). Es claro que con estos cambios en los patrones de consumo se afecta directamente a las diferentes cadenas de suministros, llámense mayoristas, supermercados, minoristas y aun cadenas de hoteles. Para satisfacer estas nuevas tendencias, se requiere de un cambio en las estrategias de suministro de alimentos.

d. Hacia un cambio de comportamiento en alimentación y nutrición

Se espera que los esfuerzos que realizan el Ministerio de Educación Pública (MEP) y otras instituciones estatales, así como organizaciones sin fines de lucro, con los cuales se busca inculcar en los escolares la cultura de una alimentación saludable, tengan efecto en el mediano y largo plazos y que lleven a un cambio en los patrones de comportamiento relacionados con la alimentación. Como se menciona más adelante, las Guías Alimentarias –instrumento educativo elaborado en el país por la Comisión Intersectorial de Guías Alimentarias– también pueden contribuir en la adquisición de buenos hábitos de alimentación por parte de la población. Asimismo, el Colegio de Nutricionistas, en colaboración con el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), ha propuesto una iniciativa dirigida hacia un cambio positivo en la alimentación, que le permita a la población costarricense tener una buena salud al alimentarse de acuerdo con las necesidades específicas de cada

persona. Este programa, llamado ProNutri, propone que los nutricionistas deben ser generadores de cambio. La prescripción nutricional personalizada se realiza en los hospitales públicos de la CCSS, en hospitales y clínicas privadas y en universidades públicas y privadas, así como en consultorios particulares. La nutrición ortomolecular (personalizada) no está todavía disponible en el país.

VII. Consideraciones políticas

a. Subsidios y otras políticas agrícolas

En Costa Rica no hay subsidios directos a la producción agrícola. Los insumos y equipo agrícola se importan exonerados de impuestos. Se aplican aranceles a la importación de algunos productos agrícolas, como es el caso del arroz, para defender la producción nacional. En el caso del frijol, las empresas comercializadoras primero deben comprar la cosecha nacional y, una vez que se hace una declaratoria de desabastecimiento, se dan los permisos de importación.

b. Agricultura sensible a la nutrición

En la búsqueda de lograr una agricultura sensible nutricionalmente –que facilite la disponibilidad y el acceso a alimentos saludables y nutritivos–, en Costa Rica hoy día se promueve la inclusión de dietas sostenibles que consideren aspectos con bajo impacto ambiental y contribuyan a la seguridad alimentaria y nutricional, así como a la vida sana. El país se ha sumado a iniciativas de educación alimentaria nutricional por medio de estrategias como las huertas urbanas, espacios públicos donde se cultiva a muy pequeña escala con la finalidad de educar a los consumidores y promover agricultura para autoconsumo libre de agroquímicos y pesticidas. Iniciativas, tanto públicas como privadas, se conjugan en la creación de espacios educativos, equitativos y productivos bajo los principios de comercio justo y producción sostenible, que resultan en productos diferenciados en las ferias del agricultor. El país cuenta también con el Plan Nacional de Gastronomía Sostenible y Saludable, liderado por la Cámara Costarricense de Restaurantes y Afines, con colaboración de instituciones como el MS y el MAG, entre otros.

c. Políticas que fomenten la innovación tecnológica

Para el fomento de la innovación tecnológica en Costa Rica, el MICITT, como entre rector, ha establecido un conjunto de políticas y acciones que buscan fortalecer y diversificar este campo. Así, el Programa Nacional de Ferias de Ciencia y Tecnología (PRONAFRCYT) construye procesos de aprendizaje, en colaboración con el MEP, el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) y las universidades públicas, en los cuales se estimula el interés por la ciencia y la tecnología, y el desarrollo del pensamiento crítico y creativo en los estudiantes. También está el Programa ExpoINGENIERÍA Nacional, con la participación y colaboración del MICITT, el MEP y la Corporación Intel, que busca estimular el interés y la curiosidad por la ingeniería. El Fondo de Incentivos del MICITT apoya el financiamiento de proyectos de innovación y de desarrollo de la ciencia y la tecnología. El MICITT también tiene el Fondo PROPYME para promover y mejorar la capacidad de gestión y competitividad de las pequeñas y medianas empresas.

d. Políticas de generación del recurso humano

En cuanto a la formación de capital humano, la Dirección de Educación Técnica y Capacidades Emprendedoras (DETCE) del MEP busca capacitar continuamente y brindar oportunidades para mejorar habilidades y destrezas a la población estudiantil que cursa los programas de educación técnica profesional en el tercer ciclo y en la educación diversificada. Específicamente, para el sector agroalimentario, se muestra una tendencia hacia el fortalecimiento del recurso humano. La estrategia va orientada a las carreras técnicas y hay una apertura para nuevas carreras y proponer nuevas disciplinas. Algunas de ellas, como biotecnología y desarrollo y uso de equipo para agricultura de precisión, son parte de las nuevas tendencias en ese sentido. En esta formación y capacitación del recurso humano participan las universidades públicas, así como otras instituciones mencionadas anteriormente, con un aporte importante del INA y los colegios técnicos.

e. Políticas que busquen rediseñar la ecología agrícola

Las Políticas para el Sector Agropecuario y el Desarrollo de los Territorios Rurales 2015-2018 incluyen, dentro de sus objetivos, el rediseño de la ecología agrícola. Se busca definir estrategias conjuntas entre los sectores público, privado y financiero, con el fin de incorporar los recursos financieros necesarios para la promoción de negocios verdes y el pago de servicios ambientales para productos amigables con el ambiente. El reconocimiento de incentivos fiscales, la aplicación responsable de sellos verdes y el fomento del uso de fuentes de biomasa para generar energía limpia, así como promover investigación sobre sistemas de producción que ayuden a la reducción de la huella de carbono, también forman parte de esta política. Por último, está el desarrollo de una estrategia para que los productores incrementen el uso de la norma C-neutral y se fomente entre los consumidores la adquisición de productos etiquetados bajo esa norma (SEPSA, 2015).

f. Políticas que promuevan el consumo de alimentos saludables

Para la promoción de una alimentación saludable existen diferentes instancias establecidas en Costa Rica. Por un lado, están las comisiones intersectoriales que promocionan la alimentación saludable, como la Comisión Intersectorial de Guías Alimentarias (CIGA), que elabora guías específicas para los diferentes grupos etarios de la población, y la "Red 5 al Día", que desarrolla estrategias para promover el consumo de frutas y vegetales. La Comisión de Salud y Nutrición Escolar es responsable de coordinar el Programa de Salud y Nutrición Escolar. Como instituciones que ofrecen el servicio de alimentación se pueden listar los Centros de Educación y Nutrición y Centros Infantiles de Nutrición y Atención Integral (CEN-CINAI), la Red Nacional de Cuido y Desarrollo Infantil (REDCUDI) y los comedores escolares. Una de las áreas de intervención de la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2011-2021 del MS es la de hábitos alimentarios y estilos de vida saludables. También, el mismo MS, en coordinación con la Comisión Nacional de Lactancia Materna, y en concordancia con las directrices y las políticas de salud, nacionales e internacionales, promulgó la Política Pública de Lactancia Materna para Costa Rica (Ministerio de Salud, 2011). El Programa de Alimentación y Nutrición del Escolar y del Adolescente (PANEA) del MEP ofrece alimentación complementaria a la población estudiantil. En él se promueven hábitos alimentarios saludables, hábitos de higiene y comportamientos adecuados en torno a la alimentación diaria. Además, existe el Programa Nacional de Huertas que funciona bajo la Dirección de los programas de Equidad dentro del Departamento de Alimentación y Salud del MEP, con el principio de ofrecer a los centros educativos del país los recursos necesarios para iniciar proyectos agrícolas, que suplan a los comedores escolares de alimentos frescos y sanos, y desarrollar en los estudiantes hábitos alimentarios adecuados y dietas balanceadas. Con el fin de promover la salud de la comunidad educativa mediante el mantenimiento de hábitos alimentarios saludables, el MEP definió el tipo de alimentos comercializables en las cafeterías escolares (Decreto Ejecutivo 36910 del 22/11/2011). Ahí se estipula que debe brindarse una oferta diaria de frutas y vegetales frescos, se definen límites máximos de azúcar en la preparación de bebidas y se prohíbe la venta de ciertos productos pre-envasados no acordes con una alimentación saludable. Costa Rica se unió al esfuerzo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) al formular el Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021.

g. Ventajas comparativas de Costa Rica en agricultura

Costa Rica cuenta con alta cobertura de tecnologías de la información (TIC) a nivel nacional, en donde 94% de los hogares rurales cuenta con acceso a un teléfono celular y 46% a Internet (INEC, 2015b). Esto permite desarrollar herramientas de utilidad para los agricultores mediante el uso de TIC. Por otro lado, en las zonas agrícolas de Costa Rica se cuenta con colegios técnicos, sedes universitarias, centros dedicados a la investigación agrícola y presencia de agencias de extensión agrícola con profesionales capacitados, lo cual le confiere una ventaja para poder asimilar e implementar

nuevas tecnologías con miras al mejoramiento de los procesos productivos (Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, 2014). Además, la existencia de una amplia red de parques nacionales contribuye a la protección de las cuencas hidrográficas y a la conservación de la biodiversidad y el recurso hídrico (Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, 2015).

h. Comercio internacional

El sector agroalimentario continúa siendo un sector muy dinámico con un gran aporte a la economía nacional. Del total de las exportaciones, que para 2015 fue de US$ 9,650 millones, US$ 2,453 millones fueron del sector agrícola y US$ 335 millones del sector pecuario/pesca. En la composición de los bienes exportados en 2015, 22% correspondió a "dispositivos médicos", en tanto 9% fue de banano, 8% de piña, 3% de café oro, 3% de jarabes y concentrados para preparación de bebidas gaseosas y 2% de jugos y concentrados de frutas. Esto representa un total de 25% del total de bienes exportados.

i. Retos del mercado

Al referirse a los desafíos de mercado se debe distinguir entre los del mercado nacional o doméstico y los del de exportación. Acceder a los mercados nacionales no resulta tan complejo. Por otro lado, en el mercado internacional hay costos más altos por transporte y empaque, así como por certificaciones obligatorias y voluntarias que hoy requieren algunos destinos. Las certificaciones voluntarias son variadas y pueden incluir las familias de ISO, producción orgánica, buenas prácticas agrícolas y otras. Los factores de calidad representan otro de los grandes retos que se deben cumplir para acceder a mercados y asegurar el suministro de alimentos. Los mercados, tanto nacionales como internacionales, vienen desarrollando normas cada más estrictas que deben ser cumplidas en forma obligatoria. Esto es de especial importancia en aspectos nutricionales, de inocuidad, y aun en aspectos más tangibles como empaque y conservación, sin olvidar las preocupaciones cada vez más claras de protección al ambiente.

VIII. Conclusiones

a. Algunos posibles escenarios nacionales para la producción agrícola en los próximos 50 años

Si para 2030 ocurre un aumento en 1.3°C del promedio anual de la temperatura y hay cambios en los patrones de distribución de lluvias, tal y como lo indican algunos modelos, ocurrirá una redistribución en las áreas aptas para los cultivos. Como se mencionó antes, se reduciría entonces el área de los cultivos más sensibles, mientras que otros se podrían ver beneficiados (Bouroncle *et al.*, 2015). Un escenario potencial en los próximos 50 años sería aquel en el que las innovaciones tecnológicas y en la cadena de valor, así como el uso de TIC, marcarán el camino de la producción agrícola. La apertura de mercados (tratados de libre comercio) probablemente seguirá siendo una política determinante, así que debe existir una orientación clara de los esquemas de producción. La seguridad alimentaria seguirá siendo una preocupación, por lo que se deberá dar respuesta a las necesidades de alimentación a una población cada vez más numerosa. Por otro lado, la agrobiodiversidad requiere de un nuevo paradigma para ser aprovechada. El cambio climático está impactando en todos los sectores productivos y es una situación que seguirá siendo fundamental.

b. Acciones de máxima prioridad para lograr sostenibilidad agrícola

Las acciones prioritarias que será necesario considerar para lograr sostenibilidad agrícola probablemente estarán relacionadas con el cambio climático. Se debe monitorear de manera eficiente el impacto del cambio climático a nivel nacional, con el fin de lograr alimentar modelos matemáticos que permitan realizar pronósticos más certeros y poder, entonces, diseñar estrategias de mitigación a largo plazo para cada región agrícola del país (Bouroncle *et al.*, 2015). Las estrategias de mitigación y adaptación que se implementen incidirán directamente en la sostenibilidad agrícola no solo de nuestro país, sino a nivel global. Además, se deben fortalecer y ampliar los programas de mejoramiento genético local, ya sea convencionalmente o mediante ingeniería genética, y la im-

plementación de nuevas tecnologías de riego en cultivos tradicionales y novedosos. Lo anterior con el fin de contar con diversidad de plantas adaptadas a las nuevas condiciones agrícolas y productos con mayor calidad nutricional, que fortalezcan así la seguridad alimentaria del país e incrementen la producción sin ampliar la frontera agrícola. De mantenerse el sistema de producción actual (modelo agroexportador) deberán firmarse acuerdos con países interesados en suplir de manera permanente la demanda de productos básicos, mejorar sustancialmente los proyectos de captación y distribución de agua, diversificar los sistemas de producción agrícola para incluir otros componentes que les permitan a los productores mejorar sus ingresos y permanecer en el campo, mejorar sustancialmente las vías de transporte interno (carreteras y ferrocarril) y de y hacia mercados externos (muelles y aeropuertos) para mejorar la economía de escala, así como promover alianzas estratégicas. También es importante promover nuevas oportunidades productivas en las zonas rurales para, de esa manera, reducir la migración hacia las ciudades y, en ese sentido, el ecoturismo y el agroecoturismo a futuro podrían tener un impacto más relevante en la economía de las familias rurales.

Bibliografía principal

CCAFS (2014). Estado del arte en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria en Costa Rica. CGIAR, MAG, CAC, CIAT. En: https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/34613/retrieve Consultado el 15/01/17.

FAO (2015a). Perfil Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional – Costa Rica. Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutricional. En: http://plataformacelac.org/storage/app/uploads/public/58c/f3b/ed7/58cf3bed711c6338594028.pdf Consultado el 27/07/17.

INEC (2015a). *VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados Generales*. San José, Costa Rica, INEC. 146 pp. En: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00338.pdf Consultado el 20/12/16.

Ministerio de Salud (2011). *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2011-2021*. 1ª ed. San José, Costa Rica. 54 pp. https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politcas-y-planes-en-salud/politicas-en-salud/1106-politica-nacional-de-seguridad-alimentaria-y-nutricional-2011-2021/file Consultado el 31/01/17.

Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica) (2015). *Vigésimo primer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, Costa Rica. 431 pp. En: http://www.estadonacion.or.cr/21/assets/pen-21-2015-baja.pdf Consultado el 31/01/17.

SEPSA (2008). Plan Nacional de Alimentos. En: http://www.infoagro.go.cr/MarcoInstitucional/Documents/PNA.pdf Consultado el 21/01/17.

SEPSA (2011). *Política de estado para el sector agroalimentario y el desarrollo rural costarricense 2010-2021*. San José, Costa Rica, SEPSA/MAG. 84 pp. En: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00289.pdf Consultado el 31/01/17.

SEPSA (2015). *Políticas para el Sector Agropecuario y el Desarrollo de los Territorios Rurales 2015-2018*. San José, Costa Rica, SEPSA/MAG. 64 pp. En: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00333.pdf Consultado el 31/01/17.

Bibliografía adicional

Bouroncle C, Imbach P, Läderach P, Rodríguez B, Medellín C, Fung E, Martínez-Rodríguez MR, Donatti CI. (2015). La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? En: Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. En: http://www.conservation.org/publications/Documents/La-Agriculture-de-Costa-Rica-y-el-Cambio-Climatico.pdf Consultado el 20/01/17.

Castro-Valverde, C. (2013). Cuarto informe del estado de la educación. Desempeño de la educación general básica y el ciclo diversificado en Costa Rica. Estado de la Nación. 162 pp. En: http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/educacion/004/castro_desempeno-ed-basica-y-diversificado.pdf Consultado el 31/01/17.

Chaves-Solera, M. (2011). Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (SNITTA): Importante y necesario instrumento institucional para mejorar la competitividad costarricense. En: https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2521&d=3348 Consultado el 16/01/17.

CONAGEBIO/SINAC (2015). Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030. San José, Costa Rica, GEF-PNUD. 72 pp. En: http://www.conagebio.go.cr/Conagebio/public/documentos/POLITICA-NACIONAL-DE-BIODIVERSIDAD-2015.pdf Consultado el 31/01/17.

FAO (2015b). Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe. En: www.fao.org/3/a-i4636s.pdf Consultado el 13/01/17.

IICA (2011). La Agricultura de Costa Rica: Situación al 2010, su Evolución y Prospectiva. En: http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A7612E/A7612E.PDF Consultado el 20/12/16.

INEC (2015b). *Encuesta Nacional de Hogares julio 2015. Resultados generales.* San José, Costa Rica, INEC. 137 pp. En: http://www.inec.go.cr/wwwisis/documentos/INEC/ENAHO/ENAHO_2015/ENAHO_2015.pdf Consultado el 31/01/17.

PROCOMER (2014). Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica. En: http://www.procomer.com/uploads/downloads/anuario-estadistico-2014.pdf Consultado el 14/01/17.

Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica) (2014). *Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.* San José, Costa Rica, EDISA. 396 pp. En: http://www.estrategia.cr/content/images/pdfs/ecti2014.pdf Consultado el 31/01/17.

Radulovich, R. (2008). Maricultura en Costa Rica. *Ambientico*, 179:7-14.

La seguridad alimentaria y nutricional

Una visión cubana

Vista panorámica de "La Melba", área que conjuga la actividad agrícola y la conservación de la naturaleza. Forma parte del Parque Nacional "Alejandro de Humboldt". Está situada en el Grupo Orográfico Nipe-Sagua-Baracoa, en la región nororiental de Cuba, de complejo relieve y alta variabilidad ecológica que se refleja en su biodiversidad. Foto: Cortesía del Dr. Julio Larramendi.

Cuba

[1] María Teresa Cornide Hernández
[2] Walfredo Torres de la Noval
[3] Ramón Pichs Madruga
[4] René Pablo Capote López
[5] Amelia Capote Rodríguez

La producción agrícola y pecuaria en **Cuba** se sostiene desde hace 20 años con la aplicación de los resultados de la CTI para lograr la sostenibilidad; sin embargo, **persiste la dependencia de la importación de alimentos con consecuencias negativas para la seguridad alimentaria y nutricional,** lo que pudiera verse agravado en el futuro dada la esperada competencia por el uso del agua y la tierra, y el pronóstico de las afectaciones asociadas del cambio climático

Resumen

Este informe expone la visión integrada de un grupo de especialistas de los sectores agroalimentario, medio ambiental, económico y de la gestión científica, convocados por la Academia de Ciencias de Cuba, dada la importancia de su participación para responder a la presente consulta sobre la seguridad alimentaria y nutricional del país a mediados del presente siglo, tomando en cuenta los retos, fortalezas y las experiencias adquiridas en el país.

La ciencia, la técnica y la innovación (CTI) son indispensables para desarrollar en Cuba una agricultura sostenible, eficiente y basada en los recursos de que dispone el país para sostener y elevar la producción de alimentos para todos. Al efecto, se cuenta con una política estatal comprendida en el *Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030* que precisa los objetivos priorizados, respaldados por un sistema de Ciencia y Técnica compuesto por más de 200 entidades de diferentes ministerios. Se aborda la situación de los recursos naturales, los retos y proyecciones para su conservación, así como los impactos potenciales del cambio climático y las acciones para la resiliencia ante estos.

Se destaca la necesidad de optimizar las cadenas de valor de la producción de alimentos para que los rendimientos potenciales se logren en la producción; la importancia de diseñar las investigaciones con un "enfoque multidisciplinario y sistémico" para cerrar el ciclo "desde el laboratorio hasta el campo" y desarrollar modelos que integren los indicadores de riesgos climáticos a las variables agronómicas tradicionales empleadas para estos fines.

Se mencionan, a modo de ejemplos, los programas exitosos en ejecución, bajo el principio del Desarrollo Local, para que la CTI contribuya a lograr un alto nivel de autosuficiencia alimentaria ante las condiciones climáticas cambiantes y la alta proporción de nuevos agricultores. El Gobierno municipal convoca a todos los factores que implementan, mediante participación directa, las acciones en beneficio de su población con la finalidad de alcanzar un mercado seguro y estable para los productores, una oferta más amplia de productos a precios accesibles para la población y la creación de puestos de trabajo; ello conlleva un mayor aprovechamiento de la tierra al incentivar el desarrollo de las formas no estatales de agricultura familiar o cooperadas, las cuales representan 69.7% de la superficie agrícola total.

Además, se presentan las consideraciones sobre salud y las proyecciones de las políticas para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional desde el punto de vista de la innovación tecnológica, la formación de recursos humanos y diferentes aspectos económicos, comerciales y sociales del país.

I. Características nacionales

Características geográficas, población y sociedad

La República de Cuba es un archipiélago con una extensión superficial de 109 884.01 km², de la cual 106 757.60 km² corresponden a la isla de Cuba y su capital es la ciudad de La Habana. Está situada en las Antillas Mayores, cerca del Trópico de Cáncer, a la entrada del Golfo de México.

El tipo de clima predominante es el cálido tropical, con distribución estacional de las lluvias en dos períodos (noviembre-abril y mayo-octubre), influencia marítima y algunos rasgos de continentalidad. En el país hay otros tipos climáticos localizados, tales con el de las zonas montañosas más elevadas y la franja costera sur de las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo, que resalta como clima tropical seco con pocas lluvias (ONEI, 2016a).

Su índice de urbanización es de 76.8%. Cuenta con una población total residente de 11 239 661 habitantes (hab), de los cuales 19.2% tiene 60 o más años de edad y 49.8% son hombres. La tasa global de fecundidad es de 1.72 (hijos/mujer) y su densidad de población es de 102.3 hab/km². La esperanza de vida al nacer es de 78.45 años (ONEI, 2016a).

La seguridad alimentaria y nutricional, la educación, la salud de la población y la protección del medio ambiente han sido priorizadas en el diseño de las políticas socioeconómicas y ambientales desde inicios del proceso revolucionario en 1959, para el bienestar y calidad de vida de toda la población, y son objetivos estratégicos del modelo de desarrollo socioeconómico cubano en proceso de actualización.

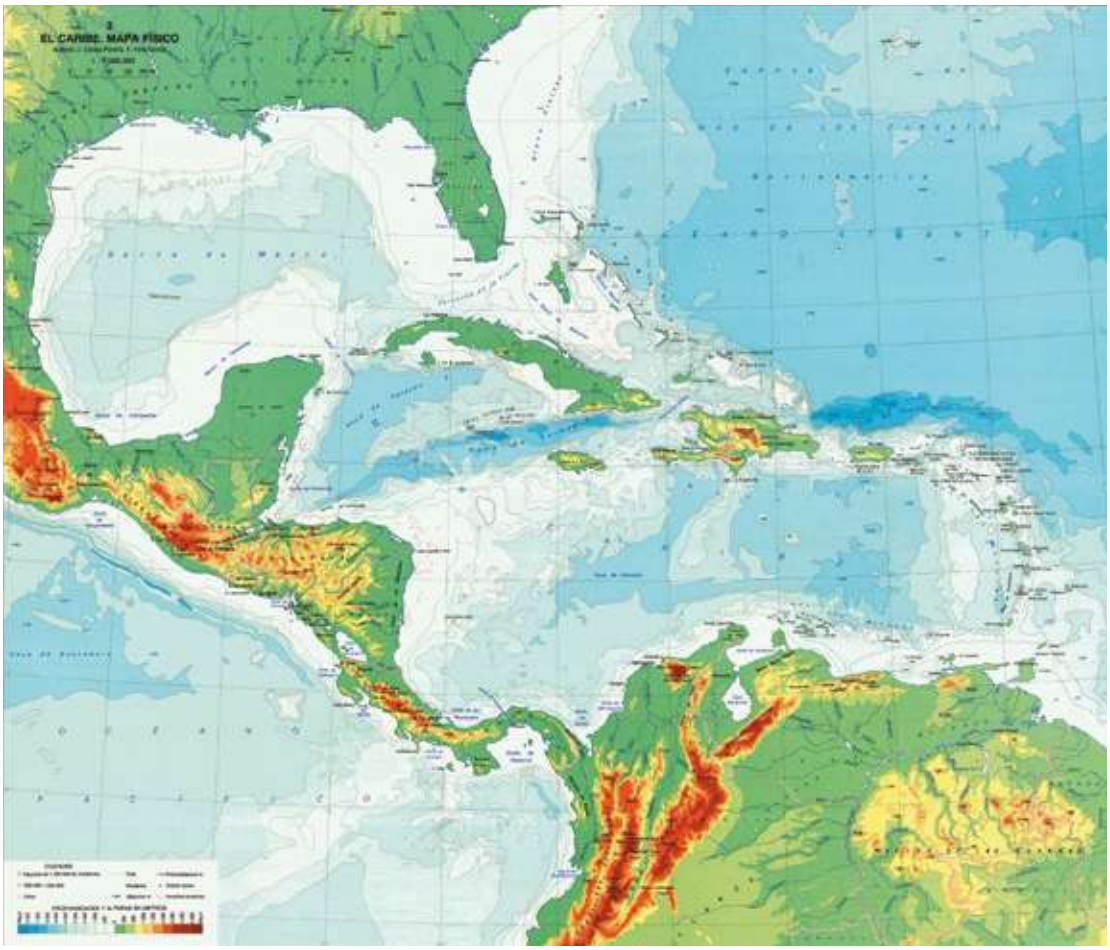
El enfoque integral de Cuba en la salud materna e infantil ha logrado disminuir las tasas de morbilidad, mortalidad y desnutrición, así como las tasas de bajo peso moderado y severo en niños menores de 5 años y el retraso del crecimiento (<5%); también, promover la equidad de género y la autonomía de la mujer. Por las políticas públicas aplicadas en la salud, la educación y el medio ambiente, a pesar del bajo Ingreso Nacional Bruto per cápita, Cuba aparece situada entre los países con Desarrollo Humano favorable hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (PNUD, 2015).

Sistemas agrícolas. Autosuficiencia alimentaria y principales amenazas y retos

La superficie total del territorio cubano (10,988.4 Mha) cuenta con 6,240.3 miles de hectáreas (Mha) destinadas al uso agrícola, de las cuales se cultivan 2,733.6 Mha con un índice de aprovechamiento (IA) de 43.8%; los forestales ocupan 3,371.6 Mha y el área restante es de superficie acuosa y otras tierras no aptas. Según la forma de tenencia de la tierra, la superficie agrícola total se distribuye

[1] María Teresa Cornide Hernández, Genética Vegetal, Genética Molecular Aplicada, Fitomejoramiento: Lic. en Biología, Doctora en Ciencias (DrCs); Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar; Profesora Titular de la Facultad de Biología, Universidad de La Habana (UH); Académica de Mérito; Coordinadora de la Sección de Ciencias Agrarias y de la Pesca, Academia de Ciencias de Cuba (ACC), mtch1646@gmail.com **[2] Walfredo Torres de la Noval,** Fisiología Vegetal en el tema de estreses abióticos: Lic. en Química, Doctor en Ciencias Biológicas; Investigador Titular del Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA); Académico de Mérito, Sección de Ciencias Agrarias y de la Pesca, ACC, walfredo48@gmail.com **[3] Ramón Pichs Madruga,** Economía Mundial, Medio Ambiente y Desarrollo: Lic. en Economía, Doctor en Ciencias Económicas; Investigador Titular; Profesor Titular, Facultad de Economía, UH; Director del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM), Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA); Académico Titular de la Sección de Ciencias Sociales y Humanísticas, rpichs@ciem.cu **[4] René Pablo Capote López**, Ecología y Conservación de la Naturaleza: Lic. en Biología, Doctor en Ciencias Biológicas; Investigador Titular del Instituto de Ecología y Sistemática (IES); Agencia de Medio Ambiente CITMA; Profesor Titular de la Facultad de Biología, UH; Académico de Mérito, Sección de Ciencias Naturales y Exactas, rpcapote@ceniai.inf.cu **[5] Amelia Capote Rodríguez,** Biotecnología agrícola. Gestión y Dirección de la Ciencia: Ing. Agrónomo, Doctor en Ciencias Biológicas; Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical 'Alejandro de Humboldt' (INIFAT), MINAG; Jefa del Programa Nacional de Ciencia y Técnica de Alimento Humano, dircientifica@inifat.co.cu

Mapa 1. Mapa físico del Caribe



así: 30.3% en el sector estatal (IA=27.7%), 13.9% de campesinos propietarios (IA=52.8%) y 21.4% de usufructuarios (IA=45.9%), y tres formas cooperativizadas que se clasifican según la propiedad de las tierras y de los medios de producción de uso común. A partir de 2009, la cantidad de 279 021 personas son receptores de tierra en usufructo con el compromiso de hacerlas productivas y rentables. Las formas de tenencia no estatales ocupan 69.7% de la superficie agrícola total (IA= 50.8%) (ONEI, 2016c).

A pesar de las políticas aplicadas desde 1959 para alcanzar la seguridad alimentaria y nutricional de la población, aún persisten importantes retos por enfrentar. Cuba es un Estado en desarrollo vulnerable a diferentes factores tales como los cambios globales de la economía mundial –como lo fue a fines del pasado siglo el desmembramiento del campo socialista, lo que disminuyó el PIB desde 1989 hasta 1993 en 35%, y los impactos adversos del bloqueo económico, financiero y comercial de EUA que aún persisten (MINREX, 2016)–, las severas restricciones a los países subdesarrollados en los mercados internacionales, las deficiencias internas y los efectos de fenómenos naturales asociados a la insularidad y ubicación geográfica del territorio cubano.

Uno de los retos es la elevada dependencia de la importación de alimentos: Cuba importa 80% de los alimentos que consume; se estima que en 2017 ascenderá a 1,750 millones 200 mil dólares. No obstante la condición de país importador de alimentos, se considera que las potencialidades productivas del sector agropecuario cubano permitirían reducir la dependencia de las importaciones entre 35 y 40% (Nova, 2016).

Entre los lineamientos socioeconómicos para el desarrollo del país se cuentan aquellos que deben responder a las necesidades del desarrollo del sector agroalimentario a corto, mediano y largo plazos (PCC, 2016). En el *Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030* se propone alcanzar, entre otras metas, niveles de producción y comercialización agropecuarias que garanticen un alto grado de autosuficiencia alimentaria.

Para estos fines, el país ha adoptado una estrategia de seguridad alimentaria basada en una combinación de mayor productividad de la agricultura, mayor previsibilidad de las políticas y apertura general al comercio a través de: (1) la reducción de las importaciones de los productos alimentarios básicos: papa, granos (arroz, maíz, frijoles), leche y carnes; (2) el aumento en cantidad y diversidad de las exportaciones agrícolas de productos tradicionales (azúcar, tabaco, café, cacao y frutales); (3) la búsqueda de nuevos rubros exportables; y (4) la ampliación de los actuales mercados y países compradores. Durante 2016, la agricultura cubana experimentó un crecimiento de 5.9%, muy superior al 2.5% del año anterior, aunque insuficiente para satisfacer la demanda interna y sustituir las importaciones de alimentos.

El crecimiento de nuevas industrias ha estado presente en las estrategias de desarrollo acorde con los conocimientos de ciencia y técnica obtenidos, los recursos naturales disponibles y las posibilidades económicas. Se intensificó la minería, la extracción de petróleo y la generación de electricidad. La industria turística se ha incrementado de forma significativa. Son reconocidos a nivel internacional los logros de la industria medico-farmacéutica, en particular el desarrollo biotecnológico. Los principales productos de exportación y servicios son en la actualidad servicios profesionales, turismo, derivados del petróleo, níquel, productos biofarmacéuticos, azúcar y productos del tabaco. Recientemente se han aprobado nuevas transformaciones estructurales, funcionales, de política y proyecciones en el sector agrario para dinamizar la actividad agropecuaria con métodos de gestión más descentralizados y el apoyo de las producciones locales. Para lograr este empeño, el país cuenta con la voluntad política, la experiencia práctica, los conocimientos adquiridos y la participación de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI).

II. Infraestructura de ciencia, tecnología y educación superior del sector agropecuario

Sistemas nacionales de investigaciones agrícolas

Para contribuir al objetivo estratégico de alcanzar un alto nivel de autosuficiencia alimentaria, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba (CITMA) estableció como prioridad del sector la *Producción de Alimentos desde las Perspectivas de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación* que se encuentra acompañada por acciones de organización, perfeccionamiento y aplicación de nuevas políticas en los diferentes ministerios y grupos empresariales (vinculados a la producción de alimentos).

Las investigaciones agrícolas nacionales se desarrollan por una red de centros de investigación, de servicios científicos-tecnológicos y unidades de desarrollo e innovación de diferentes ministerios (CITMA, MINAG, el Ministerio de Educación Superior (MES), el Grupo Empresarial AZCUBA y otros). Estas entidades enmarcan su trabajo en lo fundamental, dentro del Sistema de Programas y Proyectos Nacionales, dirigido por el CITMA. Otros programas comprenden estudios relacionados con el cambio climático (CC), biodiversidad, recursos hídricos, energía, meteorología, desarrollo local, informatización y los problemas socioeconómicos.

Al cierre de 2016, están en ejecución 300 proyectos asociados a estos programas y 500 proyectos institucionales y empresariales, así como acciones de la innovación, derivadas de la investigación-desarrollo y de la aplicación de conocimientos, con una repercusión práctica beneficiosa.

La Academia de Ciencias de Cuba

La Academia de Ciencias de Cuba (ACC), fundada originalmente en 1861 como la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de la Habana, es el principal órgano científico asesor independiente del Gobierno en materia de ciencia, adscrito al CITMA. Es miembro activo y fundadora de las principales instituciones globales y regionales que agrupan a los científicos: el Consejo Internacional de la Ciencia (ICSU) desde 1931, la Red Global de Academias de Ciencias (IAP) desde 1994, la

Red de Academias de las Américas (IANAS) desde 2004 y la Comunidad Científica del Caribe (2000).

Además de su labor asesora, promueve la ciencia y la tecnología en el ámbito de la sociedad. Vincula esta labor con los medios masivos de difusión y con las entidades del sector educacional a través de su revista electrónica *Anales ACC*, de su patrimonio histórico y mediante la atención a las sociedades científicas cubanas, entre las cuales están tres de las de mayor membresía en las ciencias agropecuarias. Otorga premios anuales en reconocimiento a los resultados científicos con aportes al conocimiento y con impacto en la economía, los servicios y la producción.

La máxima autoridad de la ACC es el Pleno, compuesto por cerca de 250 científicos del país, que se agrupan en cinco secciones, una de las cuales es la de Ciencias Agrarias y de la Pesca, con 43 titulares y ocho asociados jóvenes. La ACC es el principal elemento coordinador y movilizador independiente de la comunidad científica cubana. Es sitio de debate y confluencia de las principales tendencias dentro del desarrollo nacional en materia de CTI.

Institutos de investigaciones y universidades

Las investigaciones en la rama agropecuaria se desarrollan en las universidades y la red de 41 entidades científicas que cuentan con más de 11 mil trabajadores; de ellos, cerca de 1,600 son investigadores y 600 son doctores en Ciencias.

Un sistema de revistas científicas publica los resultados de las investigaciones que se realizan nacionalmente; 31 están relacionadas con las investigaciones agrarias, certificadas por el CITMA a partir de su calidad editorial y aparecen recogidas en diferentes Bases de Datos internacionales (seis en *Scopus* y dos en la *Web of Science*). Se trabaja por elevar la visibilidad internacional de estos resultados.

Desarrollo de fuerza de trabajo especializada y estado de los sistemas educacionales del país

En el país se graduaron el pasado año más de 420 mil egresados de los diferentes niveles y tipos de enseñanza, de los cuales 49.9% fueron mujeres (ONEI, 2016b). La enseñanza superior en carreras de ciencias agropecuarias y otras que gradúan personal de perfiles asociados se realiza en 22 universidades públicas bajo diferentes modalidades. La proyección actual se dirige a fortalecer la educación a distancia en las carreras agropecuarias para favorecer la mayor cantidad de estudiantes vinculados a estos estudios desde sus lugares de vida y trabajo.

Los sistemas educacionales del país han establecido programas que a corto y mediano plazos ofrecen una clara perspectiva de la formación de obreros calificados y técnicos medios, a cargo del Ministerio de Educación (MINED), personal que en el presente resulta deficitario en muchas de las unidades productivas relacionadas con la producción de alimentos, y que fortalecerá el nivel de la fuerza calificada (no universitaria) al nivel de la unidad productiva de base.

Las carreras agropecuarias se estudian de forma presencial, semi-presencial o a distancia. Para su graduación, el egresado debe ejecutar investigaciones bajo asesoría que culminen en un trabajo de diploma. La matrícula actual en carreras agropecuarias es superior a los 5 mil estudiantes, de los cuales, 47% son mujeres.

En las investigaciones que tributan a la seguridad alimentaria nacional participan profesionales egresados de carreras de ciencias naturales (biología, microbiología, bioquímica, química, matemáticas, ciencias alimentarias y ciencias farmacéuticas), económicas (contabilidad, finanzas y economía), sociales (sociología) y técnicas (Ingeniería informática).

Contribución relativa de los sectores público y privado

La mayor contribución al desarrollo de las actividades de CTI de las entidades científicas vinculadas con el sector agroalimentario proviene del Estado y Gobierno cubanos, tanto desde el punto de vista financiero como con recursos materiales y humanos, y el apoyo político y de orientación para que puedan cumplir con las misiones y encargos asignados. La contribución del sector privado todavía es incipiente en algunas producciones de alimentos. Cabe destacar también que el sistema empresarial actual está contribuyendo al desarrollo de los centros científicos de la rama, enmarcadas en el proceso de perfeccionamiento del sistema y el reordenamiento de las unidades de ciencia.

III. Recursos naturales y ecosistemas

Recursos hídricos y retos en los próximos 50 años

A mediados de la década de los 60, se tomaron medidas para disminuir el impacto de las intensas lluvias e inundaciones ocasionadas por huracanes y garantizar un suministro seguro en cantidad y calidad para el consumo humano, la agricultura y la industria y una gestión integrada de los recursos hidráulicos (Fontova *et al*., 2012).

Por otra parte, modelos recientes del CC, en uno de los escenarios más favorables, pronostican una reducción de la disponibilidad de agua para 2100 a 24 km³, equivalente a 38% con respecto a los cálculos actuales (Planos, 2014). El potencial aprovechable actual es de 75% de aguas superficiales y 25% de subterráneas, en riesgo permanente de contaminación por intrusión salina a causa de la sobreexplotación de los acuíferos.

Para el almacenamiento y utilización del agua, el país cuenta con una capacidad total de embalse de 9 148,6 Mm³ y 788.4 km de canales magistrales conectados a ellas; se agregan 805 micro (>600 millones de m³) y una extensa red de canales de riego y drenaje, diques y canales para la protección contra inundaciones y la intrusión salina (ONEI, 2016). Con vistas al aseguramiento del agua a la población y para el riego en zonas fuertemente afectadas por sequías periódicas, se construyen tres trasvases y una nueva presa con capacidad de 630 millones de m³ (Mm³) (Fontova y col., 2014). El indicador de disponibilidad de agua en 2015 fue de 1 231,7 m³/habitante con una distribución desigual a lo largo de la Isla (ONEI, 2016). En 2013 se aprobó la Política Nacional del Agua presentada por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y elaborada con la contribución de todos los usuarios.

A los efectos de la disponibilidad del agua, los mayores desafíos que afrontará el país en los próximos 50 años están centrados en:

- Implementar el enfoque geosistémico y ecosistémico para contrarrestar la fragmentación de los ecosistemas causada por la construcción de grandes obras de trasvase interprovinciales.
- Establecer una cooperación entre los sectores agropecuario y forestal para atenuar tales impactos, y fomentar rutas de conectividad entre especies y ecosistemas afectados por estas obras.
- Usar tecnologías para elevar la disponibilidad de agua. Por ejemplo, la desalinización del agua de mar, la cosecha de agua de precipitación, el uso de agua reciclada y de sistemas de riego más eficientes.
- Proyectar la ejecución de obras civiles de ingeniería destinadas a mitigar el impacto de la elevación del nivel del mar, lo que requiere de la transferencia de tecnologías.

Las principales fortalezas residen en el desarrollo y la estabilidad del referido programa hidráulico nacional y en las capacidades humanas nacionales disponibles para valorar el agua desde una perspectiva multisectorial e interdisciplinaria.

Recursos del suelo y retos en los próximos 50 años

La cubierta edáfica del territorio nacional muestra una alta variabilidad, condicionada por la compleja estructura geológica. Su diferenciación en 14 agrupamientos concuerda con el proceso de su formación (Instituto de Suelos, 1999). El estudio reciente de la evaluación de tierras para el monitoreo de la degradación de los suelos basado en el potencial agroproductivo para 29 cultivos, a partir del mapa de suelos 1:25 000, arrojó que 65% de estos tenía una reducción del rendimiento potencial por debajo de 50% por estar afectados por uno o varios factores limitantes: erosión, contenido bajo de materia orgánica, compactación, mal drenaje, salinidad, entre otros (ONEI, 2016c). La *Estrategia Ambiental Nacional de Cuba* señala a la degradación de los suelos como el principal problema al que se añaden los efectos del CC en más de un millón de hectáreas que forman parte de ecosistemas frágiles, tales como las áreas montañosas con alto riesgo de erosión y las áreas costeras o las llanuras acumulativas adyacentes con riesgo de salinización.

Para el manejo sostenible del suelo y el agua se han trazado políticas y programas institucionales estatales como es el Programa Nacional para el Manejo y Conservación de los Suelos de los Agroecosistemas (PNMCS), por el que se han beneficiado 901 mil ha (ONEI, 2016). Seis programas nacionales bajo presupuesto estatal están en

ejecución para la conservación, el mejoramiento y el manejo sostenible de los suelos para mitigar su degradación. La asimilación paulatina y ágil de los métodos de la 'Agricultura de Conservación' es indispensable para minimizar su degradación en los próximos años.

Fuentes renovables de energía (FRE)

Cuba es un pequeño emisor de gases de efecto invernadero que mantiene ante la Convención Marco de Cambio Climático su compromiso con la reducción de emisiones acorde con sus circunstancias nacionales y con los recursos financieros y tecnológicos disponibles. Dado que el sector de energía es el principal emisor, se propone la modernización y el desarrollo tecnológico sostenibles, así como el fortalecimiento de sus capacidades en los diferentes sectores.

Teniendo como base el potencial de uso de fuentes de energías renovables disponibles, se prevé instalar 2 144 Megawatts (MW) de potencia conectada a la red eléctrica nacional que incluye la construcción de 19 bioeléctricas anexas a los centrales azucareros (755 MW) a partir de la biomasa cañera y forestal, y 13 parques eólicos (633 MW), con mayor incidencia en la zona oriental del país, así como la instalación de parques (700 MW Fotovoltaicos) donde no se supere los 5 MW de potencia para entregar a la red nacional y de 74 pequeñas centrales hidroeléctricas en saltos de aguas pequeños. La realización de estos programas permitirá generar más de 7 mil Gigawatts (GWh) al año con fuentes renovables de energía, dejando de emitir a la atmósfera más de 6 millones de toneladas de CO_2 (ONEI, 2016).

Biodiversidad, conflictos y retos: problemas asociados a la sobre explotación y la pérdida de la diversidad genética

La diversidad biológica cubana posee la más alta riqueza de la flora y la fauna del Caribe por lo que se considera entre las cuatro islas con mayor número de especies vegetales a nivel mundial, y la primera por el número de taxones/km². Se han registrado para Cuba 5 778 taxones nativos de plantas con semilla (51.4% endémicos), 11 954 especies de invertebrados y 655 especies de vertebrados registradas. Su diversidad faunística comprende fondos genéticos útiles para el control biológico y el desarrollo del turismo de naturaleza (CITMA, 2014).

El país dispone de legislaciones que respaldan las políticas trazadas para el uso y conservación de la diversidad (CITMA, 2014). Cuenta con un sistema de áreas protegidas aprobadas por el Consejo de Ministros, de las cuales seis son 'Reservas de la Biosfera' y nueve se reconocen como 'Patrimonio Natural de la Humanidad'. Este sistema actúa sobre 116 679.6 km² (49.4% de la superficie total del territorio nacional más la plataforma marina) (ONEI, 2016a).

En el archipiélago cubano, la biodiversidad y los ecosistemas terrestres se expresan en general como ecosistemas de montaña, alturas y llanuras, con predominio de estos últimos, y para su conservación se diferencian en humedales interiores y costeros y las cayerías, con importantes extensiones de manglares.

Las principales causas de la pérdida de la biodiversidad son: las alteraciones, por fragmentación o pérdida de hábitats/ecosistemas/paisajes; la sobreexplotación de los recursos; la introducción de especies exóticas invasoras; la degradación de la tierra y los suelos; y la contaminación de suelos, agua y atmósfera (CITMA, 2014).

Cada año se evalúa la variación de la carga contaminante a nivel nacional en las principales Cuencas Hidrográficas, macizos montañosos y principales bahías, revelando su evolución procedente de los residuales líquidos, de origen orgánico y biodegradable. Los incendios forestales son variables en magnitud y frecuencia y contribuyen a la deforestación, la degradación de los suelos y la pérdida de la diversidad biológica.

El reto es mantener los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano y socioeconómico del país, tales como la protección de las tierras agrícolas y de los asentamientos humanos ante el CC y eventos meteorológicos extremos.

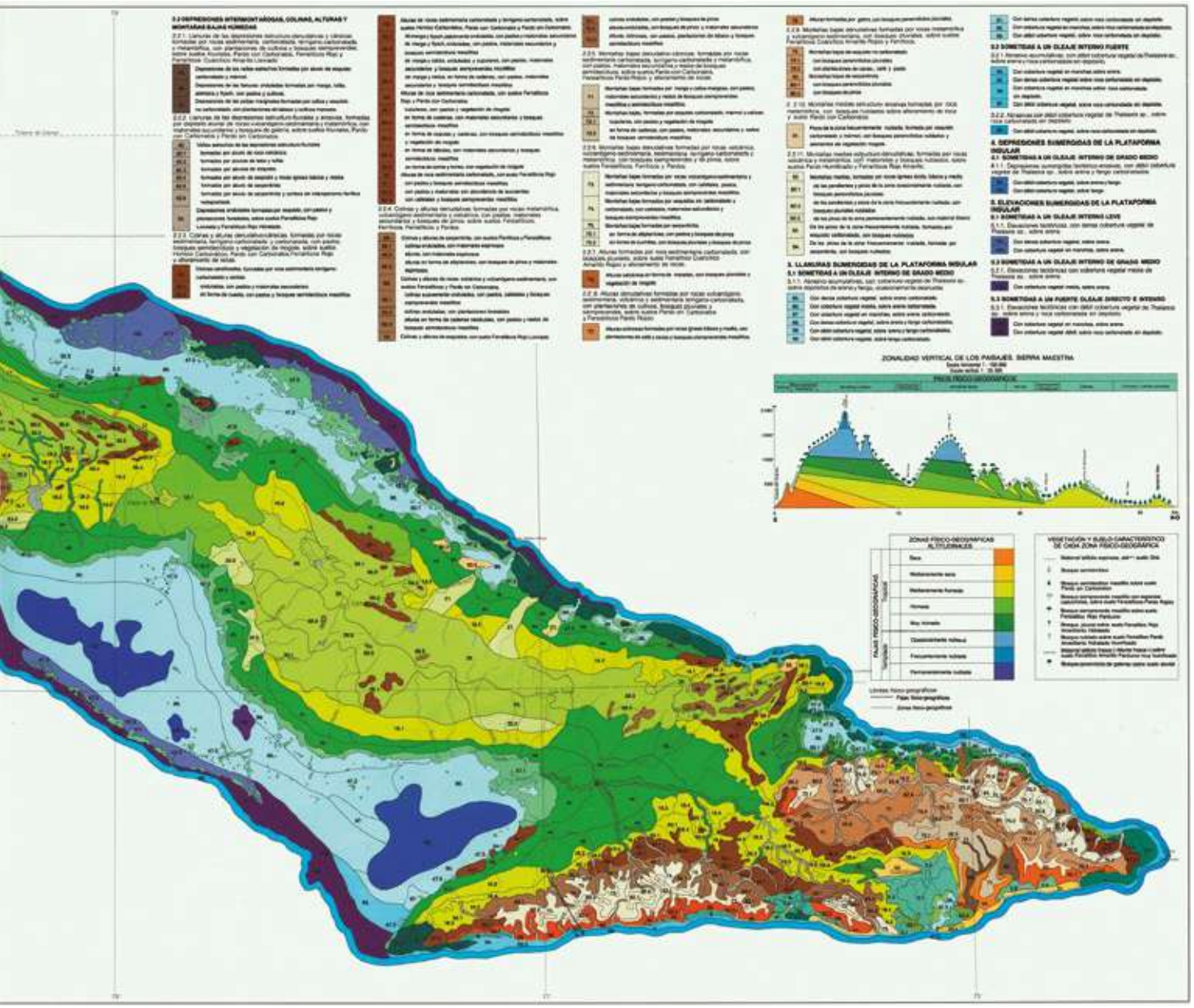
Los recursos forestales

La diversidad genética de las especies arbóreas ha estado afectada desde la década de los 90 por: las limitaciones de recursos para su monitoreo y conservación; las restricciones de combustible de origen fósil que incentivaron el empleo de la leña y el carbón vegetal; y el aumento de los niveles de producción nacional de madera aserrada. A lo an-

Mapa 2. Vegetación y suelos característicos de cada zona físico-geográfica de Cuba

terior se sumaron la disminución de los recursos humanos competentes y materiales disponibles para atender los recursos genéticos, así como los efectos acumulados de los ciclones tropicales que han afectado al país a partir del año 2000.

La acción conjunta de estos factores ha tenido impactos negativos sobre la diversidad genética de las especies forestales arbóreas de importancia económica, tanto las nativas (por ejemplo, pinos, cedro, caoba e *Hibiscus*) como las introducidas. Para revertir la erosión genética y estabilizar las producciones forestales (madereras y no madereras) se han trazado como objetivos priorizados del sector forestal los siguientes: la máxima protección contra los impactos del aumento del nivel del mar en las zonas costeras y de la biodiversidad de los ecosistemas en zonas montañosas (>200 m snm), suspendiendo el uso con fines económicos de los manglares en todo el país y de varios forestales; ampliar la superficie de bosques artificiales



en zonas llanas y onduladas, con objetivos productivos específicos, aumento de los sistemas agroforestales y manejos integrados (*silvicultura intensiva*); intensificar las acciones de enriquecimiento y reforestación en áreas de bosques naturales categorizados como protectores y de conservación; alcanzar 33% de cobertura forestal prevista para el país (actualmente ≥30%); y reactivar los programas de mejora genética con personal de nueva formación.

Los recursos marinos

La plataforma insular presenta el relieve de una llanura sumergida, de ahí el valor de los ecosistemas costeros y marinos para la estabilidad ecológica de la biota. La mayor riqueza de especies marinas se distribuye en las nueve ecozonas de la plataforma cubana siendo las mayores las de la costa sur, en especial en los extremos oriental y occidental (CITMA, 2014). La estrecha interconexión entre la tierra y el océano, así como un adecuado estado

de salud de los ecosistemas marinos y costeros en Cuba, permiten aún sostener algunas pesquerías de las más importantes del Caribe, como es la pesca de langosta espinosa que aporta 75% de los ingresos del sector en el país.

El alto valor económico de la mayor parte de los recursos pesqueros de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) y la capacidad de pesca creada en el país después de 1959, ha propiciado la sobreexplotación de algunos de estos recursos. Las estadísticas (1935-2014) en 25 especies revelan que tras un sostenido incremento de las capturas se ha producido una caída sostenida de las capturas totales y en la mayoría de las especies individuales, presentándose varios casos de colapsos. El análisis de sus causas indica que la sobreexplotación no es el único factor responsable y que diferentes impactos humanos han afectado algunos hábitats, sino también la acción combinada de la pesca, el represado de los principales ríos, la contaminación producida por los desechos de la industria azucarera y sus derivados, y la drástica reducción desde fines de los 80 del uso de fertilizantes sintéticos (Baisre y Arboleya, 2007). Por otra parte, se considera que en las últimas dos décadas la intensidad de los organismos ciclónicos han sido los eventos asociados al CC de mayor afectación a la biodiversidad marina y costera.

Bajo estas circunstancias, la estrategia de proyección de estos recursos durante los próximos años deberá partir de un programa para restaurar los hábitats de la zona costera dañados, reducir el esfuerzo de pesca y restablecer el control estricto del cumplimiento de las regulaciones pesqueras establecidas para evitar la pesca ilegal y las capturas de ejemplares por debajo de la talla mínima legal.

Impactos potenciales del cambio climático. Construcción de resiliencia ante los eventos extremos

El país cuenta con estrategias, nacional y territoriales (provincia, municipios, cuencas), para la gestión de reducción de los impactos del CC (adaptación-mitigación), que renueva periódicamente, basadas en los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo de ocurrencia de desastres dirigidos y coordinados por la Agencia de Medio Ambiente (AMA-CITMA) con el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC) y la participación de diferentes instituciones. Cuba ha sido reconocida por esta labor: en 2001 compartió con Italia la sede mundial del "Día Mundial del Medio Ambiente" y en 2006 fue declarada en el Informe "Planeta Vivo 2006" del Fondo Mundial por la Naturaleza (WWF, *World Wide Fund for Nature*) como el único país con progreso hacia el desarrollo sostenible, con una huella ecológica sostenible (ONEI, 2016).

Los estudios realizados en Cuba indican que la agricultura se desenvolverá en un ambiente climático adverso (Planos, 2014). La productividad primaria neta y la densidad potencial de biomasa decaerán; se acortará progresivamente la duración (en días) de las fases fenológicas y la duración total de los ciclos de vida de cultivos importantes, incluyendo los de alimento animal y sus rendimientos potenciales, decrecerán. Los fenómenos asociados al CC ya influyen en el desarrollo y el agravamiento de las enfermedades y plagas al actuar sobre las interacciones huéspedes-patógenos-vectores-controladores biológicos, y habrá cambios en la distribución, estacionalidad y severidad de las enfermedades y plagas transmitidas por vectores.

El impacto directo del aumento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones afectará la productividad de cultivos importantes tales como papa, soya, frijol, arroz, yuca, maíz y caña de azúcar, y la cría de animales. Se requerirá de investigaciones sobre los mecanismos de su respuesta adaptativa favorable para obtener materiales mejorados y de mayor valor nutricional, así como un manejo que los estimule, y la búsqueda de nuevas fuentes genéticas, preferentemente autóctonas o por introducción de nuevos cultivos. Estos fenómenos del CC ya referidos, acelerarán la degradación de los suelos de uso agrícola y la salinización de los acuíferos costeros incidirá en las actividades de la pesca y la acuicultura. Lo anterior, unido a la reducción de las áreas agrícolas, conllevará a impactos sobre la producción de alimentos y a cambios en la cultura alimentaria de la población.

La sinergia entre el incremento de la temperatura superficial de los océanos y su acidificación, la intensidad de eventos meteorológicos en las costas –en especial los organismos ciclónicos– y el incremento gradual del nivel del mar, aumenta el riesgo de pérdida de biodiversidad, y

de sus bienes y servicios, ya muy amenazados, en las áreas costeras transformadas por el hombre.

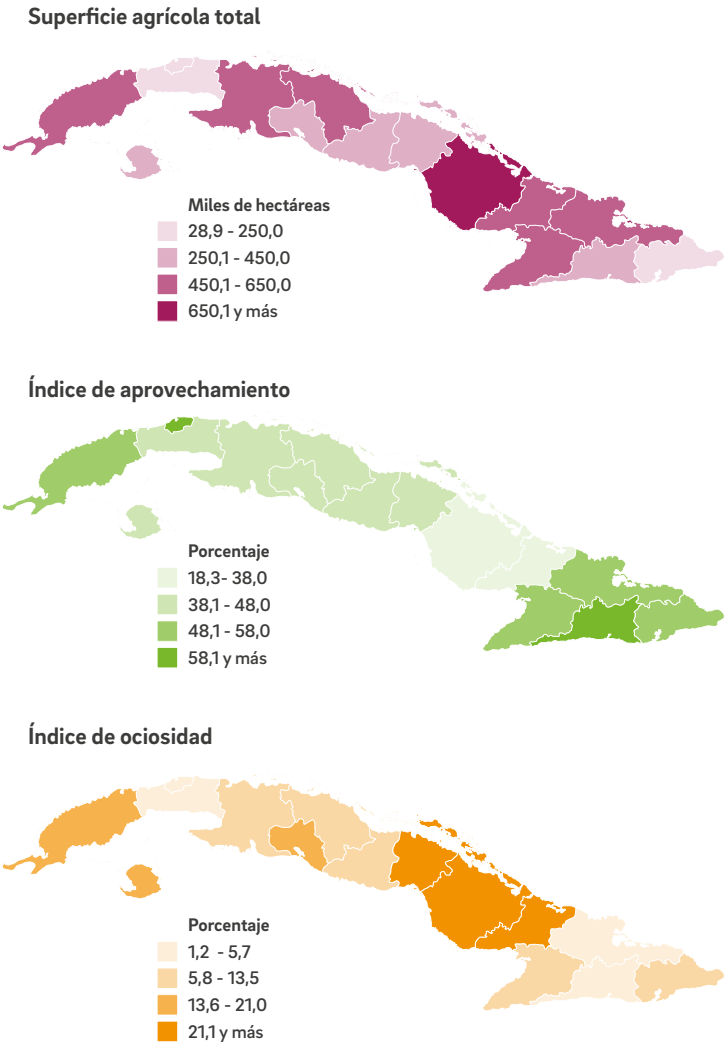
Las investigaciones sobre los ecosistemas marinos y costeros que componen la barrera natural del archipiélago cubano ante el embate de fuertes vientos, marejadas y el intenso oleaje, y un riguroso cumplimiento de las medidas para su conservación contribuirán a reducir estos impactos previsibles y deben tener una prioridad máxima.

IV. Tecnología e innovación para alcanzar la Seguridad Alimentaria y Nutricional

La infraestructura actual de las investigaciones agropecuarias, con pocas excepciones, surgió a partir de la década de los 60, inducida por la voluntad política de desarrollar la ciencia y la técnica como elemento indisolublemente ligado al progreso social del país. Esto fue coincidente en las ciencias agrarias con los inicios y conceptos de la llamada 'Revolución Verde'. Durante las dos décadas posteriores, el capital humano y los recursos de estos centros crecieron considerablemente, se obtuvieron los primeros resultados y se precisaron y perfeccionaron sus prioridades por la vía del planeamiento (Cornide *et al*., 2006). El período de 1980 a 2010 fue especialmente importante para el sector agropecuario:

- Se promovió el desarrollo de las nuevas biotecnologías en el sector médico-farmacéutico, que se extendió al campo agropecuario, donde las aplicaciones de las llamadas "biotecnologías de primera generación" fueron incorporadas gradualmente a los programas de investigación que supusieron un adelanto metodológico empleado en las investigaciones, con extensión de los más promisorios a los programas de desarrollo y los servicios, y su inclusión en los planes docentes. Se creó en 1986 un centro para el desarrollo de la Ingeniería Genética y la Biotecnología (CIGB) con una división dedicada a objetivos agropecuarios.
- A raíz de la desaparición del campo socialista, la seguridad alimentaria devino un objetivo estratégico de supervivencia de la población. En el marco de los lineamientos socioeconómicos aprobados para el país, se formularon los objetivos específicos de las investigaciones con un "enfoque multidisciplinario y sistémico" para cerrar el ciclo "desde el laboratorio hasta el campo". Para fortalecer la aplicación local de nuevas tecnologías se crearon dos centros en las provincias de Villa Clara y Ciego de Ávila, y varias instalaciones para la multiplicación de propágulos de alta calidad ('biofábrica'), la fabricación de bioproductos y los Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) para el control integrado de las plagas (Borroto Leal *et al*., 2011).

Mapa 3. Uso de la tierra en Cuba



Fuente: Oficina Nacional de Estadística e Información

El cambio de los patrones de producción y consumo insostenibles en la agricultura cubana, iniciado por razones económicas y propiciado por las nuevas biotecnologías para elevar los rendimientos, fue un acierto que quedó confirmado por su coincidencia con la Agenda 21 de la *Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo* (Río de Janeiro, Brasil, 1992) y con los acuerdos de la *Cumbre sobre Desarrollo Sostenible* (Johannesburgo, Sudáfrica, 2002). Entre otras medidas, la prioridad de esta estrategia se apoyó con la creación, en 1994, del CITMA como Organismo de la Administración Central del Estado encargado de proponer las políticas de CTI y Medio Ambiente y controlar su ejecución sobre la base de la coordinación y control de la gestión por los organismos que las ejecutan.

De la necesaria concepción multidisciplinaria y sistémica del trabajo y para el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles surgieron órganos que agruparon varias instituciones de diferentes sectores, propiciando la discusión multisectorial y transdisciplinaria en temas comunes y el vínculo para la cooperación; se procedió a la asimilación de las Normas ISO (del inglés, *International Standards Organization*) y varios sistemas de acreditación de las instalaciones; se fortaleció el desarrollo de una cultura en materia de patentes, registros y protección de obtenciones vegetales; y se enfatizó la necesidad de nuevos indicadores económicos y métodos de pronóstico y medición del impacto aplicados a la planificación y ejecución de los proyectos de investigación, los servicios científico-técnicos y la producción.

Producción de alimentos para consumo humano y animal

Entre las salidas de las investigaciones agropecuarias introducidas en la agricultura están: las nuevas variedades, razas animales y tecnologías para su manejo; recomendaciones para la fertilización diferenciada con los fertilizantes minerales disponibles y sus alternativas nacionales incluidos biopreparados registrados; alimentos para el ganado; métodos de diagnóstico y vigilancia epidemiológica, así como vacunas (Borroto Leal *et al*., 2011). Estos han sido también utilizados en acciones de colaboración técnica con otros países y algunos han recibido premios internacionales.

En la actualidad se abordan líneas de trabajo que dan continuidad a las precedentes con indicadores más elevados, incorporación de nuevas tecnologías y el enfoque de la sostenibilidad. Entre las priorizadas para el período en desarrollo (2013- ca. 2025) (CITMA, 2015) están:

Mejoramiento genético y manejo de plantas y animales

- Introducción de nuevos métodos y tecnologías para perfeccionar la evaluación y conservación de los recursos genéticos.
- Mejora tradicional y biotecnológica de cultivares (caña de azúcar, arroz, papa, hortalizas, viandas tropicales y granos, y otras para alimento animal), y razas e individuos élites de especies animales (ganado para leche y carne, cerdo; búfalo, conejo, aves, ganado ovino-caprino), para elevar su potencial productivo y la calidad nutricional, así como para la tolerancia a los estreses abióticos derivados del CC, el mayor aprovechamiento del agua y la resistencia a las enfermedades emergentes o de alto riesgo, junto con el paquete tecnológico para su explotación.
- Desarrollo de nuevos biopreparados y medios de control biológico y transferencias tecnológicas para su adaptación a los nuevos escenarios productivos.
- Diseño de bases de datos provenientes de las investigaciones agropecuarias, series históricas de los programas de desarrollo y del comportamiento productivo de los resultados, mediante métodos informáticos de avanzada y herramientas de computación interactivas para auxiliar la toma de decisiones.
- Estudios de los modelos horizontales y verticales de extensionismo y su coexistencia y potenciación mutua, para lograr la adaptación a los sistemas locales y la participación de decisores y actores en cada territorio.

Nuevos alimentos de consumo humano y animal

- Diversificación de alimentos enriquecidos para consumo humano; formulación de nuevos alimentos; tecnologías de fabricación con predominio de materias primas de origen local; productos para conservar la calidad; y nuevos

métodos de análisis de inocuidad química, microbiológica y toxicológica de estos alimentos.
- Formulación de pastos y forrajes a base de gramíneas y leguminosas para elevar su productividad en condiciones desfavorables (período poco lluvioso, salinidad, suelos degradados, estreses bióticos) y el balance nutricional del animal; tecnologías para su manejo y rehabilitación; estudio del reciclaje de nutrientes en el sistema suelo-planta-animal y del desarrollo de sistemas silvopastoriles; tecnologías para aumentar la producción de heno y ensilaje.
- Estudios microbiológicos para el manejo de las leguminosas y para obtener activadores de la fermentación ruminal y suplementos y aditivos alimentarios basados en subproductos o residuos agroindustriales disponibles en el país; y el uso de opciones físicas, químicas y biológicas para elevar su valor nutritivo, conservación y forma de presentación.

Sanidad agropecuaria

Las investigaciones en sanidad agropecuaria apoyan el Sistema de Sanidad agropecuaria y por la importancia estratégica las instituciones cubanas trabajan en redes de colaboración dentro y fuera del país. Se participa en proyectos de investigación, de erradicación y prevención de desastres y de capacitación con varias organizaciones internacionales. Los temas de mayor prioridad son:

- Identificación, caracterización y diagnóstico de plagas y enfermedades; caracterización molecular de poblaciones de fitopatógenos y agentes etiológicos de enfermedades emergentes y re-emergentes para determinar su origen y pronosticar su evolución.
- Desarrollo de sistemas de manejo integrado de plagas; el diseño de bioproductos que apoyen otros métodos de control.
- Estudios de interacciones hospedero-patógenos y participación en los programas de mejora genética para obtener materiales resistentes a plagas y enfermedades y en los programas de la ganadería a través de la caracterización de diferentes poblaciones de interés veterinario que afectan las especies priorizadas para el consumo humano (bovino, porcino, búfalos y cabras).
- Desarrollo de vacunas de interés veterinario; diseño y optimización de sistemas de producción de medios de diagnóstico y vacunas.
- Estudios de toxicosis para su diagnóstico, control y tratamiento.
- Estudio del peligro, vulnerabilidad y riesgo de ocurrencia de desastres sanitarios; valoración de la efectividad de los programas de manejo y emisión de alertas tempranas para la toma de decisiones.

Nuevas biotecnologías: Ingeniería Genética y Genómica Funcional

En el país, la obtención de Organismos Genéticamente Modificados (OGM) con técnicas de ingeniería genética (IG), biología molecular y cultivos *in vitro*, ha permitido disponer de modelos biológicos para conocer la estructura y función del material hereditario y se aplican en el aislamiento de genes, la selección de materiales asistida de marcadores moleculares en programas tradicionales de mejora genética, el desarrollo de métodos de diagnóstico molecular de agentes patógenos y vacunas de uso veterinario a partir de inmunógenos, y el estudio de la regulación génica en plantas y animales (Borroto Leal *et al.*, 2011).

Entre los objetivos de trabajo biotecnológico están:
- Introducción de nuevas biotecnologías para producir semilla de alta calidad y bioproductos, tecnologías de producción *in vitro* e *in vivo* de sustancias de interés farmacéutico e industrial, la obtención de materiales genéticamente mejorados y como instrumentos en las investigaciones que generan nuevos conocimientos y genes.
- Obtención de líneas transgénicas de soya e híbridos transgénicas de maíz seco, para alimento animal, rubros significativos de esas importaciones.
- Uso de nuevas tecnologías de secuenciación de genomas y sus productos (transcriptoma, proteoma y metaboloma) para pronosticar el mérito genético de individuos y poblaciones mejoradas, contribuir a la nutrición animal y disponer de nuevas herramientas de modificación genética tales como la edición de genomas de forma puntual, sin transferencia genética entre especies.

- Obtención de vacunas veterinarias de nueva generación para aves y especies ganaderas.
- Obtención de vacunas veterinarias y estimuladores del crecimiento y del sistema inmune de los organismos usados en la acuicultura, para eliminar o disminuir los antibióticos y químicos en la producción de proteína animal.

El uso de plantas transgénicas está regulada legalmente en Cuba bajo los principios del Protocolo de Cartagena del cual es firmante. Desde los 80 se estableció una legislación que regula la investigación y el uso a escala comercial de los OGM y, en particular, las plantas transgénicas en cuanto a la seguridad alimentaria, a cargo del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM, MINSAP); la seguridad ambiental por el Centro Nacional de Seguridad Biológica (CNSB, CITMA), y la biodiversidad (novedad) y su utilidad tecnológica para ser registrada como semilla por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV, MINAG) de cada uno de los eventos transgénicos que puedan ser producidos y comercializados en Cuba, estableciendo un mecanismo de evaluación y aprobación caso a caso.

Proyecciones a mediano y largo plazos

En el mundo actual, las especies de interés económico y las tecnologías e insumos para su manejo se protegen por diferentes tipos de propiedad intelectual y con frecuencia se comercializan de conjunto (paquete tecnológico). La creciente privatización de esta actividad a nivel mundial unida a la tendencia a la industrialización de los programas de mejora permiten pronosticar el riesgo para la soberanía alimentaria que tendrán los países en desarrollo a mediados del presente siglo si no disponen de programas de mejora tradicional y biotecnológica de las plantas y animales que deben garantizar la suficiencia alimentaria con control mayoritario del sector público.

Para que la CTI contribuya al logro de un alto nivel de autosuficiencia alimentaria en 2050, se propone:

Desarrollo y transferencia de tecnologías

- Optimización de las cadenas de valor de los principales cultivos, carne, leche y huevo.
- Optimización de los procesos biotecnológicos basados en cultivos *in vitro*, condiciones controladas y transferencia a campo ante los cambios de temperatura pronosticados; im-

Productos biotecnológicos de nueva generación. (A): 'GAVAC', inmunógeno contra la garrapata (*Boophilos microplus*) obtenido por vía recombinante, previa identificación de un péptido de la proteína ribosomal PO como antígeno vacunal, y (B): 'Hebernem', nematicida de origen biológico. Ambos productos se comercializan en Cuba y varios países de América Latina (Cortesía Bio-CubaPharma).

plantar un nivel de automatización y métodos de control de la calidad de bajo costo; desarrollar esquemas de gestión para un mejor uso de las instalaciones con condiciones controladas, y ganar en eficiencia y estabilidad de los procesos.

- Optimización genética y económica de los programas de mejoramiento genético para las especies priorizadas, con fuerte componente del sector estatal.
- Desarrollo de la modelación y la simulación computarizada para el análisis de datos, estudios de los impactos ambientales (abióticos, bióticos y de manejo) y comparación de alternativas recomendadas y su pronóstico.
- Adaptación de tecnologías basadas en la 'Agricultura de Conservación' para suelos y cultivos, considerando la finca como unidad básica de manejo, atendiendo a la cuenca hidrográfica como espacio físico geográfico a proteger.
- Transferencia de tecnologías de riego adecuadas a los nuevos paquetes agrotécnicos; diseñar o innovar equipos, maquinarias e implementos en los sistemas de producción de alimentos acordes con las políticas energética y ambiental vigentes.
- Desarrollo de las capacidades humanas para el apoyo bioinformático y fortalecer la capacitación en el manejo de indicadores económicos y de mercado en el personal asociado a las investigaciones y servicios agropecuarios.
- Implementación de medios para la minería de datos, almacenamiento y procesamiento (meta-análisis, robóticos) de información (*"big data" challenge*).
- Desarrollar la infraestructura de computación y comunicación de acceso remoto a los servicios científico-técnicos y para información a los decisores, el personal técnico y los agricultores en cuanto a riesgos, bioseguridad, registros de producción, mercado, y herramientas computacionales para su empleo en la toma de decisiones en tiempo real.

Propuesta de objetivos futuros de las investigaciones y programas de desarrollo

- Ampliación de la base genética: obtención e introducción de nuevos genotipos y cultivos tolerantes a ambientes desfavorables; razas de ganado resistentes a las altas temperaturas y al déficit de agua; y microorganismos para nuevos biopreparados.
- Estudio priorizado de las bases fisiológicas de la adaptación de los principales cultivos ante los impactos bióticos y abióticos con un enfoque local y sostenible.
- Búsqueda de indicadores fisiológicos eficientes para la selección; introducción de métodos evaluativos del fenotipo de alta precisión no-invasivos, basados en sensores físicos y procesamiento de imágenes.
- Implementación gradual de la Selección Genómica para el ganado de leche y cultivos priorizados.
- Uso de las nuevas tecnologías para obtener genotipos mejorados y productos recombinantes con probada inocuidad. Brindar los fundamentos científicos para perfeccionar las disposiciones de los órganos regulatorios.
- Investigaciones de genómica funcional para una mejor comprensión de las bases genéticas de la productividad y de la adaptación a estreses (oxidativos, antioxidantes y tolerancia a factores abióticos) al nivel molecular. Desarrollar nuevos productos para ser aplicados en el marco del enfoque de la 'Agricultura de Precisión'.
- Establecer un Programa de CTI para el desarrollo sostenible de la pesca y la acuicultura como fuentes de alimento para el consumo humano y animal, restaurar los hábitats de la zona costera dañados y recomendar las medidas para su explotación y control, basadas en los conocimientos biológicos y ecológicos de las especies y ecosistemas y las fuentes y magnitud de los impactos que los afectan.
- Extender y perfeccionar los estudios de factibilidad, pronóstico y estimación de impactos de los trabajos de CTI.

Limitantes

Para contribuir a la solución de las principales limitantes, se propone fortalecer la infraestructura material y humana de:

- Los centros de investigación y laboratorios de servicio indispensables para sostener y desarrollar el sector agroalimentario. Incentivar al

personal y, en especial, a los jóvenes que serán el relevo generacional.

- El sistema de diagnóstico y de vigilancia de las principales patologías agropecuarias y sus producciones asociadas y la reproducción de los bioplaguicidas en CREE.

V. Aumento de la eficiencia de los sistemas de producción de alimentos

A pesar de las afectaciones asociadas al CC se espera que el potencial de producción de los cultivos y especies animales continúe aumentando en las próximas décadas a través de los aportes de CTI en la mejora, el manejo y la sanidad, y que su realización práctica esté limitada por la competencia por el agua y la tierra entre ambas fuentes de alimentos y entre el sector dedicado a la producción agropecuaria y otras actividades humanas. Por otra parte, el papel de los factores socio-económicos tales como las prioridades locales, la salud humana y los valores socio-culturales, determinarán el balance de estos recursos en función de la seguridad alimentaria (FAO, 2006). De lo anterior se deduce la importancia de contar con una gestión eficiente y flexible a lo largo de la cadena de valor de la actividad.

En el país, las estrategias de Desarrollo Local se conciben como procesos participativos donde los factores son convocados por el Gobierno municipal y bajo su dirección se organizan e implementan acciones que movilizan los factores locales en beneficio directo de su población para alcanzar un mercado seguro y estable para los productores, una oferta más amplia de productos a precios accesibles para la población y la creación de puestos de trabajo, incentivando las formas de agricultura familiar o cooperadas.

El Programa Nacional de Desarrollo Local está vinculado a tres prioridades nacionales asociadas a la seguridad alimentaria: la producción de alimentos para consumo humano y animal, el enfrentamiento al CC y el agua. Pretende alcanzar el autoabastecimiento municipal, aprovechando la participación del sector no estatal y facilitando los mecanismos para su inserción directa en la gestión del desarrollo local. El carácter participativo y local de este escenario puede contribuir a reducir los desequilibrios territoriales; al cambio técnico inducido por la innovación y la difusión tecnológica para beneficio del desarrollo empresarial; al cambio de los hábitos de consumo de alimentos, y a establecer el balance calidad-precio adecuado para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Las empresas agropecuarias trabajan hasta cerrar el ciclo con la comercialización de productos frescos, los que se procesan por diferentes industrias. Los residuos son procesados para obtener materia orgánica, biogás y otras formas de energía. Los granos y semillas son conservados y secados. El traslado de materiales se realiza por carretera y vías ferroviarias.

Varios ejemplos exitosos de esta estrategia están en ejecución: (1) el programa de *Optimización de las cadenas de valor de leche, carnes y diferentes cultivos*; (2) el *Programa de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar*; (3) el *Proyecto de Innovación Agropecuaria Local* (PIAL); y (4) las *Estrategias Ambientales Territoriales*. Estas últimas particularizan la acción local para preservar los logros ambientales alcanzados y conducir nuevas acciones para el desarrollo sostenible. Han contribuido a formar capacidades humanas locales, a la reforestación, a la recuperación de suelos agrícolas abandonados y a favorecer la seguridad alimentaria local.

VI. Consideraciones de salud

Al cierre del año pasado, los indicadores de salud arrojaron un índice de natalidad de 11.1/1000 hab y 99.9% de nacidos vivos en instituciones de salud; la tasa de mortalidad total de la población es de 8.9/1000 hab y la de niños <1 año asciende a 4.3/1000 nacidos vivos; las dos principales causas de muerte en todas las edades son las enfermedades del corazón (218.3/1000 hab) y los tumores malignos (215/100 mil hab), seguidas por las enfermedades cerebrovasculares (82.6/100 mil hab) (MINSAP, 2015).

Durante los últimos 50 años, Cuba ha establecido un programa de protección social entre los más integrales del mundo, que ha permitido elaborar planes de acción para erradicar o minimizar

los problemas alimentarios y nutricionales más importantes identificados por el Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional y por encuestas de salud y consumo de alimentos nivel nacional: (1) alta prevalencia de anemia por deficiencia de hierro en embarazadas y menores de cinco años de edad; (2) tendencia al Incremento del sobrepeso y la obesidad; (3) baja prevalencia de lactancia materna exclusiva; (4) problemas de disponibilidad de alimentos en épocas de desastres (huracanes y sequía); (5) deficiente cultura alimentaria, y (6) problemas alimentarios y nutricionales asociados al envejecimiento.

El Sistema de Vigilancia detecta y controla los brotes de intoxicaciones alimentarias y se investiga en la evaluación de peligros microbiológicos en alimentos de origen animal con recomendaciones para mejorar los procesos de producción; diagnóstico de patógenos en alimentos para el consumo animal y humano; se estudian los peligros, vulnerabilidades y riesgos para plagas y enfermedades con impacto en los órdenes sanitario, social, ambiental y económico; y metodologías toxicológicas y ecotoxicológicas para ensayos preclínicos de nuevos productos.

VII. Políticas para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional

Las proyecciones de las políticas relacionadas con el objetivo de alcanzar los niveles de producción y comercialización agropecuarias para elevar el grado de seguridad alimentaria y nutricional de la población y la calidad de vida se encuentran contenidas en el *Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030* (PCC, 2016).

Proyección de las políticas en esta esfera

Uno de estos retos es la elevada dependencia de la importación de alimentos que hace que su adquisición represente una parte importante del gasto de la mayoría de las familias cubanas (Anaya y García, 2016). A ello se suma que los precios no regulados por el Estado son altos en alimentos como frutas, vegetales, frijoles y fuentes de proteína animal, con el consiguiente consumo de productos que conducen a la obesidad y a otros problemas de salud asociados. El tratamiento de este problema es de alta prioridad y requiere un enfoque sistémico en medio de las transformaciones socioeconómicas en marcha, dirigido a: 1) elevar la producción, productividad, competitividad, comercialización y sostenibilidad ambiental y financiera de las cadenas productivas agroalimentarias de los cultivos priorizados no-cañeros, y de la agroindustria azucarera y sus derivados; 2) desarrollar una agricultura sostenible, basada en una gestión integrada de la CTI y un nuevo modelo de gestión empresarial para garantizar el uso productivo de los resultados, así como un mejor aprovechamiento de las capacidades disponibles y las diversas escalas productivas que permitiría un salto en la actividad así como la generación de empleo en la población local; 3) priorizar la conservación, protección y mejoramiento de los recursos naturales; 4) recuperar la producción de cultivares y especies de calidad; 5) promover el uso de bioproductos nacionales; 6) desarrollar un programa integral de mantenimiento, protección, conservación y fomento de las de las cuencas hidrográficas, en las presas, las franjas hidro-reguladoras, las montañas y las costas; 7) incrementar la eficiencia de las pesquerías cumpliendo con la calidad de las capturas y preservar el medio marino y costero; 8) desarrollo de la acuicultura con técnicas modernas de cultivo.

Cuestiones referidas al comercio internacional y desafíos del mercado

El país, debido a múltiples factores, tiene muy escasas ventajas comparativas en productos alimenticios. Exceptuando las exportaciones de azúcar, en la mayoría de los otros productos el volumen es pequeño o muy pequeño y concentrado en muy pocos países y mercados.

En el ámbito externo se requieren políticas para ampliar y consolidar los mecanismos de protección de precios de los productos agrícolas y alimentarios que Cuba comercializa, como azúcar y café. En el contexto actual y previsible, en que los productos básicos (incluidos alimentos) han disminuido sus precios, se deben potenciar las exportaciones y la generación de ingresos, y disminuir la alta dependencia de financiamiento que hoy se cubre con los ingresos de otros sectores; aplicar los sistemas de calidad de las normas establecidas

y las exigencias de los mercados para garantizar la inocuidad de los alimentos y una nutrición saludable; y sistematizar la identificación de nuevos escenarios productivos, tomando en cuenta las costumbres, hábitos alimentarios y otras condiciones, como por ejemplo, los alimentos agroecológicos.

A lo interno, las políticas deben conducir a adecuar a la demanda la producción agroalimentaria y a la transformación de la comercialización, la reestructuración del actual sistema de comercialización de los insumos y equipamiento para el agro, acordes con el nuevo escenario de la actividad agroalimentaria y los mecanismos financieros que se implanten.

Sobre las distorsiones provocadas por los subsidios y otros instrumentos de política agrícola

Cuba debe sopesar los retos y oportunidades derivados del contexto comercial internacional para elegir las opciones de forma responsable y cuidadosa. Es importante capitalizar los beneficios del principio de Trato Especial y Diferenciado (TED), a través del cual los países en desarrollo obtienen privilegios y pueden hacer reformas según su capacidad y sus necesidades de desarrollo.

En la medida en que aumente la importación de alimentos subvencionados, deben proveerse apoyos para ajustar que los agricultores sean sensibles a las nuevas políticas y formas de comercio, evitar su afectación y fomentar en lo posible la producción desplazada debido al comercio subvencionado.

Se plantea el cambio de la política de subsidios de productos por la de subsidios a personas con necesidades específicas.

Políticas de innovación tecnológica y la formación de recursos humanos

Se considera que el cambio técnico propulsado por la innovación y la difusión tecnológica es la fuerza impulsora más importante de la seguridad alimentaria y nutricional, y para la reducción de la pobreza en los países en desarrollo. El país deberá poner en marcha políticas y programas que propicien interacciones constructivas entre los investigadores y las empresas (estatales y formas de producción no estatales). Se requiere un proceso amplio y sostenido de difusión tecnológica en toda la sociedad.

Debe tenerse en cuenta que todas las políticas sectoriales y globales que se apliquen, ya sean estas de salud, educación, empleo, agricultura o tributaria, tengan un impacto positivo en el desempeño científico y tecnológico nacional.

Más allá de una visión estrecha de desarrollo económico, Cuba necesita emplear el personal y los resultados de la CTI para poder afrontar los problemas sociales.

Además de centrarse en habilidades de alto nivel, se debe fortalecer las carreras técnicas profesionales en áreas como el diseño, la logística y la gerencia, lo que implicará cambios en las prioridades de financiación dentro de la educación superior. Elevar el nivel de innovación empresarial requerirá una mayor inversión en capital humano y en la incorporación de personal calificado en las actividades empresariales asociadas a un alto componente de conocimiento que requieren soluciones innovadoras. La política debe fomentar la movilidad entre empresas y organismos públicos de investigación, facilitar las prácticas de estudiantes en la industria y promover una mayor inversión de las empresas en recursos humanos.

En el diseño de políticas dirigidas al sector agroalimentario cubano, muy sensible a los efectos de las políticas fiscal y monetaria aplicadas, es importante considerar la incidencia de las políticas macroeconómicas. Por ejemplo, en términos monetarios, un tipo de cambio más objetivo podría crear los incentivos para sustituir importaciones y promover exportaciones, con la consiguiente influencia positiva en la rentabilidad del sector.

VIII. Conclusiones

Cuba es un Estado en desarrollo que por su insularidad y ubicación geográfica es vulnerable al impacto de los cambios climáticos y de algunos desastres naturales, así como a los cambios globales de la economía mundial. El presente capítulo destaca las principales fortalezas y retos de Cuba en cuanto a su seguridad alimentaria y nutricional para mediados del presente siglo (Epígra-

fe I). Se presenta la infraestructura de ciencia, tecnología e innovación (CTI) con que cuenta el país para su desarrollo socioeconómico y las medidas vigentes para su gestión (Epígrafe II). Se analiza el estado actual de los recursos naturales, las principales causas que amenazan su conservación, las tendencias previsibles de su evolución y las principales medidas institucionales y legales aplicadas para frenar su deterioro (Epígrafe III). El papel de la CTI en el presente, en un futuro cercano (2017-2030) y a más largo plazo, hasta mediados de este siglo (2030-2050), también es tratado (epígrafes IV-VI).

La producción agropecuaria se sostiene desde hace dos décadas con la aplicación de los resultados de la CTI tales como las semillas y razas, los insumos y sistemas de manejo agrícola y medios de control sanitario y veterinario. A partir de la grave crisis económica de la década de 1990 se indujo un cambio hacia la sostenibilidad, impulsado por las nuevas biotecnologías aplicadas en el sector agropecuario. No obstante esto, persiste la dependencia de la importación de alimentos con consecuencias negativas para la seguridad alimentaria y nutricional, lo que pudiera verse agravado en el futuro dada la esperada competencia por el uso del agua y la tierra, y el pronóstico de las afectaciones asociadas del cambio climático (CC). Se han trazado nuevos objetivos de CTI, actualmente en ejecución, para elevar los rendimientos potenciales, y otros programas como los de desarrollo local para optimizar las cadenas de valor de los principales productos agrícolas y sentar las bases de un nuevo modelo de gestión empresarial, que permita fortalecer las capacidades disponibles en el país, reconocer las diversas escalas productivas y contribuir a promover la innovación y la difusión tecnológica.

Se resalta la necesidad de priorizar el conocimiento de los mecanismos fisiológicos de la adaptación ante los efectos cambiantes en espacio y tiempo asociados al CC, y acelerar la obtención de nuevos materiales genéticos y bioproductos con la aplicación de nuevas tecnologías.

Se relacionan las principales políticas que apoyan el sector agroalimentario, los desafíos del mercado internacional para ampliar el comercio y las políticas recomendadas para promover la innovación tecnológica, la formación de recursos humanos con una mejor preparación empresarial y el fortalecimiento de la infraestructura actual dedicada a la CTI. Puesto que las soluciones de hoy pudieran no bastar para enfrentar los retos del mañana, se recomienda evaluar oportunamente el impacto de todas las políticas sectoriales y globales que se apliquen en el desempeño del sector agropecuario, sobre todo en lo referido a su desarrollo científico y tecnológico.

La coincidencia entre los objetivos actuales y futuros de la CTI en materia de conservación de medio ambiente y de seguridad alimentaria, y los de estos con las políticas dictadas en su apoyo, no es casual ni forzada; por el contrario, es el resultado del diseño conjunto e integrado de tres sectores básicos: el medio ambiental, el agroalimentario y el económico, basado en la experiencia adquirida en torno al desarrollo sostenible de la sociedad cubana confeccionado durante el período 2011-2016.

Bibliografía

Aguilar, Y., Calero, B., Rodríguez, D. y Muñiz, O. (2015). Cuba's polygon program agricultural land rehabilitation. Current Opinion in Environmental Sustainability. 15: 72-78.

Anaya, B. y García A. (2016). El sector agropecuario cubano en la actualización. *Boletín Semestral. Centro de Estudios de la Economía Cubana,* enero-junio. La Habana.

Baisre, J.A. y Arboleya, Z. (2007). Going against the flow: Effects of river damming in Cuban fisheries. *Fisheries Research* 81: 283-292.

CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente) (2012). *Informe de Cuba a la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible 'Río +20'.* Elaborado por 9 entidades del CITMA en colaboración con la Dirección de Asuntos Multilaterales del Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Comercio Exterior y la Asociación Cubana de las Naciones Unidas. La Habana, 2012.

CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba) (2014). *V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica.* La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-270-340-7

CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba) (2015). Programas de Ciencia, Tecnología e Innovación. Ciudad de La Habana, septiembre de 2015, 123 pp.

Cornide, M. T. *et al*. (2006). *Las Investigaciones Agropecuarias en Cuba, Cien años después*. M. T. Cornide (Ed.). Editorial Científico-Técnica, Instituto del Libro, La Habana, 2006, 323 pp. (ISBN959-05-0394-2).

Borroto Leal, O. *et al*. (2011). Análisis de los Premios de la Academia de Ciencias de Cuba. Sección de Ciencias Agrarias y de la Pesca (1996-2010). [Publicación electrónica] *Anales ACC*, 1: (1), 30 pp.

Fontova de los Reyes *et al*. (2012). *Recursos hídricos en Cuba. Una visión.* En: P. L. Dorticós, M. Arellano y J. M. García Fernández (Eds.), *Diagnóstico del Agua en las Américas* (pp. 245-265). Coordinadores: Blanca Jiménez Cisneros y José Galizia Tundisi, Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. ISBN: 978-607-9217-04-4.

Instituto de Suelos de Cuba (1999). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba,* MINAG, AGRINFOR, 64 pp. ISBN 959-246-022-1.

Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREX) (2016). *Informe de Cuba. Sobre la resolución 70/5 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, titulada "Necesidad de poner fin al bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por los Estados Unidos de América contra Cuba".* Junio de 2016, MINREX, 45 pp.

Ministerio de Salud Pública (MINSAP) (2015). *Anuario Estadístico de Salud.* Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud. La Habana, 2016. ISSN versión impresa 1561-4425.

Nova, A. (2016). El mercado agropecuario: Políticas e impactos. *Cubadebate*. Publicación Online, 1 julio 2016.

Rodríguez, J.L. (2016). Una primera mirada a la economía cubana: resultados de 2015 y perspectivas de 2016 (I, II, III, IV). *Cubadebate*, enero-abril. Publicación online. La Habana.

Oficina Nacional de Estadística e Información de la República de Cuba (ONEI) (2016): (a) *Panorama Ambiental. Cuba 2015.* Edición, Julio 2016; (b) *Educación: Resumen del curso escolar 2014/2015 e inicio del curso escolar* 2015/2016. Edición mayo 2016; (c) *Panorama Uso de la Tierra.* Cuba, 2015. Edición, mayo de 2016.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2006). *World agriculture: towards* 2030/2050. Interim report, Global Perspective Studies Unit. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Partido Comunista de Cuba (PCC) (2016). *Proyecto de Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista; Proyecto de Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores estratégicos; Lineamien-*

tos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 (aprobados por la Asamblea Nacional del Poder Popular, en julio de 2016). Séptimo Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana, abril, 2016.

Planos G.E. (2014). Síntesis informativa sobre impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. *Basal* (Bases Ambientales para Sostenibilidad Alimentaria Local) 26 pp. ISBN: 978-959-300-044-4; 2014.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2015). Panorama general Informe sobre Desarrollo Humano. 2015. Trabajo al servicio del desarrollo humano. https://goo.gl/HBc5Xg

Agradecimientos

Tuvieron una activa participación en la elaboración y discusión del contenido de esta consulta en calidad de coautores, los académicos **Arnaldo Álvarez** del Instituto de Investigaciones Forestales, Ministerio de Agricultura (MINAG); **Mario P. Estrada** del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB); **Sergio Jorge Pastrana** de la Academia de Ciencia de Cuba (ACC); y **Olegario Muñiz** del Instituto de Suelos, MINAG.

Asímismo, los siguientes expertos: **Julio A. Baisre** del Instituto de Oceanología, CITMA; **Faustino Cobarrubia** del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM), CITMA; **María Felicia Díaz** del Instituto de Ciencia Animal (ICA); **Lianne Fernández** del Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical 'Alejandro de Humboldt' (INIFAT), MINAG. **Marisol González** de la Dirección CTI, Ministerio de Educación Superior (MES); **Abel Hernández** del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB); **Julián Herrera** del Instituto de Investigaciones Agrícolas, MINAG; **Mayuly Martínez** del Instituto de Ciencia Animal (ICA); **Rodobaldo Ortiz** del Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA), MES; **Luis Paz y Eduardo Planos** del Instituto de Meteorología (INSMET), CITMA; **Jonathan Quirós** del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM), CITMA; **Iván Relova** de CUBAENERGÍA, CITMA; **Armando Rodríguez** del Centro de Nutrición, Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología Médica, Ministerio de Salud Pública; **Odalys Uffo** del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), MES. **Antonio Vantour** de la Dirección de CTI, CITMA; y **Daysi Vilamajó** de la Agencia de Medio Ambiente (AMA), CITMA.

Aportaron valiosas observaciones al documento en calidad de consultantes, los académicos y doctores: **Gisela Alonso** de la Agencia de Medio Ambiente (AMA), CITMA; **Ondina León** del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), MES; **María del Carmen Pérez** del Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA), MES; **Adolfo Rodríguez** del Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical 'Alejandro de Humboldt' (INIFAT), MINAG; **José Luis Rodríguez** de la Facultad de Economía, Universidad de La Habana (UH). MES; así como los doctores **Mercedes Arellano** de la Agencia de Medio Ambiente (AMA), CITMA; **Olimpia Carrillo** de la Facultad de Biología, UH, MES; **René Florido** del Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA), MES; **Anicia García** de la Facultad de Economía, Universidad de La Habana (UH), MES; **Alexander Miranda** del Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA), MES; **Armando Nova** del Centro de Investigaciones de Economía Internacional, UH, MES; y **Aída Ramírez** del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, MINAG.

También contamos con la colaboración del doctor **Julio A. Larramendi,** Director editorial de Ediciones Polymita, Cuba, quien aportó el maravilloso paisaje que se presenta al inicio de este capítulo.

A todos, nuestro reconocimiento, pues sin su valiosa y desinteresada colaboración esta tarea habría sido aún más difícil.

Seguridad alimentaria y nutricional de Ecuador

Vista de un mercado de alimentos en la provincia de Azuay, Ecuador © Shutterstock

Ecuador

[1] Jenny Ruales
[2] Nikolay Aguirre
[3] Charles W. Barnes
[4] María Eugenia Ordóñez

Resumen

El Ecuador tiene tres regiones naturales distintas (Litoral, Andina y Amazónica), y una gran diversidad de ecosistemas. Las Islas Galápagos también pertenecen a Ecuador. El sector petrolero representa más de la mitad de los ingresos de exportación del país. Sin embargo, es un país primordialmente agrícola. Según los patrones del uso de tierra, el Ecuador no es autosuficiente en alimentos y el acceso por parte de la población también es limitado. La deficiencia de hierro es el problema más prevalente y además hay niveles moderados de deficiencias de vitamina A y zinc. Mediante programas de fortificación de sal, se ha logrado erradicar la deficiencia de yodo. Por otra parte, problemas de obesidad se han detectado incluso entre la población infantil. La inocuidad alimentaria ha mejorado desde hace una década en todo el país.

El Ecuador es relativamente vulnerable a efectos de desastres naturales como erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, terremotos, y al cambio climático.

Tecnologías simples, efectivas, y de bajo costo podrían incrementar significativamente el rendimiento de ciertos cultivos. La disponibilidad de agua es suficiente para procesos agroindustriales, así como la calidad, pero se requiere procesos de gestión para conservarla. Ecuador tiene la oportunidad de ampliar sus mercados a Europa y países del Asia, siendo el mayor desafío incrementar la producción y con costos de productos competitivos y diferenciados. La dotación permanente de recursos y apoyo a la investigación tanto básica como aplicada es necesaria.

Ecuador: país megadiverso y con potencial, pero con retos para su futuro en seguridad alimentaria. Además, el uso y desarrollo de productos biotecnológicos contribuirán a que el Ecuador alcance la seguridad alimentaria

I. Características nacionales

El Ecuador es un país esencialmente agrícola. La agricultura representó 24.5% del empleo en 2014. Sin embargo, el menor crecimiento en cuanto al Producto Interno Bruto (PIB) se dio en la agricultura y la minería, con el mayor crecimiento en el sector de la construcción y servicios. El 8.9% del PIB total de Ecuador fue generado por la agricultura, caza, silvicultura y pesca, mientras que fue menor por concepto de electricidad, gas y agua. Los trabajadores del sector agropecuario tuvieron un ingreso 44.3% menor que el promedio de la economía (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2014a).

a. Geografía del Ecuador

El Ecuador se ubica en el noroeste del continente sudamericano. Cubre un área de 283,561 km², incluidas las islas Galápagos. Limita con Colombia hacia el norte y con Perú hacia el sur y este. Posee un clima tropical hacia la costa y zona amazónica, y templado en tierras más altas de la cordillera de Los Andes.

Inventario de tierras cultivables

Las tierras agrícolas representan 29.7% del total de tierras en Ecuador. Esto incluye tierras cultivables (4.7%), cultivos permanentes (5.6%) y praderas y pastos permanentes (19.4%). El área restante corresponde 38.9% a bosque y 31.4% a otras tierras que no son agrícolas o de bosque (Agencia Central de Inteligencia [CIA], el World Factbook, 2017). La contribución de la agricultura al PIB de Ecuador está entre 6.1% (CIA, 2017) o 9.6% (Banco Mundial, 2017). Sin embargo, el porcentaje de la mano de obra que trabaja en agricultura es de 27.8%. El 81% del uso total de agua dulce del país es para la agricultura (CIA, 2017).

Heterogeneidad del paisaje y medioambiente

El Ecuador tiene tres regiones naturales distintas: Litoral, Andina y Amazónica. Se han identificado 91 tipos de ecosistema en el Ecuador continental, 24 para el litoral, 45 para la región Andina y 22 para la región Amazónica (Ministerio del Ambiente [MAE], 2013). Además, el Ecuador cuenta con 21 ecosistemas marinos y costeros de los 27 reconocidos a nivel mundial. Sin embargo, el Ministerio del Ambiente menciona que no se conoce mucho acerca del estado de conservación de estos ecosistemas, sin especificar las causas para ello (MAE, 2015: 30). Las Islas Galápagos son únicas y generalmente no están incluidas en este tipo de descripciones.

b. Datos demográficos y tendencias futuras

La mayoría de los ecuatorianos (57%) vive en zonas urbanas, mientras que 43% vive en zonas rurales. El grupo étnico más grande en Ecuador es el mestizo, es decir, gente con una mezcla de ascendencia española y amerindia. Los mestizos representan 65% o más de la población, pero hay 28 nacionalidades diferentes. La esperanza de vida promedio para todas las nacionalidades es de 71.89 años (http://www.ecuador.com.demographics/). Hasta julio de 2016, la población estimada de Ecuador fue de 16'080,778 personas, con una tasa de crecimiento anual de 1.31% (CIA, 2017). Bajo esta tasa de crecimiento, la población del Ecuador llegaría a 30'833,000 habitantes en los próximos 50 años.

c. Población sufriendo de inseguridad alimentaria y desnutrición

Una porción importante de la población no tiene una nutrición apropiada. En 2015, 10.9% de la población sufrió de malnutrición, pero hubo una disminución en comparación con 19.4% de la población desnutrida en 1991. Para 2012, 6.4% de los niños menores de 5 años sufrían de bajo peso, lo que corresponde a un valor ligeramente mayor al de 2004 de 6.2% (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017a). Sin embargo, según Freire *et al*. (2014), existe un aumento dramático en el número de ecuatorianos con sobrepeso y obesidad, particularmente en mujeres en edad reproductiva, mientras que las tasas de deficiencias nutricionales no han disminuido. En más de 13% de los hogares, una madre con sobrepeso vive con un niño con retraso de crecimiento, y un tercio de las mujeres en edad reproductiva sufre de sobrepeso y deficiencia de zinc. Los autores sugieren que la "doble carga" de personas y hogares con sobrepeso y malnutrición resulta del excesivo consumo de carbohidratos (arroz) y la baja ingesta de frutas y vegetales.

Existen diferentes formas de agricultura, dependiendo del cultivo y de la región donde se cultiva. Las frutas, por ejemplo, son producidas en grandes plantaciones industriales para exportación en las tierras bajas tropicales occidentales, mientras que en las tierras altas existen pequeñas granjas de producción para el mercado local, y en la región Amazónica se da agricultura de subsistencia. Según el último censo agropecuario publicado en 2002, fincas con extensiones menores a

[1] **Jenny Ruales,** Coordinadora del capítulo, Escuela Politécnica Nacional (EPN), jenny.ruales@epn.edu.ec [2] **Nikolay Aguirre,** Universidad Nacional de Loja, nikolay.aguirre@gmail.com [3] **Charles W. Barnes,** Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), cbarnes333b@gmail.com [4] **María Eugenia Ordóñez,** Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), meordonez@puce.edu.ec

5 hectáreas (ha) representan 63% de todas las fincas, ocupando solamente 6.3% de la tierra agrícola, mientras que aquellas fincas sobre las 200 ha representaron 0.78% de todas las fincas, ocupando 29% del total de la tierra agrícola. Fincas de tamaños intermedios ocupan entre 14 y 19% de la tierra agrícola (FAO, 2006).

d. Principales cultivos de acuerdo a su producción en toneladas

Según la información más reciente disponible en FAOSTAT (http://www.fao.org/faostat/es), los diez principales cultivos en el Ecuador –según millones de toneladas de producción en 2014– se muestran en la **Figura 1**. En la **Tabla 1** se listan los valores en millones de toneladas de los principales cultivos, y los cambios promedio en producción durante los últimos 5 y 20 años. Maíz, aceite de palma, cacao y quinua tuvieron un aumento significativo en toneladas cosechadas en los últimos 20 años, mientras que café verde, cebada y trigo sufrieron la mayor disminución en área y toneladas cosechadas.

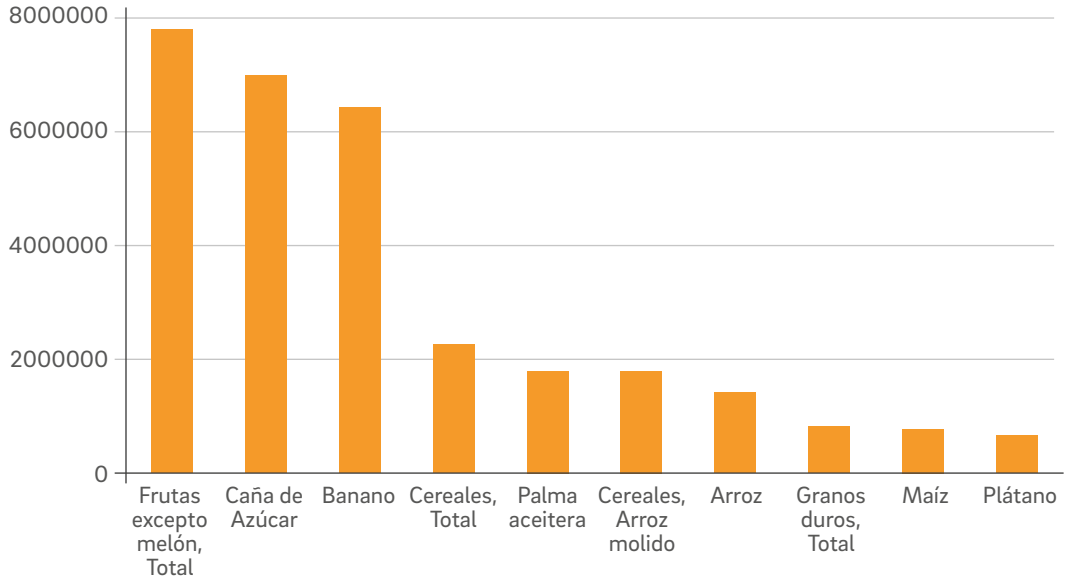
En el caso de banano, del total del área sembrada, solo 14, 33 y 34% reciben riego, fertilización y control de plagas, respectivamente, es decir, 60% del área no tiene acceso a tecnología. Ecuador es el tercer productor de banano por peso, pero es el primer productor en cuanto a la cantidad de dólares generados por exportaciones. El país proporciona 26.5% del mercado mundial de banano según su valor en dólares. Los países de América Latina y el Caribe son responsables de 59.3% de las ventas mundiales de banano.

e. Agricultura animal

Al igual que los cultivos de plantas, el número de cabezas de muchos animales vivos ha disminuido desde 1995 a 2014. Ovinos y caprinos han disminuido en más de 50% y solo gallinas han aumentado significativamente (164%) en los últimos 20 años (**Tabla 2**). La economía y las enfermedades han jugado un papel importante en la producción en el Ecuador. Según el Servicio de Agricultura Exterior del Departamento de Agricultura de EUA, el ganado vacuno ecuatoriano ha disminuido en número de 2010 a 2013, en parte, debido a los bajos precios de la carne de vaca (https://www.fas.usda.gov/data/ecuador-ecuador-livestock).

Réditos económicos pueden influenciar a los ganaderos para realizar cambios en su producción. Además, la presencia de la fiebre aftosa ha contri-

Figura 1. Productos ecuatorianos de mayor producción en toneladas (1995-2014)



Fuente: FAO, 2017b (últimos datos disponibles al 6 de marzo de 2017).

Tabla 1. Áreas (en hectáreas) y toneladas producidas de cultivos individuales en el Ecuador desde 1995 a 2014, y su cambio en los últimos 20 y 5 años

Cultivo	1995	2010	2014	% cambio en 20 años	% cambio en 5 años
Caña de azúcar					
Ha cosechadas	106,210	106,928	96,892	-8.8%	-9.4%
Toneladas cosechadas	6,750,000	8,347,182	8,251,306	22.2%	-1.1%
Banano					
Ha cosechadas	227,910	215,647	182,158	-20.1%	-15.5%
Toneladas cosechadas	5,403,304	7,931,060	6,756,254	25.0%	-14.8%
Aceite de palma-Fruta					
Ha cosechadas	91,010	193,502	272,011	198.9%	40.6%
Toneladas cosechadas	1,025,310	2,850,465	3,468,510	238.3%	21.7%
Arroz					
Ha cosechadas	395,600	393,137	354,136	-10.5%	-9.9%
Toneladas cosechadas	1,290,518	1,706,193	1,379,954	6.9%	-19.1%
Maíz					
Ha cosechadas	511,010	440,346	485,696	-5.0%	10.3%
Toneladas cosechadas	556,558	984,096	1,667,704	199.6%	69.5%
Papa					
Ha cosechadas	65,980	44,245	33,208	-49.7%	-24.9%
Toneladas cosechadas	473,204	386,798	421,061	-11.0%	8.9%
Café verde					
Ha cosechadas	384,010	144,931	35,483	-90.8%	-75.5%
Toneladas cosechadas	148,205	31,347	4,225	-97.1%	-86.5%
Cacao					
Ha cosechadas	349,370	360,025	372,637	6.7%	3.5%
Toneladas cosechadas	85,505	132,100	156,216	82.7%	18.3%
Cítricos					
Ha cosechadas	4,500	6,463	7,327	62.8%	13.4%
Toneladas cosechadas	24,212	20,776	19,516	19.4%	-6.1%
Trigo*					
Ha cosechadas	28,430	8,533	6,082	-78.6%	-28.7%
Toneladas cosechadas	19,763	7,605	6,814	-65.5%	-10.4%
Cebada					
Ha cosechadas	48,680	26,374	15,688	-67.8%	-40.5%
Toneladas cosechadas	31,683	18,733	14,490	-54.3%	-22.6%
Quinoa					
Ha cosechadas	800	2,034	4,122	415.3%	102.7%
Toneladas cosechadas	408	1,644	3,711	809.6%	125.7%

Fuente: FAO, 2017b.

* En 1969 había 100,231 ha de trigo; para 2014, solo 6% del área permanece con trigo.

buido a la disminución del número de cabezas de ganado. En 2014, el número de cabezas de ganado en Ecuador se estimó en función del número de animales vacunados contra la fiebre aftosa. Con base en el éxito de las vacunaciones, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) ha declarado al Ecuador libre de fiebre aftosa, hecho que dio como resultado un aumento de las importaciones de ganado vivo, y planteó el objetivo de incrementar el ganado nacional para eventualmente comenzar con la exportación de carne de vaca, que se estima será para 2017.

f. ¿Es el país autosuficiente en agricultura?

No. Según los patrones del uso de la tierra, el Ecuador no es autosuficiente en alimentos (Fader, Gerten, Krause, Lucht y Cramer, 2013). Sobre la base del modelo utilizado en este estudio, para el año 2000 el Ecuador carecía de suficiente tierra para producir lo que se consume en el país. El modelo proyecta que para 2050 el Ecuador tendría que optimizar el manejo de los cultivos para lograr el mayor rendimiento posible para alcanzar la autosuficiencia. Sin embargo, esto se aplicaría únicamente bajo escenarios de crecimiento de población más bajos. Esto contrasta con la situación de otros países que o ya son autosuficientes o pueden llegar a serlo –ya sea aumentando la productividad o expandiendo el uso de tierra y agua–, o que tal vez necesiten expandir el uso de tierra y agua, o que no les es posible convertirse en autosuficientes (Fader *et al*., 2013).

g. Principales mercados y productos de exportación/importación

Los valores totales de exportación e importación para Ecuador fueron de US$ 27.4 billones cada uno, con una balanza comercial positiva de US$ 23.8 millones. El petróleo crudo representa casi 50% de las exportaciones totales del país, mientras que el banano es el principal cultivo de exportación, con 12% del total de exportaciones del Ecuador. Es importante destacar que Ecuador es el líder en exportaciones de banano con 26% del total a nivel mundial, como se mencionó anteriormente, seguido por Filipinas con 15% y Colombia con 7.8%. Sobre la base del valor de la RCA (ventaja comparativa revelada), Ecuador exporta 167 veces su participación equitativa en el banano (The Observatory of Economic Complexity [OEC], 2014). Según el valor monetario, las exportaciones de banano de Ecuador fueron de US$ 2.8 billones en 2015, ubicándose primero en el mundo, con Bélgica ocupando el segundo lugar con US$ 958.1 millones (OEC, 2014). Los mayores importadores de productos ecuatorianos en 2014 fueron los EUA (US$ 11.1 billones), Chile (US$ 2.25 billones) y Perú (US$ 1.68 billones) (OEC, revisado en marzo 2017).

Con base en el valor monetario de 2014, después del banano, las mayores exportaciones del Ecuador fueron crustáceos (9.3%), pescado procesado (4.7%), flores cortadas (2.8%) y cacao (2.2%). De los cultivos exportados, después del banano y el cacao, Ecuador exporta extractos de café / té, frutas y frutos secos procesados, harina y pellets de animales, y jugo de frutas. De las exportaciones de banano, 63% fueron a Europa (19% a Rusia), 15% a Norteamérica (13% a EUA) y 12% a Asia (4.2% a China). La mitad del cacao exportado va a América del Norte (39% a los EUA) y 33% a Europa (9.4% a los Países Bajos) (OEC, 2014).

Como se mencionó anteriormente, el valor de las importaciones es igual al de las exportaciones, lo que resulta en una balanza comercial equilibrada. Con base en el valor monetario de 2014, las

Tabla 2. Cambios en la producción de ganado (número de cabezas) desde 1995 a 2014

Ganado	1995	2010	2014	% cambio en 20 años	% cambio en 5 años
Vacuno	4,995,000	5,253,536	4,579,374	-8.3%	-12.8%
Porcino	2,618,000	1,4897,961	1,910,319	-27.0%	-87.2%
Ovino	1,692,000	792,499	619,366	-63.4%	-21.8%
Caprino	295,000	134,825	20,793	-93.0%	-84.6%
Gallinas	61,512	152,926	162,300	163.9%	6.1%

principales importaciones del Ecuador fueron petróleo refinado y aceite de alquitrán a 13% y 8.3% del valor total de los bienes importados, o US$ 3.44 billones y US$ 2.27 billones, respectivamente (OEC, consultado marzo 2017). De los bienes agrícolas, los mayores gastos para productos de origen animal importados fueron pescado congelado sin filetear (US$ 51 millones), huevos (US$ 23.5 millones) y aves (US$ 16.6 millones). De los productos importados a base de plantas, la harina de soya tiene los costos más altos por año con US$ 368 millones, pero se utiliza para la alimentación animal, consumo humano y productos en base de aceite. Después de la harina de soya, el siguiente gasto más grande es la importación de trigo (US$ 240 millones), alimento para animales (US$ 182 millones), café (US$ 92.6 millones) y maíz (US$ 71.1 millones). Los principales países de los cuales el Ecuador importa son EUA con US$ 7.56 billones o lo que equivale a 28% de todas las importaciones, seguido por China con US$ 4.59 billones, Colombia con US$ 1.8 billones y Perú con US$ 901 millones.

Las tendencias de las importaciones y exportaciones deberían considerarse en plazos relativamente largos. Factores económicos tales como impuestos, aranceles, acuerdos comerciales, y factores naturales como plagas, enfermedades, sequía o inundaciones, pueden tener efectos significativos en la producción agrícola en períodos de tiempo relativamente cortos. Además, el efecto de factores naturales puede influir en las regulaciones para la importación/ exportación de productos agrícolas y alimenticios.

h. Posibles fuentes de inestabilidad de la seguridad alimentaria

La FAO reporta una disminución, a lo largo de 10 años a partir de 1998, en el retraso del crecimiento y bajo peso en niños menores de cinco años. La deficiencia de hierro es el problema más prevalente de micronutrientes en Ecuador, que afecta a más de 50% de la población en la mayoría de los grupos de edad, y señala niveles moderados de deficiencias de vitamina A y zinc (FAO, 2010). No obstante, la población indígena se ve afectada de manera desproporcionada. Por ejemplo, 42% de los niños indígenas menores de cinco años sufre de retraso en el crecimiento.

El Ecuador es relativamente vulnerable a efectos de desastres naturales como erupciones volcánicas, inundaciones, sequías y terremotos, y al cambio climático. El terremoto del 16 de abril de 2016, de magnitud 7.8, resultó en la muerte de más de 670 personas y casi 28 mil heridos. El Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas distribuyó alimentos a más de 105 mil personas después del terremoto. Entre los muchos volcanes activos en Ecuador, el volcán Cotopaxi –el segundo volcán activo más grande del mundo– entró en erupción desde agosto de 2015 a enero de 2016. Está ubicado a solo 50 km de Quito, la ciudad capital con aproximadamente 2 millones de habitantes. Además, el Ecuador recibe la mayor afluencia de refugiados en América Latina (World Food Programme [WFP], 2017). Efectos del cambio climático afectarán la disponibilidad de agua y las fluctuaciones/extremos de temperatura, entre otros factores, incluyendo la presencia de especies exóticas invasoras que influirán en la capacidad para cultivar y mantener ciertos cultivos más que otros (Early *et al*., 2016).

i. Mayores retos en la agricultura

Como se indicó anteriormente, los principales retos de la agricultura son la gestión de los recursos hídricos y terrestres para aumentar la productividad (Fader *et al*., 2013).

II. Marco institucional

a. Sistemas Nacionales de Investigación Agrícola

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es la institución gubernamental de investigación agrícola del Ecuador. Existen ocho estaciones experimentales distribuidas en todo el país que tienen programas en arroz, banano, plátano y otras musáceas, cacao, café, caucho, cereales, forestería, fruticultura, ganadería y pastos, leguminosas y granos andinos, maíz, oleaginosas, palma africana, papa, piñón, yuca y camote. Gran parte de los cultivos de clima cálido se dan en ambos lados de la cordillera de los Andes, mientras que cultivos de clima más fresco y cultivos de tierra seca se dan en las tierras altas. El INIAP ofrece una gama am-

plia de servicios asociados con los cultivos de los diversos programas. Estos abarcan desde análisis bastante extenso de suelo y agua, análisis químico de los cultivos mismos, cuantificación e identificación de los microbios en los suelos, plantas y semillas, hasta algunos análisis de ADN, incluyendo secuenciación y generación de marcadores de microsatélites. Los precios y la ubicación de los laboratorios para los servicios están disponibles en línea. Es evidente que, de acuerdo con la información del sitio en línea, INIAP se centra en servicios e investigación para la mejora de la productividad agrícola en el país. Aunque, el sitio web del INIAP no proporciona datos sobre las actividades específicas de investigación o las actividades de sus investigadores. La información sobre publicaciones de investigación, colaboraciones e intereses puede encontrarse en bases de datos públicas como ResearchGate, pero los detalles deben buscarse individualmente.

b. ¿Necesitan las capacidades de investigación un mayor desarrollo?

Sí. En el Ecuador hay dos aspectos fundamentales que afectan al desarrollo de la investigación: uno es la falta de financiamiento y, el otro, es la dificultad de accesibilidad. La investigación es relativamente cara y las nuevas tecnologías aún más. Además, la falta de acceso a nuevas tecnologías e incluso, a menudo, a tecnología común, reduce las oportunidades de generar investigación publicable. El interés por la investigación por parte del personal se deteriora lentamente al igual que la infraestructura y capacidades de investigación. El Ecuador invierte apenas 0.18% de su producción agrícola (PIB-Ag) en investigación, siendo el porcentaje más bajo de gasto en Investigación y Desarrollo de PIB-Ag en América del Sur. En 2013, el último año de datos disponibles, Ecuador tenía solo 11.8 investigadores por cada 100 mil agricultores; únicamente Perú y Bolivia presentaron un número menor (Indicadores de Ciencia y Tecnología Agropecuaria [ASTI], 2013). Los datos utilizados por el sitio Web de ASTI provienen del WorldBank, World Development Indicators. La falta de acceso a la literatura en línea también obstaculiza el desarrollo de la investigación y es debido a la falta de inversión. A partir de enero de 2017, el Gobierno ecuatoriano ha comenzado a buscar y evaluar opciones para el acceso a servicios de literatura en línea para sus empleados, como por ejemplo SpringerLink. Sin embargo, incluso con acceso a literatura actualizada, todavía existe dificultad en la lectura y comprensión de los artículos escritos en inglés, y/o una falta general de material traducido al español. El acceso por sí solo no mejorará mucho la productividad y las actividades de investigación.

c. Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

Ecuador cuenta con un sistema establecido para promover acuerdos de colaboración en investigación entre instituciones gubernamentales, no gubernamentales e internacionales. La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología ha financiado estudios de posgrado para ecuatorianos en el extranjero. En ocasiones, la investigación para las tesis de los estudiantes ecuatorianos se lleva a cabo en el Ecuador. Como consecuencia, estas tesis estudiantiles establecen proyectos de colaboración internacional que, a su vez, fomentan otros estudios de postgrado y nuevos proyectos de colaboración.

d. Acceso y mantenimiento de bases de datos de seguimiento de sistemas agrícolas

El INIAP brinda bases de datos en su sitio web pero éstas no son actualizadas periódicamente y existen categorías sin datos, como por ejemplo la lista de publicaciones. Sin embargo, otros sitios web gubernamentales ofrecen diversos datos. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) (2017a), ofrece bases de datos amplias y actualizadas y videos de instrucción sobre precios de productos, censos y encuestas, producción y diversos costos de producción como agroquímicos, pero solo para los principales cultivos en el Ecuador. La Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2013) también proporciona bases de datos de búsqueda de información sobre las guías sanitarias para la importación, exportación y tránsito de productos agrícolas dentro del país. Igualmente, las bases de datos parecen estar limitadas a los principales cultivos y animales. Sin embargo, éstas son fáciles de usar y proporcionan información relevante para los agricultores, empresas o investigadores que necesitan transportar productos agrícolas.

e. Universidades e Institutos de Investigación

El actual Gobierno ecuatoriano inició un programa para calificar y certificar a las universidades y centros de educación superior del país. El Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES, 2016) lista un total de 52 universidades y escuelas politécnicas certificadas en el país. Para asegurar y mejorar la calidad de la educación, el CEAACES evaluó a todas las instituciones de educación superior con base en las normas establecidas por el Gobierno y evaluadas por comités de evaluadores externos. Posteriormente, todas las universidades y escuelas politécnicas fueron colocadas en cuatro categorías: A-D, siendo A el rango más alto. Hay seis universidades de pregrado con una categorización de A, 26 en categoría B, 16 en categoría C y cuatro en categoría D. Un sitio web independiente (altillo.com copyright 2016), había listado 72 universidades y colegios en Ecuador, organizados por provincia y como privadas o públicas. El sitio menciona un total de 30 universidades públicas y 42 universidades y colegios privados, con cinco instituciones públicas y 14 privadas que ofrecen formación en línea o a distancia. La mayoría de las provincias menos pobladas tienen una sola universidad pública. Las universidades de las provincias de las grandes ciudades de Cuenca, Guayaquil y Quito son generalmente 75% o más instituciones privadas. Sin embargo, todavía se mantiene el mismo sistema de categorización del Gobierno. Las QS Top Universities (topuniveristies.com, 2017) también reportan más de 70 universidades en Ecuador con más de 61 mil estudiantes matriculados. Estos datos se refieren a centros de educación superior en general para el Ecuador.

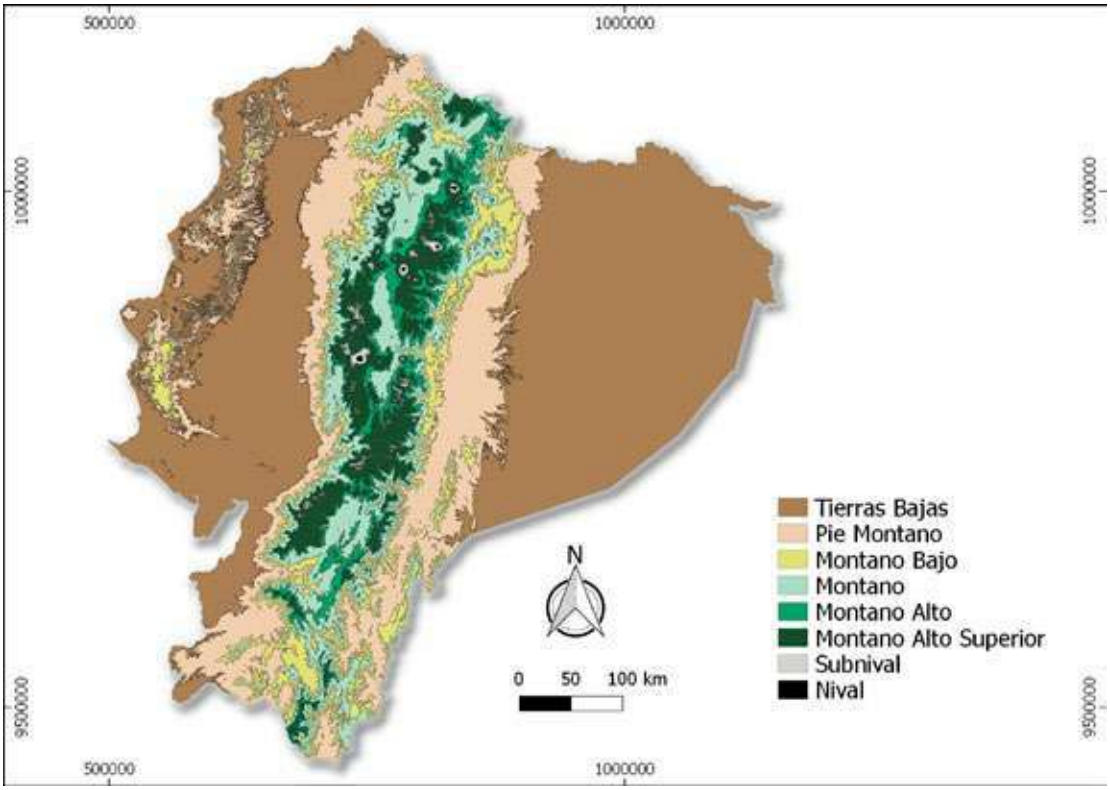
Las evaluaciones por parte del CEAACES han ejercido presión en las universidades para incrementar su producción científica. Si se considera el número de publicaciones como una medida del avance de la investigación del Ecuador, se ha visto un aumento constante en los últimos años. Así, por ejemplo, el número de publicaciones científicas registradas en Scopus® para 2012 fue de 642, mientras que para 2016 se registraron 2,146 publicaciones. El mayor número de publicaciones, que representa 25.5%, fue en el área de agricultura y ciencias biológicas, seguido de medicina con 24.1%. Si comparamos estos datos con las publicaciones registradas en 2016 de los países de América del Sur, el Ecuador se sitúa en la quinta posición en el número de publicaciones per cápita, después de Chile, Brasil, Argentina y Colombia. Sin embargo, estas cifras son muy inferiores a las registradas para Canadá y EUA. La baja inversión económica en investigación, el alto costo de insumos y equipos, y el limitado número de investigadores con títulos de Ph.D. han influido en la baja producción científica del Ecuador, pero cabe destacar la tendencia creciente y constante en la producción científica del país en los últimos años.

III. Características de recursos y ecosistemas

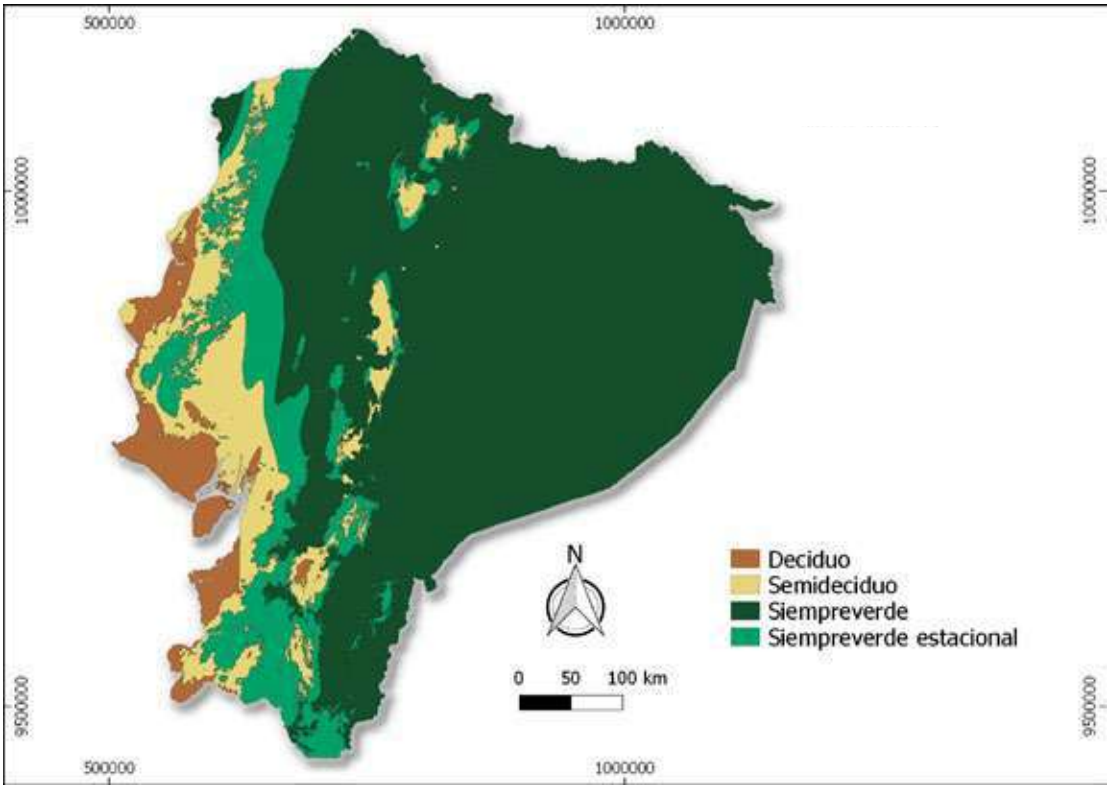
a. Recursos del agua y retos para los siguientes 50 años

El agua es un recurso globalmente amenazado. Se ha estimado que existen alrededor de 1,400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, de los cuales alrededor de 3% corresponde a agua dulce. En el Ecuador, la precipitación media anual es de 2,274 mm, lo cual corresponde con 583 km³/año en todo el territorio continental (FAO, 2016). La cantidad total de agua disponible en todos los sistemas hidrográficos del Ecuador es de 432 km³/año. Ecuador tiene 31 sistemas hidrográficos que constan de 24 en la vertiente del Pacífico –con una superficie total de 124,644 km²– y 7 en la vertiente del Amazonas –con una superficie de 131,726 km²–, correspondiendo a 49 y 51%, respectivamente. Los sistemas hidrográficos están divididos en 79 cuencas hidrográficas, de las cuales 72 pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico –una parte pertenece a áreas costaneras con 123,216 km² (48%) y, la otra, a los territorios insulares aledaños, cubriendo 1,428 km² (1%)–. Estas cuencas contienen 88% de la población. Las otras siete cuencas forman parte de la vertiente del Amazonas con 131,726 km² (51%) y 12% de la población. El balance hídrico global del país es positivo, pero existen cuencas deficitarias en diferentes zonas del país que se concentran en la provincia de Manabí (sistemas hidrográficos de Jama, Portoviejo y Jipijapa), y al este y sur del golfo de Guayaquil (sistemas de Taura, Balao y Arenillas-Zarumilla).

Mapa 1. Pisos bioclimáticos de Ecuador



Mapa 2. Patrones fenológicos de Ecuador



Uno de los problemas principales en el Ecuador es que el drenaje agrícola ha sido descuidado, tanto en superficies regadas como en zonas húmedas, lo cual ha causado efectos de degradación y salinización de los suelos, generando limitaciones severas de aprovechamiento de áreas productivas. Lo último ha producido una disminución de los rendimientos de los cultivos y muchos agricultores han tenido que ampliar la frontera agrícola para incrementar la producción. El mayor reto para el Ecuador consiste en crear una combinación de recursos financieros, fortalecimiento de capacidades y voluntad política. La infraestructura de abastecimiento de agua, saneamiento y tratamiento de aguas residuales es costosa, y las fuentes de financiación pública y privada son insuficientes. También existe una gran falta de capacidad técnica como en la operación y el mantenimiento de los sistemas de agua y saneamiento, lo cual resulta en una destrucción total o parcial a corto plazo. Además, la falta de modelos de gestión adecuados que se concentra en los pequeños municipios y zonas rurales deriva en sistemas insostenibles que requieren subsidios permanentes.

La agricultura se enfrenta a retos complejos entre el presente y 2050 para satisfacer una población estimada de 9 mil millones en el mundo. Una certeza, sin embargo, es que se necesitará más agua para producir el estimado de 60% de los alimentos adicionales necesarios. Las cuestiones relacionadas con el agua que deben abordarse, incluyen: producir más alimentos mientras se utiliza menos agua, crear resistencia de las comunidades agrícolas para hacer frente a las inundaciones y las sequías, y aplicar tecnologías de agua potable que protejan el medio ambiente.

b. Recursos de suelo y retos para los siguientes 50 años

Ecuador está dividido en tres regiones continentales: la Costa, Sierra y Oriente, más una región insular: las Islas Galápagos. La región costera se encuentra entre el Océano Pacífico y la Cordillera de los Andes, y se compone de tierras bajas y montañas. Sin lugar a dudas, las dificultades más grandes se enfrentan con los pastos en los Andes altos, particularmente en las partes más secas de la cadena montañosa (FAO, 2016). En Ecuador, la coordinación comunal indígena es considerable. Por lo tanto, las iniciativas de desarrollo rural pueden ser apoyadas efectivamente por estas organizaciones, pero una de las mayores dificultades a las que se enfrentan son las escasas opciones económicas disponibles en estas altitudes.

La principal limitación que se presenta es la disponibilidad, seguida por la calidad del forraje, en un ambiente donde el crecimiento es severamente limitado por las bajas temperaturas y la lluvia, reduciendo el proceso de restauración de pastizales. Siempre que se disponga de riego estratégico, estas limitaciones pueden superarse recurriendo a la suplementación estratégica de animales con pastos sembrados. El rendimiento de especies de *Lolium* y alfalfa, así como los pastos a base de trébol blanco, pueden ser razonablemente altos por la fertilización con nitrógeno y potasio. Sin embargo, una restricción de nivel más alto en la aplicación de estas soluciones es la falta de políticas y crédito, y servicios limitados de asesoría, así como la inaccesibilidad de muchas partes de los Andes altos.

Cabe señalar que los pastizales andinos nativos, en particular en el páramo, han sido sobreexplotados durante décadas. Dadas las condiciones climáticas severas, la reversión de esta situación solo es posible a largo plazo y si se dispone de políticas adecuadas, que tengan en cuenta la valoración de su biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrecen. Estos son desafíos que aún deben enfrentar los organismos gubernamentales; una propuesta difícil en vista de la preocupación más inmediata por la promoción de cultivos de exportación de alto valor y otros productos principalmente producidos en las tierras bajas.

c. Retos de energía

En el Ecuador, el sector petrolero representa más de la mitad de los ingresos de exportación del país y aproximadamente dos quintas partes de los ingresos del sector público (CIA, 2017). El nacionalismo de recursos y los debates sobre las implicaciones económicas, estratégicas y ambientales del desarrollo del sector petrolero son temas prominentes en la política del Ecuador y las políticas de su Gobierno. Ecuador es el productor más pequeño de la organización de países exportadores de petróleo (OPEC) y produce 556 mil barriles por día (bbl/d) de petróleo y otros líquidos en 2014, de

los cuales la producción de crudo fue de 555 mil barriles por día (bbl/d). La falta de suficiente capacidad nacional de refinación para satisfacer la demanda local ha obligado al Ecuador a importar productos refinados, limitando los ingresos netos del petróleo (U.S. Energy Information Administration, 2011: 1-2).

Los campos Ishpingo-Tambococha-Tiputini (ITT) en el Parque Nacional Yasuní tienen un estimado de 846 millones de barriles de reservas. El desarrollo de la región ITT podría ser desafiante y costoso. Para minimizar costos y daños medioambientales, los proyectos de ITT requieren inversión extranjera y experiencia en perforación horizontal. Es improbable que se alcance la inversión y la experiencia, dada la postura pronacionalista del Gobierno ecuatoriano. La resistencia al desarrollo de los grupos indígenas también plantea desafíos operacionales.

Ecuador tiene relativamente pequeñas reservas de gas natural y un limitado mercado de gas natural (U.S. Energy Information Administration, 2011: 6). En enero de 2015, Ecuador tenía un estimado de 212 mil millones de pies cúbicos (Bcf) de reservas de gas natural. La producción bruta de gas natural del país fue de 54 Bcf en 2013, de los cuales 37 Bcf se comercializaron y el resto fue quemado y ventilado. Las bajas tasas de utilización de gas natural en Ecuador se deben principalmente a la falta de infraestructura necesaria para capturar y comercializar gas natural (U.S. Energy Information Administration, 2011: 6).

En 2014, la hidroelectricidad representó más de 45% de la electricidad del país. La otra gran fuente de suministro de electricidad es un grupo de centrales térmicas convencionales alimentadas con petróleo. En Ecuador hay más de 200 centrales eléctricas, de las cuales 89 suministran energía al sistema interconectado nacional (U.S. Energy Information Administration, 2011: 5). La otra gran fuente de suministro de electricidad es la serie de centrales térmicas convencionales de Ecuador, que están principalmente equipadas para quemar petróleo.

De los combustibles no hidrógenos renovables, el bagazo –un residuo fibroso de caña de azúcar procesada– se utiliza en la industria, y la biomasa tradicional se utiliza en los hogares rurales. Sin embargo, las estimaciones del consumo tradicional de biomasa son imprecisas debido a que las fuentes de biomasa (leña, carbón vegetal, estiércol y residuos de cultivos) no se comercializan normalmente en los mercados. Ecuador también tiene una capacidad eólica y solar limitada, que se apoya a través de tarifas de alimentación (U.S. Energy Information Administration, 2011: 3).

d. Conflictos y retos para la biodiversidad

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo y cuenta con casi 25 mil especies de plantas vasculares, con un endemismo alto distribuido en las distintas regiones geográficas del país (Tapia *et al*., 2008: 19). Los bosques de la Amazonía Occidental se caracterizan por una alta diversidad vegetal. Durante los últimos años, gran parte de estos bosques han pasado por una intensa explotación sufriendo una gran erosión genética en ciertas especies vegetales como, por ejemplo, la tagua (*Phytelephas aequatoriales*), el cedro colorado (*Ocotea* sp.) y la palma real (*Ynesa colenda*). Los bosques nublados (entre 900 y 3,000 msnm) contienen cerca de la mitad de especies de plantas del Ecuador, aunque solo comprenden 10% de la superficie del país. Son particularmente ricos en plantas de las familias *Bromeliaceae* y *Orchidaceae*. Las diversas regiones geográficas son muy ricas en parientes silvestres afines a las especies cultivadas tales como la papa, el fréjol, el tomate, los frutales tropicales y subtropicales. Los bosques naturales del país albergan también parientes silvestres de especies como el aguacate (*Persea* spp.) y la papaya (*Carica* spp.). Igualmente la alta diversidad de las especies medicinales es usada diariamente para el tratamiento de innumerables enfermedades, gracias al conocimiento tradicional que ha sido desarrollado por milenios y a los avances en la etnobotánica.

i. Problemas asociados con la sobreexplotación

La sobreexplotación se refiere a la recolección de un recurso renovable hasta el punto de disminuir los rendimientos. La sobreexplotación sostenida puede conducir a la destrucción del recurso. El término se aplica a los recursos naturales tales como: plantas medicinales silvestres, pastizales, animales de caza, poblaciones de peces, bosques y acuíferos.

Ecuador no cuenta con mucha información sobre la distribución y el estado actual de las especies silvestres y cultivares locales, y es evidente que la destrucción de los hábitats, los cambios en los hábitos alimenticios, la explotación maderera, la explotación petrolera, la explotación camaronera, los monocultivos industriales y las aperturas de carreteras están entre los factores que causan la erosión genética. La deforestación en el Ecuador es considerada la mayor en la cuenca amazónica y afecta más de 137 mil ha al año. La región Amazónica y las islas Galápagos han sido identificadas como las más importantes para realizar estudios de inventarios y conservación de los recursos genéticos, por su alta susceptibilidad a los peligros de erosión genética causados por la expansión de las áreas agrícolas, los asentamientos urbanos, la ampliación de la infraestructura vial, la introducción de plantas y animales invasores y la explotación petrolera (Tapia *et al*., 2008: 20).

En segundo lugar se ubica la región Sierra que enfrenta amenazas de deforestación y erosión de sus suelos, causando una gran pérdida de la biodiversidad andina. A pesar de que la vegetación natural ha sido casi totalmente reemplazada por cultivos y asentamientos urbanos, aún las comunidades indígenas continúan sembrando y conservando múltiples variedades tradicionales de diversos cultivos. Los más destacados son el maíz (*Zea mays*), la papa (*Solanum tuberosum*), el camote (*Ipomoea batata*), el melloco (*Ullucus tuberosus*), la oca (*Oxalis tuberosa*), la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), la quinua (*Chenopodium quinoa*), el chocho (*Lupinus mutabilis*), el fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y otros granos, tubérculos y raíces andinos. La región Costera consta del área más explotada del país donde los daños causados por las empresas madereras y camaroneras y los sistemas agrícolas extensivos han destruido casi la totalidad de los bosques secos y los manglares del litoral.

ii. Agotamiento de la diversidad genética

La diversidad de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura (es decir, plantas/cultivos, animales, recursos acuáticos, bosques, microorganismos e invertebrados) desempeña un papel crucial para satisfacer las necesidades básicas de alimentos y nutrición humana (FAO, 2017). Es esencial mantener y mejorar la eficiencia y la resistencia de los sistemas de producción, así como contribuir a una alimentación sostenible y a la prestación de servicios ecosistémicos, como la regulación de las plagas y las enfermedades.

Los recursos genéticos son las materias primas en las cuales las comunidades locales y los investigadores confían para mejorar la calidad y el rendimiento de la producción de alimentos (FAO, 2017). Cuando estos recursos se erosionan, la humanidad pierde los medios potenciales de adaptar la agricultura a las nuevas condiciones socioeconómicas y ambientales. Debido a su variabilidad genética, las plantas, los animales, los microorganismos y los invertebrados son capaces de adaptarse y sobrevivir cuando cambian sus ambientes. Mantener y utilizar una amplia gama de diversidad –tanto la diversidad interespecífica como la diversidad genética intraespecífica– significa mantener la capacidad para responder a los retos futuros. Por ejemplo, las plantas y animales que son genéticamente tolerantes a altas temperaturas o sequías, o resistentes a plagas y enfermedades, son de gran importancia en la adaptación al cambio climático.

El diagnóstico de la erosión genética en Ecuador es bastante deficiente y las dificultades del Gobierno para combatir la pérdida gradual de diversidad genética son muy grandes. El Ecuador reconoce la importancia de evaluar la erosión y la vulnerabilidad genéticas, pero las metodologías para realizar este tipo de estudios están apenas establecidas. El sistema de alerta temprana (WIEWS) de la FAO es un instrumento importante para evaluar la erosión genética en el Ecuador. El apoyo externo es entonces sumamente importante para poder tener los equipos y el personal necesario para cumplir con el objetivo de WIEWS. La creación de una Comisión Nacional de Recursos Genéticos y la reactivación del Grupo Nacional de Trabajo en Biodiversidad (GNTB) son los espacios adecuados para desarrollar y utilizar sistemas apropiados de vigilancia y alerta. Igualmente se necesita del apoyo externo para desarrollar sistemas eficientes con las estructuras administrativas, técnicas y financieras que permitan tomar decisiones inmediatas cuando el sistema alerte de una situación de erosión genética (Tapia *et al*., 2008: 32).

e. Implicaciones de tendencias forestales

A principios de 2013, el Ecuador fue uno de los 12 países objeto de una operación de la Interpol para combatir el comercio ilegal de madera en América Central y América del Sur (Forest Legality Initiative, 2014). Ecuador también ha priorizado la reducción de su tasa de deforestación a través de una serie de políticas nacionales como convertirse en el primer país en otorgar derechos inalienables a la naturaleza en su Constitución. También lanzó el Programa Socio Bosque en 2008 para incentivar la protección de los bosques. Por último, el Gobierno desarrolló el Plan del Buen Vivir en 2009, y estableció un objetivo nacional para reducir la deforestación 30% a 2013.

En 2008 el pueblo ecuatoriano aprobó una Constitución que fue la primera en el mundo en reconocer los derechos de la naturaleza (Forest Legality Initiative, 2014). Los bosques fueron declarados ecosistemas frágiles, por lo tanto se requiere un tratamiento especial para los páramos, humedales y manglares. La Constitución ecuatoriana reconoce el derecho inalienable de los ecosistemas a existir y prosperar.

El Programa Socio Bosque es una política basada en incentivos para la conservación de los bosques, desarrollada por el Ministerio de Ambiente del Ecuador. Se elaboraron planes para un programa de doble finalidad en la conservación de los bosques y la mitigación de la pobreza. El programa intenta lograr sus objetivos duales al demostrar incentivos monetarios directos por hectárea a los terratenientes locales y a las comunidades indígenas que conservan los bosques nativos. Desde su creación, el programa se ha expandido para cubrir áreas de praderas de mayor altitud (páramo) y restauración forestal. Desde octubre de 2012, el programa Socio Bosque ha protegido a más de 1.1 millones de hectáreas de ecosistemas nativos y cuenta con más de 123 mil beneficiarios.

f. Impactos potenciales del cambio climático

El Cambio Climático Global ha sido considerado como el problema ambiental más grave y crítico al que se enfrenta la humanidad en este siglo. Se conoce como el incremento en la temperatura superficial de la Tierra por el rápido aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esas variaciones tendrían una repercusión directa en algunos parámetros del clima (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio [NASA], 2017).

Se espera que el cambio climático aumente la presión sobre los recursos hídricos, con una amplia gama de impactos sobre los seres humanos y el medio ambiente. Al modificar el ciclo del agua, incluyendo la lluvia, la humedad del suelo, la escorrentía, la evaporación, el vapor atmosférico y la temperatura del agua, el cambio climático resultará en condiciones más extremas. La creciente variabilidad de los patrones climáticos tradicionales, tanto en el tiempo como en el espacio, agravada por otros cambios globales como la urbanización, el cambio en el consumo de alimentos y la migración, ha exacerbado las presiones existentes sobre los recursos hídricos en las Américas, incluso en el Ecuador.

Ecuador es un país relativamente pequeño y en vías de desarrollo, y como consecuencia tiene una cuota de aportación marginal de gases de efecto invernadero (Tapia *et al*., 2008: 15). Sin embargo, el cambio climático es un problema global que afecta a todos los países y, particularmente, a los que se encuentran en vías de desarrollo como es el caso de Ecuador; por esta razón se suscribió al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y al protocolo de Kyoto que establece la necesidad de enfrentar la mitigación de esos gases. Dado que la vulnerabilidad al cambio climático de los países en desarrollo es más alta que la de los países desarrollados, las estrategias y acciones de adaptación al cambio climático que se determinen en el Ecuador tendrán alta prioridad, si bien las políticas nacionales de desarrollo sustentable también se tienen que priorizar.

g. Resiliencia a eventos extremos

La ubicación geográfica del Ecuador y su accidentada topografía lo hacen particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático. Ya las estaciones lluviosas y secas se han desplazado o se han vuelto más largas y más intensas, los páramos se han degradado, los glaciares han retrocedido (perdiendo 30% de su masa en los últimos 30 años) y la capacidad de los ecosistemas para regular el suministro de agua (Hines, Alvarado y Chiriboga, 2013: 1). La variabilidad y el cambio climático amenazan los medios de subsistencia, la seguridad

alimentaria y nutricional y la soberanía alimentaria de las comunidades. Se espera que los desafíos de los fenómenos meteorológicos extremos sean más frecuentes. En la última década, Ecuador ha perdido más de 4 mil millones de dólares como consecuencia de las sequías, y el país perdió 70 millones de dólares en inundaciones en 2012.

Los desastres relacionados con el clima afectan a sectores clave como la agricultura, los recursos hídricos, la pesca, la infraestructura y el turismo, y perjudican especialmente a las zonas rurales con grandes poblaciones indígenas y afroecuatorianas. La variabilidad climática, incluyendo los fenómenos más frecuentes e intensos de El Niño y La Niña, combinados con focos de inseguridad alimentaria y pobreza, han llevado al Ecuador a priorizar la planificación sana y los modelos de implementación replicables para hacer frente a estas amenazas.

Ecuador ha puesto en marcha un proyecto para construir resistencia al cambio climático y mejorar la seguridad alimentaria en cuatro provincias (Pichincha, Azuay, Loja y El Oro) (Hines *et al*., 2013). El Gobierno lanzó el proyecto en cooperación con el programa mundial de alimentos (WFA) de las Naciones Unidas, apoyado por el Fondo de Adaptación (UNFCCC), para restablecer la comunidad y los ecosistemas y reducir la vulnerabilidad climática. El proyecto vincula a las comunidades y autoridades locales, varios brazos del Gobierno nacional y el programa mundial de alimentos de las naciones unidas. Su enfoque de dos vías es desarrollar conciencia comunitaria y planes concretos para las acciones de adaptación, dentro de un enfoque basado en los ecosistemas.

h. Futuras perspectivas

Con su diversa gama de ambientes naturales –desde la llanura costera, las altas montañas hasta la selva amazónica– se espera que Ecuador experimente una serie de impactos debido al cambio climático (Nachmany *et al*., 2015: 3). Como un país de ingresos medios relativamente pequeño, Ecuador no apoya las metas de emisiones para los países en desarrollo que no causan grandes emisiones antropogénicas. No obstante, la adaptación y la mitigación del cambio climático es ahora un objetivo del Gobierno. La Constitución establece que Ecuador "adoptará políticas de mitigación del cambio climático", y promueve el desarrollo y adopción de tecnología limpia (Nachmany *et al*., 2015: 4).

La estrategia nacional de cambio climático es amplia y ambiciosa, y encaja en una estrategia de desarrollo más amplia. Su objetivo es proteger la biodiversidad del país que constituye un recurso fundamental para la salud y el bienestar. La estrategia está altamente integrada en otros ámbitos políticos: los sectores que se priorizan en el Plan Nacional del Buen Vivir también reciben prioridad en la estrategia nacional para el cambio climático a fin de proporcionar coherencia política. Estas esferas prioritarias son: la agricultura y la seguridad ganadera, desarrollo de la pesca y la acuicultura, mantenimiento del abastecimiento de agua y ecosistemas naturales, desarrollo del turismo, la mejora de la infraestructura y la solidez de los asentamientos humanos. La estrategia es un componente de una serie más amplia de medidas bajo la nueva constitución que se están poniendo en marcha para fomentar un desarrollo más sostenible en Ecuador.

IV. Tecnología e innovación

a. Papel de la Biotecnología en agricultura y ganadería

Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica (ONU, 1992), 'biotecnología' se define como "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos". De acuerdo con esta definición, la agricultura y técnicas tradicionales de mejoramiento de plantas y animales se podrían considerar como biotecnología. Un criterio más amplio y moderno de biotecnología incluye el uso de técnicas de manipulación genética, cultivo de tejidos, marcadores moleculares, entre otros, para la obtención de organismos o productos con cualidades deseables. El uso de ciertas biotecnologías, como el de organismos genéticamente modificados (OGM), ha sido controversial y en el Ecuador su adopción ha sido limitada por razones que se discutirán más adelante. Sin embargo, hay evi-

dencia de que la adopción de OGM ha resultado en un aumento en la productividad de cultivos, en un menor uso de agroquímicos, mayor calidad nutricional de alimentos y mayor tolerancia a estrés biótico y abiótico (Adenle, 2011; Hellmich y Hellmich, 2012; Klümper y Qaim, 2015; Pérez-Massot *et al*., 2013; Zhang, Wohlhueter y Zhang, 2016). Sin duda, son una herramienta útil hacia la búsqueda de una seguridad alimentaria y nutricional en el Ecuador.

Pero el uso de OGM no es una panacea y otras tecnologías deben ser adoptadas para poder cumplir con la demanda de alimentos en las décadas futuras. En la **Tabla 3** se muestran los cambios en rendimiento para maíz, trigo y arroz, según la tecnología adoptada, considerando escenarios tanto de mayor como menor temperatura y pluviosidad, modelados por Rosegrant *et al*. (2014). Estas condiciones ambientales serían escenarios posibles bajo un clima cambiante, como se espera en el futuro. Según este modelo, el trigo en el Ecuador sería el que más se beneficiaría del uso de tecnología para el aumento del rendimiento; asimismo, el maíz y arroz tendrían incrementos importantes. El Ecuador importa casi la totalidad de la demanda de trigo en el país, estimada sobre las 800 mil toneladas métricas para 2016 (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2016a). Lograr un aumento en el rendimiento y producción de trigo y otros cereales, contribuiría de forma notable a la seguridad alimentaria del país, mediante la adopción de tecnologías simples, como la no labranza. El área de cultivo de trigo en el Ecuador y su producción ha disminuido enormemente desde la década de los años 70. Varios factores contribuyeron a esta reducción; entre los principales se destaca el bajo rendimiento y susceptibilidad de las variedades a las enfermedades como las royas, bajo precio del producto, superior calidad del trigo importado y sistemas de comercialización que benefician principalmente a intermediarios. El trigo ahora cuenta con un subsidio importante por parte del Gobierno para su importación, que pone en desventaja a los pocos productores nacionales.

La aplicación de otras tecnologías más avanzadas, como la agricultura de precisión, también podrían incrementar significativamente los rendimientos de varios productos, según el modelo de Rosegrant *et al*. (2014); sin embargo, su adopción se vería limitada por los costos y por el manejo complejo de la tecnología. Métodos como la agricultura de precisión no resultan prácticos para el pequeño agricultor en el Ecuador, al menos en el futuro cercano. Para los pequeños agricultores, que son la población que más necesita de soluciones para asegurar su alimentación y salir de la pobreza y malnutrición, se necesitan tecnologías simples, efectivas y de bajo costo.

Tabla 3. Aumento (%) en rendimiento de maíz, trigo y arroz en Ecuador para 2050, según el uso de tecnología, bajo condiciones climáticas de mayor y menor temperatura y pluviosidad y sin riego

Cultivo	Mayor temperatura y pluviosidad			Menor temperatura y pluviosidad		
	Maíz	Trigo	Arroz	Maíz	Trigo	Arroz
Sin labranza	43.3	124.2	ND	37.7	123.4	ND
Tolerancia a sequía	7.0	17.1	1.8	11.8	15.1	3.4
Tolerancia al calor	7.2	42.8	1.2	12.4	29.2	4.6
Manejo integrado de la fertilidad del suelo	14.6	55.4	22.2	16.7	34.5	17.8
Uso más eficiente del nitrógeno	27.5	9.2	26.3	24.1	9.5	32.5
Agricultura de precisión	1.1	78.4	16.6	0.7	42.9	10.9
Sistema de captación de agua lluvia	0.2	35.3	ND	0.5	24.2	ND
Protección cultivo-enfermedades	12.1	12	17	12.7	14.4	17.2
Protección cultivo-insectos	9.1	4.4	13.1	8.8	4.3	14.0
Protección cultivo-malezas	11.8	8.2	10.6	12.2	8.2	10.5

Fuentes: Agritech Toolbox, 2017; Rosegrant *et al*., 2014. ND = Datos no disponibles

En cuanto al uso de biotecnología moderna para la crianza de ganado, el Ecuador no desarrolla ni comercializa animales genéticamente modificados, pero no existen leyes o reglamentos que prohíban o limiten su uso (USDA, 2015). La aplicación de tecnologías en la crianza de animales, especialmente en el área de diagnóstico de enfermedades y producción de vacunas, es un área incipiente en el Ecuador que si se implementa puede resultar en una actividad más rendidora y de beneficio económico para el ganadero y la población en general (Madan, 2005). Biotecnologías dirigidas a mejorar la fisiología reproductiva, salud y nutrición animal deben ser adoptadas y desarrolladas.

b. Perspectivas para productos agrícolas novedosos

Al igual que el resto de países del mundo, el Ecuador se verá afectado por el cambio climático, y la tecnología deberá proporcionar soluciones novedosas para poder producir más alimento bajo condiciones de sequía, alta salinidad, además de tener un alto rendimiento y resistencia a pestes y enfermedades. La innovación debe poder ofrecer productos agrícolas que también sean amigables con el ambiente, es decir, que ayuden a tener una menor emisión de gases de efecto invernadero y un uso más eficiente de los nutrientes del suelo para disminuir la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Global Food Security Index, 2015).

El Ecuador es uno de los pocos países considerados megadiversos (Myers, Mittermeier, Mittermeier, da Fonseca y Kent, 2000); posee un rico acervo genético del cual se pudieran obtener genes que, mediante el uso de biotecnologías, se pudieran aprovechar para el mejoramiento de cultivos con mayor resistencia a las cambiantes poblaciones de plagas y enfermedades, o a condiciones ambientales adversas que reducen la productividad de los alimentos. De igual manera, la diversidad genética se puede usar para desarrollar productos con mejores valores nutritivos. Es responsabilidad del Gobierno y de los ecuatorianos velar por la conservación y buen uso de estos recursos.

c. Oportunidades y obstáculos para el manejo de nuevas tecnologías

Para que una tecnología sea exitosa, primeramente debe ser aceptada y adoptada. La Constitución del Ecuador de 2008, en su Artículo 401, declara al país libre de transgénicos, por lo que existe un obstáculo en la ley para el uso de tecnologías que pudieran ayudar a que el Ecuador sea autosuficiente en alimentación y con una población mejor nutrida. Sin embargo, el Artículo 281 de la misma Constitución también establece que es responsabilidad del Estado asegurar el desarrollo científico y tecnológico adecuado para lograr una soberanía alimentaria y regular el uso y desarrollo de la biotecnología. De hecho, en el Ecuador ya se han desarrollado metodologías para modificar el banano, por ejemplo, y hacer frente a la enfermedad de la sigatoka negra (Santos *et al*., 2016). El INIAP, además, ha comenzado ensayos con maíz genéticamente modificado para evaluar su utilidad en el Ecuador, lo cual sí sería permitido bajo las leyes ecuatorianas (USDA, 2016b). El Ecuador tiene, entonces, la capacidad para desarrollar investigación en nuevos productos biotecnológicos. Con una legislación más clara y procedimientos ágiles para el uso y desarrollo de productos biotecnológicos, con la inversión en capital, infraestructura y capacitación, el Ecuador puede llegar a obtener una seguridad alimentaria mediante el uso de biotecnologías.

El uso y desarrollo de nuevas tecnologías debe ir de la mano con campañas de educación al público y usuarios, para evitar una negativa percepción del uso de biotecnologías en la alimentación de humanos y animales, que podrían afectar su aprovechamiento. Existen ejemplos en las Américas, como el de EUA, Canadá, Brasil o Argentina, donde se han adoptado nuevas biotecnologías y han alcanzado un incremento del rendimiento de productos agrícolas que pueden producir más de lo que consumen (Clapp, 2017). Con el apropiado uso de las nuevas biotecnologías, el Ecuador también podría llegar a ese nivel.

d. Desarrollo de recursos marinos / acuáticos

La pesca y acuacultura son una actividad económica importante en el Ecuador. Las exportaciones pesqueras y de productos pesqueros representan 12% del total de las exportaciones del país, segunda después del petróleo. La principal pesca industrial es la de atún, siendo la más grande en el Pacífico Sur (FAO, 2011). Existe una importante actividad pesquera artesanal que, según los últimos datos disponibles de 2013, generó un mercado lo-

cal de aproximadamente 200 millones de dólares americanos por año (Martínez-Ortiz *et al*., 2015).

El Ecuador tiene un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, y es este sector que ha experimentado un crecimiento importante en los últimos 30 años en los países en desarrollo (FAO, 2011b). El Gobierno ecuatoriano busca diversificar la acuicultura para productos marinos y de agua dulce, que en su mayoría han sido con base en el cultivo de camarón y tilapia, y así contribuir a alcanzar soberanía alimentaria (MAGAP, 2017b). Además, el Gobierno, a través de las entidades públicas relacionadas con la acuicultura, pretende fortalecer el sector hacia una actividad sostenible. Para esto, es necesaria no solo la adopción de tecnologías pertinentes, sino que se debe acompañar de la apropiada difusión y entrenamiento en el uso de las tecnologías a la población dedicada a esa actividad (MAGAP, 2017b).

Entre las tecnologías aplicadas al desarrollo de la acuicultura, de importancia son aquellas relacionadas con la reproducción y mejoramiento genético de los animales, actividad que no ha sido aprovechada en la agricultura. También, técnicas para el diagnóstico de enfermedades, desarrollo de vacunas y reducción del impacto ambiental de la actividad comercial, mediante el uso de técnicas de biorremediación y métodos con base en técnicas moleculares para la detección temprana de algas tóxicas (FAO, 2011b).

En cuanto a los desafíos para la pesca industrial y artesanal, se deben desarrollar planes de manejo adecuados para evitar la sobreexplotación de los recursos; sin embargo, se necesita de mayores estudios relacionados con la composición de las especies que están siendo explotadas y su dinámica poblacional para realizar mejores recomendaciones. Existe la necesidad de capacitación para los grandes y pequeños pescadores en cuanto a la importancia de un manejo integral y sostenible de los recursos pesqueros, y apoyo para dinamizar la actividad pesquera para que sea competitiva, productiva e impulsadora del desarrollo social y económico de la población que se dedica a esta actividad.

V. Incremento de la eficiencia de los sistemas alimentarios

a. Perspectivas de aumento de la producción agrícola basada en la tecnología

Con el fin de incrementar la producción agrícola y ganadera, la aplicación de tecnologías modernas –que incluyen a la biotecnología como, por ejemplo, en la propagación e inseminación artificial– sería una opción. Para el desarrollo de variedades adecuadas para el mercado o de un producto alimenticio, la proteómica y la metagenómica serían herramientas de interés para incrementar la producción. También, el uso de la información meteorológica y de sistemas de información geográfica (GIS) para la producción y seguimiento de la producción, apoyaría el incremento de la producción.

b. Necesidades de infraestructura

Si bien Ecuador, a través de las universidades y centros de investigación, cuenta con laboratorios de investigación, estos no dan abasto y no se dispone de recursos para poder realizar los estudios, ya que se requiere de consumible descontando que se dispone del equipamiento. Para estudios de ciencia básica se requiere de financiamiento interno, pero para proyectos de investigación se necesita de fondos externos que pueden conseguirse, aunque de manera muy limitada para equipos grandes.

Existe la necesidad de una actualización permanente de equipos y tecnologías en los centros de investigación, así como en las universidades, pero ello implica recursos que deben ser proporcionados por medio de proyectos de investigación.

c. Aspectos relacionados con la utilización de los alimentos y la minimización de los residuos

Debido a que existe en el país un bajo rendimiento en la producción de alimentos e igual sucede en los procesos de transformación, un trabajo conjunto de cooperación entre la industria y los centros de investigación debe fomentarse y financiarse.

Las pérdidas poscosecha pueden reducirse mediante la aplicación de tratamientos de enfriamiento y del uso de recubrimientos y almacenamiento en condiciones de atmósferas modificadas o controladas o de uso de envase, según el caso.

Los procesos de transformación, las operaciones unitarias y la aplicación de alternativas tecnológicas deben optimizarse, para disminuir los residuos e incluso dar valor agregado a los mismos según su naturaleza. Por ello, resulta importante el trabajo conjunto entre la industria y la academia o, en general, los centros de investigación.

d. Conflictos, si los hay, entre producciones alimentarias y producción de energía y fibra

Muchas industrias no han optimizado el uso de energía y, para disminuir el consumo, requieren en su mayoría el implementar nuevas instalaciones o modificar las existentes, lo que demanda inversión. El relativo bajo costo de energía hace que no sea necesario optimizar su uso y, además, hay una falta de conciencia ecológica. Las unidades productivas son relativamente pequeñas y se requiere de un análisis técnico-económico previo a la implementación de sistemas de generación de energía a partir de los subproductos de las industrias agroindustriales.

Por otro lado, existe una producción incipiente de biocombustible a partir de especies vegetales no tradicionales, lo que demanda el uso de suelos destinados a la producción de alimentos. Actualmente existen iniciativas con no muy buenos resultados, pero puede en el futuro haber conflicto debido a la actividad antes mencionada.

El cultivo de plantas para la producción de fibra es relativamente bajo y no ha existido conflicto, siendo el abacá y cabuya las especies cultivadas específicamente para este propósito.

VI. Consideraciones de salud

a. Enfermedades transmitidas por alimentos

Ecuador, a través de la Dirección Nacional de Inocuidad de Alimentos, realiza acciones para prevenir las enfermedades transmitidas por alimentos y tiene como misión "garantizar la calidad de los alimentos en su fase primaria de producción, a través de la implementación de buenas prácticas de producción y control de contaminantes en productos agropecuarios para asegurar la soberanía alimentaria del país" (AGROCALIDAD, 2017).

Existe un programa de Gestión de Certificación de Producción Primaria y Buenas Prácticas, en el que se han desarrollado Guías y Manuales de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Guías y Manuales de Buenas Prácticas Pecuarias (BPP). Además se tiene un programa a nivel nacional de Gestión de Vigilancia y Control de Contaminantes en la Producción Primaria (Resolución-DAJ-20133EC-0201-0096), por medio de la cual se define el control y vigilancia de los contaminantes, niveles máximos permitidos y el área de aplicación, tanto para productos que se consumen a nivel nacional, producidos en el país, importados o para exportación.

El Ministerio de Salud, a través de la Subsecretaría de Vigilancia de la Salud Pública y la Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica, reporta entre las enfermedades transmitidas por agua y alimentos, infecciones debidas a salmonella. Se observa un decrecimiento de casos con relación a los años 2014 y 2015, pero lastimosamente a fines de 2016 se incrementó durante los últimos cuatro meses, llegando a tener hasta 120 casos (Ministerio de Salud Pública [MSP], 2016: 12). Es importante señalar que, por parte del Ministerio de Salud, existe un seguimiento de los casos a nivel nacional y sectorizados. Para el caso de intoxicaciones alimentarias se hace un seguimiento a nivel nacional igualmente por edades, sexo y por zonas del país. A nivel nacional el grupo más vulnerable que se reporta en 2016 es la población tanto masculina como femenina comprendida entre los 20 y 40 años de edad (MSP, 2016: 13).

En relación con Shigelosis, se observa que el número de casos de 2014 a 2016, no ha variado significativamente, siendo el máximo 25 casos 3n en 2015 (MSP, 2016: 14).

b. Sobreconsumo

Según la Constitución de la República del Ecuador, el Artículo 1 estipula que "las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; permanentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria". Existen normativas sobre el etiquetado de los alimentos procesa-

dos, los mismos que se han incrementado durante los últimos años, tanto importados como de producción nacional.

Ecuador es un país netamente agrícola y se dispone de alimentos durante todo el año, debido a sus microclimas de las tres regiones naturales. La disponibilidad de alimentos es permanente, pero los precios pueden variar dependiendo de la producción del producto.

En los últimos dos años se puede observar la oferta de frutas de producción tanto de Colombia como de Perú, en meses donde la producción nacional es reducida o nula. El precio de venta de estos es muy superior a los de producción nacional.

La encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2012), realizada por el Ministerio de Salud Pública, hace un estudio de la salud materno-infantil, salud sexual y reproductiva, situación nutricional, factores de riesgo de las enfermedades crónicas más prevalentes y sobre la actividad física y sedentarismo. La prevalencia de consumos inadecuados de proteínas a nivel nacional para 2016 es de 6.4%, los valores mayores de 10.4% para la población indígena y, en general, en la Región Andina Rural con 10.9%.

El arroz en la dieta es importante y es la principal fuente de energía (33%), carbohidratos (48%), incluso de proteínas (19%). Existe un consumo excesivo de carbohidratos y grasa a nivel nacional, y es mayor entre la población indígena y Costa rural. El consumo de frutas y verduras a nivel nacional es de 183 g/día, valores bajos, por ello es que hay programas para incrementar su consumo. Entre los alimentos procesados de mayor consumo están las gaseosas, cuyos valores de prevalencia a nivel nacional para 2016 son de 81.5% (INEC, 2014b: 299 y 312).

c. Cambios esperados en los patrones de consumo (e implicaciones para la importación de alimentos)

La prevalencia de consumo de alimentos procesados (gaseosas y otras bebidas, comida rápida y *snacks*) en la población de 10 a 19 años alcanza valores de hasta 81% para las bebidas gaseosa y del consumo de *snacks* de 64% (INEC, 2013: 31). Los niveles de obesidad y sobrepeso se han incrementado entre la población. Por otro lado, se tiene que la prevalencia de diabetes en la población de 10 a 59 años a nivel nacional (glucemia >126 mg/dL) es para el grupo de población entre 50 y 59 años de 10.3%.

En relación con la prevalencia de hipercolesterolemia (>200 mg/dL), hipertrigliceridemia (>150 mg/dL), LDL (<130 mg/dL) y de relación colesterol total-HDL (> a 5) en la población de 10 a 59, según la encuesta de 2013, se incrementa con la edad del sujeto, alcanzando valores de 51,1; 43,1; 40,5; 39,4, respectivamente. Con el fin de mejorar esta situación nutricional, se ha regulado la venta de productos chatarra en las cercanías de escuelas y colegios para impedir el consumo de ese tipo de productos.

Ecuador es el primer país de América Latina en adoptar el sistema de semáforo en sus productos alimenticios para alertar a los consumidores acerca de la cantidad de grasas, azúcares y sales. La guía para el etiquetado de los alimentos está disponible en el Reglamento del etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano, elaborado por la Agencia Nacional de Regulación y Control Sanitario (ARCSA). El sistema de semáforos se basa en el uso de los colores para señalar la toxicidad de los productos: el rojo es la alerta máxima sobre el exceso de sal, azúcar o grasas en un alimento; el amarillo, una advertencia; y el color verde, cero riesgo. De ese modo, toda la población ecuatoriana recibe información clara y sencilla acerca de lo que está consumiendo.

Este nuevo sistema es un método innovador que ayudará a prevenir que los casos de obesidad y diabetes continúen incrementándose. Además, es una manera de informar a la población de los productos que están consumiendo e ingiriendo; de ese modo, pueden tomar una decisión consciente en relación con su salud (MSP, 2013: 2).

d. Comprender e incentivar el cambio de comportamiento, nutrición personalizada emergente

Según la Declaración de Ottawa de 1986 (OMS, 1986), la promoción de la salud es el proceso que permite a las personas incrementar el control sobre su salud para mejorarla. Abarca no solamente las acciones dirigidas directamente a aumentar las habilidades y capacidades de las personas, sino tam-

bién las dirigidas a modificar las condiciones sociales, ambientales y económicas que tienen impacto en los determinantes de salud. La existencia de un proceso de capacitación (empoderamiento) de personas y comunidades puede ser un signo para determinar si una intervención es de promoción de salud o no (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1986; Davies y MacDonald, 1989).

A nivel nacional, la educación nutricional es limitada y existe una información de empresas comerciales sobre recomendaciones de cambios de hábitos alimentarios para mejorar la salud o prevenir enfermedades. Los alimentos funcionales se comercializan en Ecuador y hay regulaciones sobre ellos dada por el INEN para que los productores puedan presentar una alegación como alimento funcional de sus productos (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011: 1). El cumplimiento sobre el etiquetado de alimentos funcionales es limitado, debido a que falta información sobre la población objetivo, dosis, principio activo y la enfermedad que posiblemente previene, etcétera.

Sin embargo se está incrementando una cultura de salud, de mantenerse físicamente en buenas condiciones mediante el ejercicio y hay motivaciones para consumir alimentos saludables, dependiendo de las condiciones del consumidor, como edad, actividad física, condición fisiológica, etcétera.

e. Desnutrición, deficiencia de vitamina A y de hierro

Según las encuestas nutricionales realizadas en Ecuador en DANS 1986 (MSP, 1986) y el ENSANUT-EC del 2012 (INEC, 2014b) en relación con los valores de Hb < 11g/dL, no se observan cambios significativos en la población menor de 5 años, a pesar de los programas de fortificación de harina de trigo con hierro. En Ecuador, el gran problema de la deficiencia de yodo ha sido superado con la fortificación de sal de consumo diario con yodo. Las prevalencias de anemia por deficiencia de hierro, deficiencia de zinc y de vitamina A, de 25,7, 28,8 y de 17,1, respectivamente, son mayores para niños entre 6 y 11 años. El Ministerio de Salud Pública, por medio del Programa Integrado de Micronutrientes (PIM), presenta como estrategia para combatir las deficiencias de micronutrientes: la suplementación (tabletas de hierro y ácido fólico para embarazadas, jarabes de hierro para menores de un año y cápsulas de vitamina A para niños de 6 a 36 meses), fortificación y la diversificación de la dieta, todo ello apoyado por programas de información, educación y comunicación (IEC) del Ministerio. La principal deficiencia del PIM ha sido la falta de recursos para una implementación continua del programa (INEC, 2014b).

VII. Consideraciones políticas

El Ecuador cuenta con diversas estrategias en política pública que están direccionadas a garantizar la Seguridad Alimentaria y la Nutrición. Estas normativas están estructuradas a diferente nivel (desde la Carta Magna hasta reglamentos y normativas) para abarcar múltiples sectores vinculados a la producción, comercialización y consumo de alimentos en el país. Estas consideraciones políticas han permitido la propuesta de diversos procesos y proyectos para la promoción de actividades de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición. Según la FAO, 10,9% de la población en Ecuador se encuentra subalimentada; por tal motivo, el país se encuentra cerca de dar cumplimiento a la meta relativa al hambre de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños [CELAC], 2017).

a. Distorsiones creadas por subsidios y otras políticas agrícolas anticuadas

En Ecuador la producción agropecuaria es una actividad netamente privada, por lo que las directrices de política pública requieren ineludiblemente de la participación de los productores. Por ello, desarrollar los mecanismos e incentivos para que los productores vean reflejados sus intereses y se motiven para asumir los lineamientos productivos es tarea prioritaria (MAGAP, 2016: 364).

El rol normativo y regulador del Estado no ha otorgado incentivos para atender las necesidades de los pequeños productores. El esfuerzo público en este campo ha sido parcial y solo concentrado en las organizaciones gremiales (Chiriboga, North, Flores y Vaca, 1999: 19).

Algunos de los retos que no se han logrado a través del empleo de políticas de subsidio o incentivo son: la creación de condiciones para que los productores y sus descendientes se queden en el campo, que aquellos que salieron regresen o que quienes viven en las ciudades se motiven para trasladarse al campo; la inclusión adecuada de las mujeres productoras a los diversos programas agropecuarios que hoy las excluyen (incentivos agropecuarios, empleo, etcétera); y que los subsidios resulten en ventajas no solo para grandes sino también para medianos y pequeños productores agropecuarios (MAGAP, 2016: 112, 191 y 365).

b. Promoción de agricultura sensible a la nutrición para proveer dietas saludables y sostenibles con asuntos asociados al uso de recursos y precios de los alimentos

Ecuador, en su Constitución Política, establece la alimentación como un derecho independiente aplicable a todas las personas. En el Artículo 13 establece que las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. Esto ha permitido que diversas estrategias puedan ser promocionadas con el fin de obtener mejores resultados productivos, de una manera más amigable con el ambiente, pero además para incentivar el consumo de alimentos más saludables y luchar contra la desnutrición en el país (Ayaviri, Quispe, Romero y Fierro, 2016: 217 y 219).

Entre las estrategias más destacadas se mencionan: (a) la promoción de una producción más rentable y responsable; (b) la promoción de dietas más sanas y nutritivas –esta última con el Programa Aliméntate Ecuador que fue creado y ejecutado con el fin de promover en la población ecuatoriana, a través de proyectos específicos, una mejora en las prácticas alimentarias y en el acceso a los alimentos–; (c) el Programa Acción Nutrición, liderada por el Ministerio Coordinador del Desarrollo Social, el cual busca mejorar la salud y nutrición de las niñas y los niños menores de 5 años a través del diseño e implementación de mecanismos de política pública y coordinación interinstitucional a nivel nacional y local.

c. Políticas que fomentan la innovación tecnológica

Como parte de la estrategia nacional para el cambio de la matriz productiva, el Estado ecuatoriano se basa en un conjunto de políticas públicas y estrategias que promueven la innovación tecnológica en la producción de alimentos. Entre ellas se mencionan:

- Constitución del Ecuador 2008,
- Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales,
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria,
- Ley Orgánica de Educación Superior,
- Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones,
- La Política Agropecuaria Ecuatoriana: Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025

d. Políticas que generan recursos humanos (educación, género, equidad)

En este contexto, en el Ecuador durante la última década se ha fomentado el mejoramiento de las capacidades humanas, especialmente relacionadas con la formación del talento humano para fortalecer el sistema educativo a través de la educación de tercer y cuarto niveles. Uno de los campos que mayor énfasis ha tenido es precisamente el sector de los recursos naturales renovables, ello amparado en las políticas nacionales relacionadas donde se promueven los derechos de las personas y grupos de atención prioritaria según el régimen del buen vivir.

e. Políticas que buscan rediseñar la ecología agropecuaria (uso del suelo, bioeconomía, etcétera)

Dado que la producción agropecuaria tradicional está directamente relacionada con el deterioro ambiental y que durante las últimas décadas se han observado en el país alteraciones derivadas de estas actividades, la propuesta de instrumentos políticos alternativos es una necesidad imperativa. En el Ecuador algunas de las estrategias planteadas atienden únicamente a la necesidad de incrementar la productividad, y podrían considerarse

como contradictorias a algunos de los principios planteados como derechos de la naturaleza (reconocidos en la Carta Magna). No obstante, existen otras estrategias que promueven rediseñar la ecología agropecuaria en la nación. Estos instrumentos que buscan una producción más limpia y sostenible están fundamentados en las bases legales mencionadas en el inciso c, orientadas a mejorar la contribución de la agricultura para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria de la población ecuatoriana.

f. Políticas para promover el consumo de alimentos saludables

Aunque desde hace varias décadas se conocen los beneficios del consumo de alimentos saludables, uno de los retos a los que se enfrentan los productores de este tipo de comestibles es la escasez de demanda. Por ello, una labor necesaria en pro de una cultura alimenticia más saludable es la promoción del consumo de productos sanos. El punto de partida de la puesta de práctica de estrategias para el incentivo de una alimentación más saludable es la creación y aplicación de políticas públicas en este tema.

g. Avances comparativos del país en agricultura

Ecuador es un país que depende en gran medida de la producción agropecuaria. Durante las últimas décadas los ingresos al país provenientes de estas actividades representan la segunda fuente de ingresos, únicamente superada por las exportaciones petroleras.

Los datos que a continuación presentados son una recopilación resumida de los resultados de análisis realizados por el MAGAP en su obra *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo rural sostenible 2015-2025* (MAGAP, 2016: 71-72 y 78).

Durante los años 60 y 70 las políticas gubernamentales sectoriales, aplicadas dentro de una política global de desarrollo para modificar el modelo productivo vigente, no lograron sus objetivos. Por el contrario, se constituyeron en reformas agrarias que afectaron la estructura de propiedad de la tierra, los esfuerzos de innovación tecnológica y de sanidad agropecuaria o el financiamiento directo subsidiado.

Entre 1980 y 1992 dominaron las políticas agropecuarias implícitas, dentro de los esquemas de estabilización macroeconómica, con incidencia directa en el sector agropecuario. A partir de 1992, se implementó la estrategia de modernización del sector agrícola donde se introdujeron importantes reformas que redujeron la intervención estatal en el sector productivo. Con la expedición de la Ley de Desarrollo Agropecuario en 1994, se consolidó el privilegio a la autorregulación de los mercados, se liberalizaron los mercados de tierras y de factores productivos y los precios al productor y consumidor; además, se autorizó el fraccionamiento de las tierras comunales, entre otras reorientaciones relevantes. Todo ello promovió un aumento sistemático de la contribución del sector agrícola al PIB, pero provocó una caída de los ingresos del productor.

Los rasgos sobresalientes de esta política que no beneficiaba a los productores más vulnerables (medianos y pequeños) se mantuvieron hasta 2006. Desde entonces, el MAGAP ha realizado esfuerzos por articular una política agrícola de mediano o largo plazos. A partir de 2007 se intentó devolver al Estado su competencia de rectoría, su rol regulador de los mercados y protagonista de la política. Durante la última década se han realizado importantes avances en este sector, cuyos esfuerzos han estado acompañados de aciertos y desaciertos, y aunque ya se han logrado avances, aún queda camino hacia una producción más rentable, inclusiva y responsable con el medio.

h. Cuestiones de comercio internacional

El sector agropecuario ecuatoriano se caracteriza por su acentuado dualismo. De una parte, está un sector exportador muy dinámico, productor de los tradicionales cultivos de exportación y de nuevos cultivos agroindustriales. Por otra parte, está la mayoría de productores agropecuarios, básicamente pequeña y mediana agricultura campesina, cuya producción está dirigida principalmente al mercado interno (y en parte al mercado externo). Estos dos sectores se relacionan con el mercado externo de manera muy diferente.

Exportaciones

El sector agropecuario ha realizado un gran aporte a la economía del país, ya que 41% de las divisas

que ingresaron al país, en promedio anual por concepto de exportaciones, se generaron en este sector, lo cual fue superado únicamente por las exportaciones petroleras.

En promedio, entre 2000 y 2013, la agricultura ha representado 79% de las exportaciones totales. El peso relativo de las exportaciones agrícolas frente al total de exportaciones (sin petróleo) es de 81% entre 2000 y 2013, con algunas variaciones positivas y negativas en el periodo.

De 11.4 mil millones de dólares –producto de exportaciones agropecuarias–, 54% es de productos primarios y 27% de exportaciones agroindustriales. Este comportamiento ha marcado todo el siglo con algunas variaciones en 2002 y 2008. A 2013, el comercio exterior agropecuario, con saldo positivo, representa 8% del PIB total (7,326 millones de dólares), 64% del PIB agrícola ampliado y 30% del total exportado en dicho año (MAGAP, 2016: 124-127).

Importaciones

La alta demanda de importaciones de materias primas y de bienes de capital que caracteriza la mayoría de sectores en el Ecuador, no se reproduce en el sector agropecuario. El componente importado de la producción agropecuaria nacional representa 8% del PIB agropecuario, lo que demuestra la autosuficiencia del sector. Por ello, la actividad agropecuaria le ahorra divisas y presión a la economía del país y genera divisas con un saldo favorable en el intercambio con el resto del mundo.

Al examinar la estructura y evolución de las importaciones agropecuarias por uso y destino económico desde 2000, se tiene que tan solo 7,2% de las importaciones totales corresponde al sector agropecuario. Dentro de las importaciones de materias primas y productos intermedios para la agricultura destacan los cereales, la pasta de soya, los abonos o fertilizantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas (MAGAP, 2016: 127-130).

En conclusión, la balanza comercial agropecuaria ecuatoriana, a pesar de la crisis de principios de siglo y la de 2009, mantiene saldos positivos y crecientes desde inicios del siglo XXI.

i. Retos del mercado

Ecuador es un país pequeño con una economía abierta al mundo, cuya evolución ha estado vinculada al sector externo. Su integración económica a los centros hegemónicos en la época contemporánea se desarrolló desde el siglo XIX, a través del modelo primario exportador. Dicha vinculación económica en el mundo ha sido fuente de riqueza y crecimiento para el país, aunque también ha introducido vulnerabilidad e inestabilidad, ya que está sujeta a variaciones de los precios de los productos de exportación en el mercado internacional (MAGAP, 2016: 35).

Emplear todo este potencial agropecuario, combinado con la generación de valor agregado y sus ventajas competitivas frente a los mercados (nacional e internacional), constituiría una base sólida para lograr reducir la pobreza y propiciar el desarrollo rural sostenible del país. Aunque el volumen efectivo de producción ha aumentado en el país, y la demanda internacional de bienes agrícolas ha crecido y continuará creciendo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], FAO, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2012: 3), existen retos de mercado que el país tendrá que afrontar dada la dinámica económica externa de los centros hegemónicos en la época.

VIII. Conclusiones

a. Algunos posibles escenarios nacionales para la producción agrícola durante los próximos 50 años

- Optimizar el acceso de alimentos para toda la población en cantidad y calidad.
- Ecuador, con la apertura de mercados internacionales –especialmente con la firma de acuerdos con la Unión Europea y China–, tiene la oportunidad de ampliar sus mercados. Pero, al mismo tiempo, su mayor desafío será incrementar la producción y con costos de productos competitivos.

- La aplicación de procesos rápidos y modernos para la propagación genética ayudará a bajar costos y a desarrollar variedades resistentes o tolerantes a fungos, enfermedades, etcétera.
- Implementar de tratamientos poscosecha para incrementar la vida de anaquel de los productos frescos.
- Técnicas de preservación de alimentos tanto de origen vegetal, pesquero, y animal deben mejorarse y dar valor agregado a los materiales.
- El uso de envases inocuos para los alimentos.
- La utilización de co-productos de la industria agroindustrial para su aprovechamiento en la extracción de principios activos, para consumo humano y animal e industrial.
- Mantener la calidad de agua y gestionar la optimización del uso.
- Optimizar el uso de fuentes de energía alternativas o tradicionales.

b. Acciones de máxima prioridad para lograr la sostenibilidad agrícola

- Disponer de un banco de germoplasma de los materiales ecuatorianos.
- Incorporar la Biotecnología como ciencia transversal y ampliar sus aplicaciones.
- Estudiar la biodiversidad para caracterizarla y orientar su aplicación en alimentos, productos farmacéuticos e industriales.
- Transformar materias primas en productos innovadores.
- Desarrollar sistemas para generar energía de relativo bajo costo.
- Realizar estudios de gestión, disponibilidad y calidad del agua.
- Procurar la disponibilidad de equipos de alta tecnología para estudiar caracterización e inocuidad de productos.
- Capacitación de técnicos especialistas.

Bibliografía

Adenle, A. (2011). Global capture of crop biotechnology in developing world over a decade. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology,* 9, 83-95. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.jgeb.2011.08.003

Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (2017). *Climate change: How do we know?* Recuperado Enero 25, 2017, de http://climate.nasa.gov/evidence/

Agencia Central de Inteligencia (2017). *The World Factbook: Ecuador.* Recuperado Enero 21, 2017, de https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ec.html

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (2013). Recuperado Febrero 10, 2017, de https://guia.agrocalidad.gob.ec/agrodb/aplicaciones/publico/productos1/consultaRequisitoComercio.php

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (2017). *Inocuidad-Dirección de inocuidad de alimentos.* Recuperado Febrero 8, 2017, de http://www.agrocalidad.gob.ec/inocuidad-direccion-de-inocuidad-de-los-alimentos/

Agritech Toolbox (2017). *The world is facing a huge food security challenge.* Recuperado Febrero 10, 2017, de http://agritech.harvestchoice.org/

Ayaviri, V., Quispe, G., Romero, M. y Fierro, P. (2016). Avances y progresos de las políticas y estrategias de seguridad alimentaria en Ecuador. *Revista de Investigaciones Altoandinas,* 18(2), 213-222. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5560558

Bebbington, A. (1996). Organizations and Intensifications: Campesino Federations, Rural Livelihoods and Agricultural Technology in the Andes and Amazonia. *Journal of World Development,* 24, 1161-1177. https://goo.gl/VHbGsV Source: RePEc

Chiriboga, M., North, L., Flores, R., y Vaca, J. (1999). *Cambiar se puede: experiencias del FEPP en el desarrollo rural del Ecuador.* Recuperado de https://goo.gl/aeu686

Clapp, J. (2017). Food self-sufficiency: Making sense of it, and when it makes sense. *Journal of Food Policy*, 66, 88-96. http://dx.oi.org/10.1016/j.foodpol.2016.12.001

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2012). *Respuestas de los países de América Latina y el Caribe al alza y volatilidad de precios de los alimentos y opciones de colaboración.* Recuperado de http://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/46236/boletin_2012.pdf

Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (2017). *Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutrición.* Ecuador. Recuperado Febrero 2, 2017, de http://plataformacelac.org/pais/ecu

Constitución de la República del Ecuador, Registro oficial No. 449 de 2008.

Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. Registro oficial No. 351 de 2010.

Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la calidad de la Educación Superior (2016). Proceso de evaluación institucional. Recuperado Febrero 10, 2017, de https://goo.gl/Ee8Ebo

Convención sobre la Diversidad Biológica (2013). *The Yasuni-ITT Initiative in Ecuador.* Recuperado de https://goo.gl/CU5NQi

Davies, J. K.; y MacDonald, G. (1998). *Quality, evidence, and effectiveness in health promotion: striving for certainties.* London, Ed. Routledge.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2015). *Biotechnology Annual 2015: Genetically Engineered Crops and Transgenic Labeling.* Recuperado de https://goo.gl/uUc3sk

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2016a). *Ecuador Wheat Imports, Corn and Rice Production Expected to Decrease in 2016.* Recuperado de https://goo.gl/E2c5ga

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2016b). *Ecuador's INIAP Set to Start Field Trials of Genetically Engineered Corn.* Recuperado de https://goo.gl/Hc2zee

Early, R., Bradley, B. A., Dukes, J. S., Lawler, J. J., Olden, J. D., Blumenthal, D. M., Tatem, A. J. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications*, 7, 1-9. https://doi.org/10.1038/ncomms12485

Ecuador.com (1995-2017). Gain Insight into Ecuador's Demographics. Recuperado Febrero 10, 2017, de https://goo.gl/k4oh6A

Fader, M., Gerten, D., Krause, M., Lucht, W., y Cramer, W. (2013). Spatial decoupling of agricultural production and consumption: quantifying dependences of countries on food imports due to domestic land and water constraints. *Environmental Research Letters,* 8, 1-15. http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014046

FAO (2016). *AQUASTAT website.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Website accessed on [2016/03/09].

Forest Legality Initiative (2014). *Ecuador*. Recuperado Enero 27, 2017, de https://goo.gl/cYnU5m

Freire, W.B., Silva-Jaramillo, K.M., Ramírez-Luzuriaga, M.J., Belmont, P., y Waters, W.F. (2014). The double burden of undernutrition and excess body weight in Ecuador. *Am. J. Clin.* Nutr. 100, 163S-164S.

Global Food Security Index (2015). *The role of innovation in meeting foods security challenges.* Recuperado Febrero 10, 2017, de http://foodsecurityindex.eiu.com/Resources

Hellmich, R. y Hellmich, K. (2012). Use and Impact of Bt Maize. *Journal of Nature Education Knowledge,* 3(10). Recuperado de https://goo.gl/VXjWEv

Hines, D., Alvarado, V., y Chiriboga, M. (Abril de 2013). Enhancing climate resilience in Ecuador's Pichincha Province and the Jubones River Basin. Hunger, Nutrition, Climate Justice. Simposio llevado a cabo en A New Dialogue: Putting People at the Heart of Global Development, Dublín, Irlanda.

Index mundi (2016). *Ecuador population.* Recuperado Febrero 10, 2017, de http://www.indexmundi.com/ecuador/population.html

Indicadores de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2013). *Ecuador*. Recuperado Febrero 10, 2017, de http://www.asti.cgiar.org/

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2587 (2011). *Alimentos funcionales. Requisitos.* Recuperado de http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2587.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2013). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT-ECUADOR 2011-2013).* Recuperado de https://goo.gl/c4kxxZ

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2014a). *Panorama Laboral y Empresarial del Ecuador.* Recuperado de https://goo.gl/JwihxC

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2014b). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT-ECU 2012).* Recuperado de https://goo.gl/18seku

Klümper, W. y Qaim, M. (2014). A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *Journal of PloS ONE,* 9. https://goo.gl/Y1QvR9

Ley Orgánica de Educación Superior. Registro oficial No. 298 de 2010.

Ley Orgánica de Incentivos a la Producción y Prevención Fraude Fiscal. Registro oficial No. 405 de 2014.

Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. Registro oficial suplemento No. 583 de 2009.

Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales. Registro oficial No. 711 de 2016.

Madan, M. (2005). Animal biotechnology: applications and economic implications in developing countries. *Journal of Revue Scientifique et Technique* (International Office of Epizootics), 24(1), 127-139. Recuperado de http://www.oie.int/doc/ged/D1819.PDF

Martínez-Ortiz, J., Aires-da-Silva, A.M., Lennert-Cody, C.E., y Maunder, M.N. (2015). The Ecuadorian Artisanal Fishery for Large Pelagics: Species Composition and Spatio-Temporal Dynamics. PLoS ONE 10(8): e0135136. doi:10.1371/journal.pone.0135136

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025.* I Parte. Recuperado de https://goo.gl/bamWmX

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2017a). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.* Recuperado Enero 27, 2017, de http://sinagap.agricultura.gob.ec

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2017b). *Acuicultura*. Recuperado Enero 11, 2017, de http://www.institutopesca.gob.ec/programas-y-servicios/acuiacultura/

Ministerio de Salud Pública (1986). *Diagnóstico de la situación alimentaria nutricional y de salud de la población ecuatoriana (DANS).* Manual de la encuestadora. Recuperado de https://goo.gl/BwVfK1

Ministerio de Salud Pública (2013). Reglamento sanitario de etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano (Acuerdo no. 00004522). Recuperado de https://goo.gl/Co6HEj

Ministerio de Salud Pública (2016). *Gaceta Epidemiológica Semanal* No. 52. Recuperado de https://goo.gl/7qAgzi

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.* Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. Recuperado de https://goo.gl/XYvxGT

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015). *Quinto informe nacional para el convenio sobre la diversidad biológica.* Recuperado de https://goo.gl/X9dbbL

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., da Fonseca, G. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Journal of Nature,* 403, 853-858. http://dx.doi.org/10.1038/35002501

Nachmany, M., Fankhauser, S., Dadidová, J., Kingsmill, N., Landesman, T., Roppongi, H., Townshend, T. (2015). *The 2015 Global Climate Legislation Study. A Review of Climate Change Legislation in 99 Countries.* Recuperado de https://goo.gl/HtkRE8

Organización Mundial de la Salud (1986). *The Ottawa Charter for Health Promotion.* Recuperado Febrero 3, 2017, de https://goo.gl/bkczJs

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011b). *Biotechnologies for Agricultural Development.* Recuperado de http://www.fao.org/docrep/014/i2300e/i2300e.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017a). *Ecuador*. Recuperado Febrero 10, 2017, de http://www.fao.org/faostat/es/#country/58

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017b). *Productos ecuatorianos de mayor producción* (1994-2014). Recuperado Enero, 27, 2017, de http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017c). *Live Animals.* Recuperado Febrero 10, 2017, de http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017d). *Biodiversity for food security and nutrition.* Recuperado Enero 27, 2017, de http://www.fao.org/nr/cgrfa/en/

Pérez-Massot, E., Banakar, R., Gómez-Galera, S., Zorrilla-López, U., Sanahuja, G., Arjó, G., Zhu, C. (2013). The contribution of transgenic plants to better health through improved nutrition: opportunities and constraints. *Genes & Nutrition,* 8, 29-41. http://dx.doi.org/10.1007/s12263-012-0315-5

Rosegrant, M., Koo, J., Cenacchi, N., Ringler, C., Robertson, R., Fisher, M., Sabbagh, P. (2014). *Food Security in a World of Natural Resource Scarcity: The role of agricultural technologies.* http://dx.doi.org/10.2499/9780896298477

Santos, E., Sánchez, E., Hidalgo, L., Chávez, T., Villao, L., Pacheco, R., Navarrete, K. (2016). Advances in banana transformation through *Agrobacterium tumefaciens* in Ecuador: progress, challenges and perspectives. *Acta horticulturae,* 1114, 197-202. https://goo.gl/aQnDib

Scopus (2017). Recuperado Febrero 9, 2017, de www.scopus.com

Tapia, C., Zambrano, E. & Monteros, A. (2008). *Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación en Ecuador.* Quito, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

The Observatory of Economic Complexity (2014). Ecuador. Recuperado Febrero 10, 2017, de https://goo.gl/H2uzGy

Topuniversities.com (2017). Top Universities Country Guides Study in Ecuador. Recuperado Febrero 10, 2017, de https://www.topuniversities.com/where-to-study/south-america/ecuador/guide

U.S. Energy Information Administration (2011). *Country Analysis Briefs Ecuador.* Recuperado de http://www.oilwatchsudamerica.org/doc/eia_ecuador.pdf

World Food Programme (2017). Ecuador: current issues and what the World Food Programme is doing. Recuperado Febrero 10, 2017, de https://www.wfp.org/countries/ecuador

Zhang, C., Wohlhueter, R. y Zhang, H. (2016). Transgenic Food, Benefits, Safety, And More. *Food Science and Human Wellness.* http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.002

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de las siguientes personas: **Israel Vaca Jiménez**, Director de Inocuidad de Alimentos, Coordinación General de Inocuidad de Alimentos, AGROCALIDAD; **Víctor Anguieta**, Director de Políticas y Estrategias Agrícolas, Subsecretaría de Agricultura, Vice-Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAGAP; **Beatriz Brito,** Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP, MAGAP; **Hugo Huaca,** Técnico del INIAP; y **Daniel Guzmán,** Técnico Analista, Sub-Secretaría de Agricultura, MAGAP.

Seguridad alimentaria y nutricional en los Estados Unidos de América

Trabajadores agrícolas, cortando y empacando lechugas directamente en los campos de Salinas, California © Shutterstock

Estados Unidos

[1] Michael F. Allen
[2] Peter L. Morrell
[3] Charles W. Rice
[4] Henry J. Vaux
[5] Clifford N. Dahm
[6] Rebecca R. Hernandez

La agricultura desempeña un papel crucial en la sostenibilidad de los alimentos a nivel mundial. **La producción futura se verá limitada por plagas invasoras y la degradación de los suelos, y los cambios climáticos y la contaminación agravarán la situación.** Se requiere de voluntad política para apoyar la agricultura y la infraestructura de los recursos naturales, así como de las universidades, estaciones de investigación agrícola, centros internacionales de control biológico y el sector privado innovador, todos ellos interconectados con la red científica internacional.

Resumen

A nivel mundial, se prevé que la demanda total de productos agrícolas crecerá 1.1% por año entre 2005/2007-2050, por debajo de 2.2% anual de los últimos cuarenta años (Alexandratos y Bruinsma, 2012). El crecimiento de la población, el aumento del consumo per cápita y los cambios en las dietas que propician el consumo de más productos pecuarios son los principales impulsores de los cambios esperados.

Algunos escenarios nacionales posibles para la producción agrícola en los próximos cincuenta años

Aumentos en la producción se estarán desacelerando debido a una serie de limitaciones: los recursos hídricos y terrestres estarán mucho más estresados que en el pasado, tanto en cantidad (per cápita) como en calidad; degradación del suelo; disminución de la calidad del agua y competencia de otros usos distintos de la producción de alimentos; disminución considerable en el crecimiento de las cosechas; el cambio climático es un peligro que indudablemente afectaría de forma negativa la producción agrícola en muchas áreas del mundo; se plantean cuestionamientos sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos. Como resultado, ahora se promueve la "intensificación sostenible" de la agricultura (Royal Society, 2009; *Nature*, 2010; Godfray *et al*., 2010).

En los próximos años, el sector agrícola estadounidense deberá bajar sus precios en la mayoría de los productos agrícolas básicos (USDA, 2015). En cuanto a los cultivos, la producción a precios más bajos tendrá como consecuencia una menor superficie plantada. En el sector ganadero, los menores costos de alimentación culminarán en incentivos económicos para la expansión. Se prevé que el consumo mundial de carne continúe aumentando con un incremento en el consumo de aves de corral que ya ha aventajado el consumo de carne de cerdo y carne vacuna. La evolución a largo plazo de la agricultura mundial refleja un crecimiento económico mundial sostenido y una demanda mundial continua de materias primas para biocombustibles. Esos factores se combinan para sustentar los aumentos a largo plazo en el consumo, el comercio y los precios de los productos agrícolas. Como reflejo de estos ajustes y las proyecciones de precios en el mercado, los valores de las exportaciones disminuyeron en 2015 y los ingresos en efectivo de las tierras cayeron en 2015-16 antes de que ambos aumentaran el resto del período de proyección. Los gastos de la producción agrícola también aumentarán después de 2016, lo cual bajará el ingreso agrícola neto de las tierras de cultivo de los recientes niveles históricos alcanzados.

Las mejoras tecnológicas continúan a pasos agigantados. Estos avances se reflejan no sólo en el mejoramiento de la producción, sino también en la mejora de la eficiencia. Cualquier búsqueda en la web mostrará tanto a empresas clásicas como a nuevas empresas que se dedican a diseñar novedosas estrategias para mejorar la eficiencia agríco-

la. Estas mejoras incluyen desde nuevos recursos genéticos de producción y resistencia a las enfermedades hasta sensores que detectan y transmiten información en tiempo real sobre la fertilidad del suelo y el estado del agua, con el fin de mejorar la eficacia de las aplicaciones de riego y fertilizantes, así como la inclusión de maquinaria autónoma equipada con sensores capaces de transmitir información sobre las condiciones ambientales y de las plantas a un patrón de cultivo o cosecha establecido. Esta nueva maquinaria puede funcionar utilizando la energía recolectada de las tecnologías renovables solares y eólicas del campo en lugar de depender exclusivamente de los insumos a gran escala de los combustibles fósiles que propician el cambio climático y la incertidumbre energética. La agricultura de precisión ha hecho su aparición y cambia casi a diario para integrarse en los sistemas agrícolas reales.

Las nuevas aplicaciones de tecnología e información que colaboran con nuestros socios microbianos, en lugar de destruirlos, están comenzando a hacer posibles las mejoras en la eficiencia y disponibilidad de fertilizantes y agua, además de atacar a las plagas con aplicaciones de pesticidas de eficiencia energética que no dañan los suelos ni a las personas. La asociación entre la investigación teórica, universitaria, la agroindustria y los agricultores y ganaderos está contribuyendo a superar la falta de apoyo para la investigación y el desarrollo, a pesar de su reducción por parte de los gobiernos. Estas estrategias tienen el potencial de transformar la investigación y el desarrollo, y la seguridad alimentaria en general de forma radical, tanto en los EUA como en el resto del mundo, para bien o para mal. El trayecto dependerá de las estrategias que adopten todas las partes involucradas.

Por último, probablemente la piedra angular de la agricultura sostenible sea el cuidado que se ponga en mantener las relaciones comerciales y la creación de una fuerza laboral mejor educada. Los recientes análisis de las discusiones sobre el desarrollo tecnológico y social (Gopnik, 2017) apuntan a la necesidad de integrar el proceso de investigación y desarrollo con el pensamiento social. Como señala Gopnik, "lo que separa a la modernidad de la antigüedad [...] son los tipos que piensan en grande comunicándose con los tipos que fabrican máquinas maravillosas, es ahí donde sucede el salto" (2017: 91). Necesitamos urgentemente una fuerza de trabajo integral y la concientización de los diversos gobiernos para que entiendan la importancia del concepto internacional y el intercambio de productos básicos, gobiernos que se centren en las tecnologías que mejoran el medio ambiente al tiempo que sustentan y mejoran la producción agrícola, y eso incluye la visión a futuro del crecimiento de toda la población humana y el medio ambiente, incluidos el clima y el cambio para crear un sistema mundial sostenible de producción de alimentos. Las Américas –el Nuevo Mundo en muchos discursos– tienen el potencial para proporcionar el liderazgo y los recursos para crear estas complejas integraciones. La alternativa no es una opción.

1. Características nacionales

Los Estados Unidos de América (EUA) es el tercer país más grande del mundo en términos de tamaño físico. Rusia y Canadá son más grandes. El área total de los EUA es de 9.8 km², con una superficie de agua de aproximadamente 685,000 km² (véase https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/us.html). Las tierras agrícolas representan 44.5% del país y 16.8% de estas son tierras de cultivo, 0.3% son cultivos permanentes y 27.4% son pastizales permanentes. Otro 33.3% es bosque. La mayor parte de los EUA se encuentra en una zona climática templada, con

[1] **Michael F. Allen,** Universidad de California, Riverside, jfoley@calacademy.org [2] **Peter L. Morrell,** Universidad de Minnesota, pmorrell@umn.edu [3] **Charles W. Rice,** Universidad Estatal de Kansas, cwrice@ksu.edu [4] **Henry J. Vaux,** Universidad de California, Riverside, vaux0@att.net [5] **Clifford N. Dahm,** Universidad de Nuevo México, cdahm@sevilleta.unm.edu [6] **Rebecca R. Hernandez**, Universidad de California, Davis, RRHernandez@ucdavis.edu

pequeñas zonas tropicales en Hawái y el extremo sur de Florida y regiones árticas en el norte de Alaska. Las condiciones ambientales del país son heterogéneas, con altas precipitaciones pluviales en la mayor parte de la mitad oriental del país y un paisaje natural dominado por bosques templados y caducifolios. La precipitación anual de la zona central es menor y el paisaje incluye pastizales semiáridos a áridos. Esto se convierte en regiones áridas y desérticas en el suroeste del país. Las principales cordilleras cerca de la costa atlántica, en el oeste, y la región costera occidental, en una región intermontañosa, cuentan con un área pequeña para cultivo.

Estados Unidos de América es también el tercer país en términos de población, con aproximadamente 323 millones de habitantes. Tanto China como la India tienen poblaciones cercanas a 1.3 mil millones de personas, y aunque los EUA ocupa el tercer lugar, cuenta con una población mucho más pequeña y una densidad de población bastante menor que los dos países más grandes. La población de los EUA es muy diversa desde el punto de vista racial y su tasa de crecimiento es relativamente baja, ubicándose en 0.8%. Si bien el producto interno bruto per cápita de los EUA es alto, la desigualdad en la distribución de la riqueza es un factor determinante en materia de inseguridad alimentaria. Aproximadamente 42 millones de ciudadanos estadounidenses se efrentan a ella en cierto grado, siendo las consecuencias más frecuentes el hambre a corto plazo o la desnutrición persistente. El problema de la inseguridad alimentaria pareciera ir en aumento debido, en parte, al estancamiento de los salarios de los trabajadores pobres. Sin embargo, existen amplios programas de asistencia gubernamental, así como organizaciones de beneficencia privadas que se dedican a combatir el hambre y la desnutrición, principalmente en niños.

La agricultura en todo EUA es heterogénea pero, en su mayor parte, de dimensiones industriales. Se beneficia de un enorme sector de servicios agrícolas compuesto mayormente por empresas estadounidenses o europeas con subsidiarias en los EUA. Esto incluye fabricantes de equipos, empresas de fertilizantes, semillas y productos químicos. Entre los principales cultivos se incluyen maíz, soya, trigo y alfalfa. La producción de maíz ha dado un giro radical hacia su uso en la producción de etanol, principalmente como combustible de vehículos ligeros, y los residuos de este proceso son utilizados como alimento para animales. El alimento para animales es uno de los principales usos domésticos que se da a los dos principales cultivos: maíz y soya. Esto favorece a una amplia industria pecuaria que produce carne de res, cerdo y aves de corral, incluyendo pollos y pavos. El consumo de aves de corral –en especial el de pollo– ha ido en aumento en las últimas décadas mientras que el consumo de carne de cerdo se ha mantenido constante y la carne de res ha experimentado un ligero descenso después de alcanzar su punto máximo en la década de los 70. La producción de carne de res en los EUA es un poco inusual debido a que el ganado es típicamente cebado con grano en granjas de engorda principalmente ubicadas cerca de regiones de producción de maíz y soya.

Estados Unidos de América es autosuficiente en materia de agricultura y uno de los principales exportadores de alimentos y productos alimenticios. No obstante, y por su clima en gran parte templado y estaciones bien marcadas, el país también es un gran importador de alimentos y productos alimenticios. Esto incluye una amplia diversidad de alimentos, incluyendo mariscos, frutas y verduras frescas (además de muchas frutas tropicales que se consumen en los EUA), café y productos de especialidad como queso, vino y especias. México y Centroamérica son los principales productores de frutas y verduras frescas, incluyendo frutas tropicales (por ejemplo, plátano, piña y aguacate), así como cultivos "fuera de temporada" durante gran parte del año en Norteamérica.

2. Marco institucional

Sistemas Nacionales de Investigación Agrícola

Estados Unidos de América ha creado una sólida infraestructura para investigar, evaluar y aplicar los resultados de análisis básicos y proporcionar oportunidades de capacitación a partir del nivel elemental de primaria hasta niveles de licenciatura. Es importante destacar que a medida que se

modifican los problemas como el cambio climático, las plagas invasoras, los procesos de los ecosistemas y los costos de producción de alimentos, es posible ampliar esta infraestructura de muchas formas con temas ajenos a los programas agrícolas tradicionales y con iniciativas privadas. Algunos de estos son fácilmente adaptables, pero otros requieren del apoyo de la agroindustria, la educación y los programas gubernamentales.

Existen varios organismos nacionales encargados de los diversos aspectos de la producción de alimentos y la sostenibilidad. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), la cual se fundó en 1807 bajo la presidencia de Jefferson como Servicio Costero y Geodésico de los Estados Unidos de América, para examinar y elaborar un mapa de riesgos y recursos de los litorales, actualmente es parte del Departamento de Comercio. La NOAA supervisa el programa *Sea Grant* cuya función es entender y vigilar los programas de pesca y sostenibilidad. Dado que EUA importa más mariscos de los que exporta, y que estos son considerados un recurso cada vez más importante, es evidente que mantener y reducir la sobreexplotación pesquera constituye un factor fundamental en los recursos alimentarios sostenibles del país.

La NOAA también administra los programas climáticos y meteorológicos a través del Servicio Meteorológico Nacional. Los datos abarcan desde la predicción y seguimiento de eventos y situaciones inmediatas y cotidianas hasta predicciones climáticas a largo plazo y análisis de cambios. El mantenimiento de la infraestructura para conservar toda esta información y este conjunto de datos es crucial para la siembra a corto y largo plazos, así como para la cosecha y la elección apropiada de cultivos sostenibles.

En 1862 se organizó un Departamento de Agricultura independiente en EUA (USDA) para ayudar a los pequeños agricultores, especialmente en asentamientos europeos recién establecidos en el país. El Departamento de Agricultura se convirtió oficialmente en un organismo a nivel de gabinete en 1889. La Ley de Reserva Forestal de 1892 instituyó un organismo para el manejo de los bosques del país a través del Departamento del Interior y, en 1905, fue transferido al USDA bajo la dirección de Gifford Pinchot y Theodore Roosevelt con el nombre de Servicio Forestal de Estados Unidos de América, siendo su principal función la de enfocarse en la producción nacional de fibra. Actualmente hay más de 90 laboratorios de servicios de investigación agrícola (ARS) en los EUA y el extranjero y 67 laboratorios de Investigación y Desarrollo Forestal en los EUA que se encuentran ubicados en cinco regiones, más el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en Puerto Rico, todos interconectados por una red de 80 bosques experimentales. La investigación y el desarrollo en las áreas de producción de fibra y alimentos incluyen muchos organismos especializados como el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (antiguamente Servicio de Conservación de Suelos), Investigación, Educación y Economía (REE), el Servicio Nacional de Estadísticas Agropecuarias (NASS) y el Servicio de Inspección Sanitaria de Animales y Plantas (APHIS). Juntos conforman la mayor parte del programa de investigación y desarrollo agrícola y forestal en los EUA, y operan más allá de sus fronteras.

Han surgido muchos organismos que se dedican a la supervisión de actividades o temas agrícolas específicos, cuyo cometido a menudo ha cambiado con el paso del tiempo. La Comisión Entomológica de EUA se fundó con US$ 18,000 en 1876 como parte del Departamento del Interior y como respuesta a los brotes de plagas de langosta en las Montañas Rocosas. Fue tan eficaz que al parecer llevó a esta especie en particular a su extinción (Lockwood, 2004). Este organismo posteriormente se convirtió en el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EUA, encargado del cuidado de poblaciones silvestres de pesca y caza, que constituyen la base de los recursos alimenticios de subsistencia cuyo manejo recae en cada uno de los estados, pero con el apoyo de las reservas de vida silvestre, la Ley de Especies en Peligro de Extinción y otras actividades dirigidas a proporcionar recursos forestales sostenibles.

El programa espacial de la Agencia Espacial Estadounidense (NASA) empleó su conjunto de herramientas y modelos para mantener la productividad de alimentos y fibra y, a la larga, para llevar a cabo su gestión a través del programa Misión Rescate - Planeta Tierra, iniciado en 1997. La Fundación Nacional de Ciencias (NSF) financia investigaciones de ciencia básica relacionadas con la alimentación sostenible y la gestión de recursos

naturales y, más recientemente, una serie de programas de colaboración público-privada como el de la asociación entre la NSF y la Fundación Bill y Melinda Gates, que ha dado lugar a una gran cantidad de esfuerzos de alto perfil para impulsar la producción agrícola.

Universidades e Institutos de Investigación

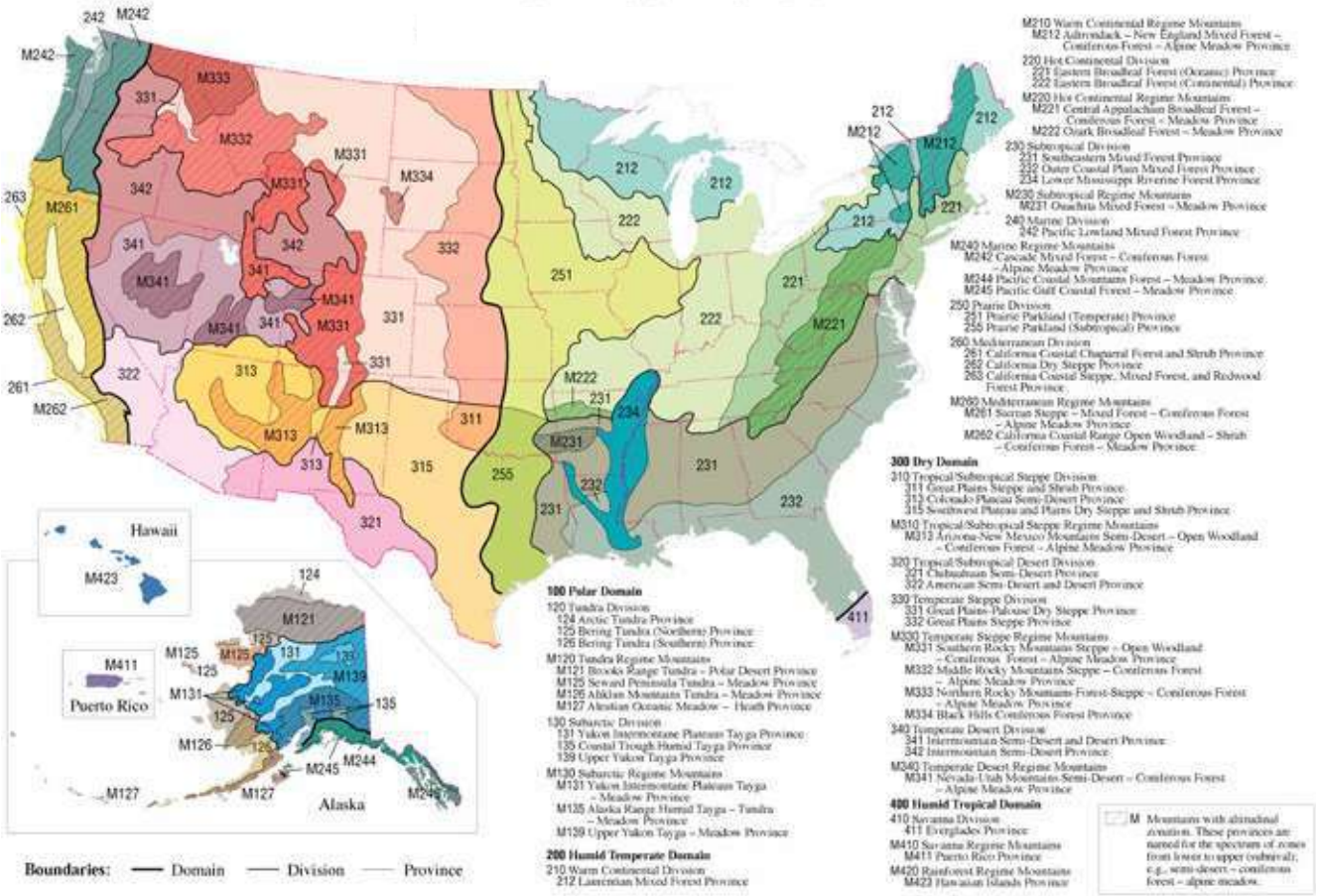
Estados Unidos de América inició un programa estatal de investigación y asistencia agrícola en 1862 mediante la creación de universidades con cesión de terrenos a través de la Ley Morrill. Fue el estado de Kansas en donde se abrió la primera universidad de este tipo en 1863, seguido rápidamente por la Universidad Estatal de Iowa y programas agrícolas en las universidades de Yale, Cornell y Rutgers. La Ley Morrill fue seguida en 1887 por la Ley Hatch, que ofrecía recursos federales para la creación de Estaciones Experimentales Agrícolas (AES) en cada estado. Las estaciones experimentales ofrecen algunos fondos directos, pero sobre todo de cofinanciamiento y contactos de investigación entre investigadores federales y estatales dedicados a prácticamente todas las actividades agrícolas a nivel nacional. La Universidad de California cuenta con tres campus universitarios que apoyan Estaciones Agrícolas Experimentales: Riverside, en el sur de California, y los campus universitarios en Davis y Berkeley, con diferentes especialidades. Actualmente hay universidades agrícolas en cada estado y en el Distrito de Columbia y territorios asociados (Samoa Americana, Guam, Islas Marianas del Norte, Puerto Rico e Islas Vírgenes). En casi todas las universidades hay instalaciones y estaciones de investigación asociadas al USDA. En conjunto, conforman una imponente unidad de investigación que se ocupa de temas relacionados con la utilización de la producción de alimentos y fibras, nutrición y transporte. Los temas abarcan desde biotecnología a teledetección, nutrición humana, economía y productividad agrícola. El sistema es compatible con la red más sofisticada de modelado e instrumentación (secuenciación, teledetección) enfocada a mantener la producción agrícola. Igual de importante resulta que, al integrar tanto física como remotamente (utilizando mecanismos informáticos y de comunicación satelital) las instalaciones de investigación universitarias, estatales y federales, los equipos interdisciplinarios y transdisciplinarios pueden atender tanto los asuntos de proyección inmediata como los de largo plazo que surgen o se hacen evidentes a partir de las predicciones del modelo.

Este apoyo a la investigación fue seguido por la Ley Smith Lever de 1914 que estableció los Servicios de Extensión Cooperativa en cada estado. El programa se creó para garantizar que la investigación pudiera traducirse desde las universidades de investigación directamente a los productores y profesionales. En general, existen oficinas de Servicios de Extensión Cooperativa en cada distrito, o grupo de comarcas, en todo el país. Han sido establecidas para atender asuntos agrícolas locales específicos a medida que surgen y para ofrecer un canal de comunicación a los investigadores con la finalidad de atender problemas emergentes, como los que se mencionan en otras partes de este documento.

Desarrollo de fuerza de trabajo calificada y situación de los sistemas educativos nacionales

Se prevé que entre 2015 y 2020 se abrirán cerca de 58 mil puestos de trabajo promedio anuales para egresados de licenciaturas o estudios superiores con conocimientos especializados en alimentos, agricultura, recursos naturales renovables o medio ambiente. Casi la mitad de las oportunidades estarán en el área de administración y negocios, y 27% en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) –15% en producción sostenible de alimentos y biomateriales y 12% en educación, comunicación y servicios gubernamentales–. Se espera que aproximadamente 35,400 egresados estadounidenses con conocimientos especializados en alimentos, agricultura, recursos naturales renovables o medio ambiente, ocupen 61% de los 57,900 puestos de trabajo anuales promedio. Esto deja un déficit de 22,500 puestos que tendrán que ser ocupados en disciplinas relacionadas, como biología, administración de empresas, ingeniería, educación, comunicación y ciencias del consumidor. Los egresados de licenciaturas que ofrecen conocimientos especializados en alimentos, agricultura, recursos naturales renovables y el medio ambiente gozarán de gran demanda ya que serán capaces de atender los asuntos prioritarios estadounidenses en materia de seguridad

Mapa de ecorregiones de los Estados Unidos de América



Fuente: R. G. Bailey, Ecoregiones de los EUA, USDA Forest Service (Escala 1:7,500,000, actualizado a 1994)

alimentaria, energía sostenible y calidad ambiental. Se espera que los egresados de estas especialidades no sólo ofrezcan respuestas y diseñen estrategias para hacer frente a estos crecientes desafíos en los EUA, sino que también asuman un papel de liderazgo ante el mundo en cuanto al suministro de sistemas alimentarios sostenibles, recursos hídricos adecuados y energía renovable en un mundo de crecimiento demográfico y cambio climático. Los programas de educación superior estadounidenses se han encontrado con desafíos para inscribir a mujeres y minorías étnicas en las especialidades de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM).

Contribuciones relativas a los sectores público y privado

El apoyo federal y estatal han sido el pilar de la investigación y el desarrollo agrícola desde mediados del siglo XIX. El subsidio federal ha disminuido en los EUA en los últimos diez años. No obstante, los apoyos para investigación y desarrollo se han mantenido estables en gran parte debido a un sector privado cada vez mayor (Fuglie y Toole, 2014). Antes, la mayor parte de la inversión privada para I+D agrícola estuvo ligada a la poscosecha y el transporte, la maquinaria, los productos químicos y los fertilizantes.

Los cambios vertiginosos en la evolución de las variedades y las nuevas leyes de protección de patentes, disposiciones y apoyo federal y estatal, han dado lugar a cambios drásticos en el ámbito de la investigación y el desarrollo. Debido a que actualmente existe la protección de patentes para organismos y genes, ha surgido un tipo de investigación y desarrollo menos transparente y más difícil de transferir de agricultor a agricultor. En Europa y algunas regiones de las Américas han surgido

numerosas objeciones de base en relación con algunas aplicaciones de la transferencia de genes entre organismos. Sin embargo, la investigación continúa demostrando que los organismos, especialmente las plantas y los microbios, adquieren naturalmente genes de organismos no relacionados, y las nuevas tecnologías CRISPR (herramientas de edición del genoma), que modifican en lugar de transportar nuevos genes, pueden resolver muchas de estas inquietudes.

Perspectivas futuras

Prevemos cambios bastante dramáticos de los marcos institucionales en materia de investigación y desarrollo agropecuario en un plazo de 50 años. Estos incluyen un cambio de los asuntos locales de las universidades agrícolas más grandes a universidades más pequeñas, a menudo instituciones pequeñas o colegios comunitarios. Las universidades de investigación, en muchos casos las universidades asociadas a las Estaciones Experimentales Agrícolas y los laboratorios federales, dirigirán sus esfuerzos a temas de investigación más extensos a través de una red y con frecuencia en interconexión con la industria. Los temas incluirán métodos biotecnológicos para la producción de semillas y una asociación público-privada de biotecnología para la manipulación, registro de patentes y manejo de simbiontes microbianos mutualistas que reducen la necesidad de plaguicidas y aprovechan los fertilizantes. También prevemos un aumento en la escala de la agricultura por el uso de productos gubernamentales como la teledetección y una industria privada que interactuará con los ingenieros universitarios responsables del desarrollo de la maquinaria equipada con sensores y herramientas de teledetección para mejorar la eficiencia de la gestión de la tierra.

Ello plantea dos retos para la investigación y el desarrollo, incluyendo la cada vez más compleja y engorrosa supervisión burocrática y el uso de los resultados derivados de la I+D. Las disposiciones con frecuencia contradictorias y que se traslapan en materia de salud, intereses públicos y transporte, pueden obstaculizar la investigación y el desarrollo, así como su traducción al sector productivo.

El financiamiento de los sectores federal, estatal, local y privado continúa siendo crucial. La disminución de la investigación y el desarrollo federal en la última década podría provocar una menor comprensión crítica de los temas de importancia, en especial la evolución de las plagas que están surgiendo en los EUA y el resto del mundo. Si bien el financiamiento privado tiene el potencial de hacer posible que surjan nuevos e increíbles productos y procedimientos para mejorar la producción de alimentos y fibra, las repercusiones negativas de las patentes y la posibilidad de una escalada de costos continúa siendo motivo de preocupación. Por último, es de suma importancia contar con los apoyos que hagan posible continuar formando futuros científicos tanto al interior de los EUA como a nivel internacional para poder seguir el paso de una población mundial aún en crecimiento.

Dentro de este ámbito, la cooperación internacional y la creación y mantenimiento de redes científicas, al igual que un intercambio abierto de información, son fundamentales para preservar la producción agrícola.

3. Características de los recursos y ecosistemas

Recursos hídricos y retos de los próximos cincuenta años

Muchos de los acuíferos del mundo están disminuyendo y se encuentran en una situación que muchos consideran insostenible (Richey *et al.*, 2015). Las políticas y procesos de gestión e instituciones actuales no parecen ser suficientes para poder adaptarse a la disminución de los niveles de las aguas subterráneas (Gold *et al.*, 2013; Morton, 2015). Las políticas sobre aguas subterráneas, por ejemplo, varían según el estado y casi nunca incluyen datos hidrológicos adecuados y de uso del agua de cultivo que permitan manejar las tasas de bombeo (Wohlers *et al.*, 2014). Es necesario integrar el conocimiento científico, evaluar los escenarios políticos, así como los marcos políticos y sociales, para poder prolongar la vida de los recursos hídricos subterráneos.

Recursos del suelo y retos de los próximos cincuenta años

Actualmente, los suelos de los EUA sufren una degradación debido a la compactación, salinización,

acidificación y contaminación por compuestos antropogénicos, pero la erosión del suelo causada por el viento y el agua y que da lugar al deterioro de sus propiedades físicas, pérdidas de nutrientes y cambios en las condiciones de la superficie que no son viables continúan siendo el principal factor de riesgo (Karlen y Rice, 2015). La adopción del método de labranza de conservación contribuyó a reducir la posible erosión hídrica y eólica. No obstante, la tasa promedio global de pérdida de suelo se encuentra en un orden de magnitud mayor que las tasas estimadas de renovación, que son menores a 1 Mg ha-1 por año (Alexander, 1988; Montgomery, 2007).

La segunda mayor amenaza para los suelos de los EUA es la pérdida de materia orgánica. Los niveles de carbono del suelo son de solo aproximadamente la mitad del nivel que tenían antes de que las tierras fueran convertidas de bosques o praderas a tierras de cultivo.

El transporte de nitrógeno (N) y fósforo (P) derivados del suelo a las vías fluviales es un problema importante, además de que la aplicación en exceso de N continúa realizándose en gran parte de las tierras de cultivo en los EUA. Aunque se ha desarrollado y promovido una gran variedad de mejoras prácticas de gestión para una aplicación óptima de nutrientes y controles de la erosión, los problemas de erosión y desequilibrio de nutrientes persisten. Se ilustra la relación de los altos niveles de N y P del suelo con los problemas de calidad del agua en la hipoxia estacional de las aguas costeras poco profundas de la plataforma de Luisiana en el norte del Golfo de México (Alexander *et al*., 2008). Muchos estudios han demostrado la relación que existe entre las prácticas agrícolas y las cargas de N y P en los cursos de agua. (Brown *et al*., 2011; Alexander *et al*., 2008).

Nuestra mayor incertidumbre sobre las amenazas a las funciones del suelo tiene que ver con nuestro limitado conocimiento sobre los cambios en su biodiversidad, acontecidos en el pasado y en el presente, así como sus implicaciones en el manejo sostenible del suelo. No hay datos de referencia inicial para estos organismos ni los científicos han podido estimar el número real de organismos del suelo, en particular de microorganismos. Muchos organismos no se han descrito y en general necesitamos entender mejor la biogeografía de los organismos del suelo en Norteamérica (Núñez y Dickie, 2014). Resulta sumamente difícil evaluar las amenazas a la biodiversidad del suelo en vista de nuestra falta de conocimiento. No existen programas a nivel regional o nacional que vigilen la biodiversidad del suelo en Norteamérica.

Desafíos energéticos

Aunque la disponibilidad de combustibles fósiles para energía continúa siendo motivo de preocupación, nos parece que esto no será tan importante como lo fue en los últimos cincuenta años. La aparición de nuevas tecnologías de energía renovable implica un enorme potencial a futuro, especialmente para su aplicación en tierras agrícolas. La mayoría de las tierras de cultivo y bosques se ubican en áreas con altos potenciales de energía solar, eólica u otras formas renovables, o combinaciones de tecnologías generadoras de energía. El uso local de energías renovables para maquinarias relativamente nuevas (vehículos eléctricos) y la aplicación de nuevas simbiosis microbianas para combatir las limitaciones de los fertilizantes y reemplazar los pesticidas puede reducir drásticamente las restricciones resultantes de los límites establecidos para la explotación de combustibles fósiles que han surgido debido al cambio climático, la monopolización o los límites a la producción sostenible.

Conflictos y retos de la biodiversidad

La agricultura en los EUA, y a nivel global, alimenta al mundo utilizando tan solo una pequeña parte de la diversidad de plantas y animales en el mundo. Esta diversidad se compone en gran parte de especies traídas a los EUA de otros lugares. De igual importancia son los mutualismos y plagas de plagas (amigas) que contribuyen a la producción de plantas y animales domesticados y que apenas entendemos. Muchas de estas especies no han sido caracterizadas. La mayor diversidad de estos socios potenciales se encuentra en áreas protegidas, semi-naturales, o incluso en la periferia de campos y bosques. Para poder mantener la producción de alimentos y fibra y al mismo tiempo reducir el uso excesivo de combustibles fósiles, pesticidas y fertilizantes, debemos entender mejor la evolución y la gestión de estos posibles recursos biológicos con el fin de manejar las tierras

de mejor forma, incluidas las áreas naturales. Para lograr esto es necesario realizar un mejor trabajo de investigación y explotación de estos recursos potenciales que se encuentran a nuestro alcance.

En los EUA solamente se han utilizado de forma comercial unos cuantos animales y plantas nativos del país, y un número menor ha sido domesticado. Los nativos americanos empleaban una gran variedad de especies de plantas y pudieron identificar una gama amplia de taxones, pero cultivaron pocas especies nativas. Los principales cultivos agrícolas eran especies de plantas importadas del sur. Las excepciones de esto son los girasoles, el amaranto y los *chenopods* (género de cerca de 150 especies de fanerógamas, conocidas genéricamente como cenizos o quinoas), que son especies anuales que crecieron bien en suelos perturbados al igual que lo hicieron el maíz, los frijoles, la calabaza y los chiles. La excepción podría ser la nuez pecán, un árbol importante que crece naturalmente en el sureste de los EUA, pero que se cultiva de forma comercial en el suroeste. Continúa discutiéndose el tema de la posibilidad de una mayor domesticación de plantas y animales, si bien no quedan animales de gran tamaño que pudieran domesticarse con facilidad. Aunque el bisonte se produce y se vende de forma comercial, su domesticación suscita controversia; muchos investigadores prefieren pensar en los ranchos de bisontes como tierras de pastoreo. Es importante destacar que las múltiples variedades de piñones, setas y otras fuentes de alimentos indican la existencia de una gran diversidad de cultivos potenciales cuyo impacto en los suelos y el clima es menor, y que podrían domesticarse. La preservación de la biodiversidad continúa siendo una fuente importante de nuevas estrategias de productividad agrícola.

Si bien es verdad que se sigue debatiendo el potencial de domesticación de nuevas plantas y animales, es posible proteger, seleccionar y utilizar simbiontes mutualistas que pueden aumentar la accesibilidad y eficacia de los nutrientes y el agua, aportar polinizadores y proteger contra enfermedades. La mayoría de los microbios mutualistas empleados (ya sea de forma intencional o no) en la agricultura provienen de ecosistemas pre-agrícolas o invaden los cultivos de los ecosistemas circundantes. La mayoría de los cultivos y todos los árboles dependen de las micorrizas y de los beneficios que estas generan para los recursos del suelo (nutrientes, agua) y casi ninguno de ellos se transfiere deliberadamente entre los países. Pero la mayoría de las plantas simplemente utilizan los simbiontes microbianos locales, independientemente de su origen. Algunos microbios parecen haberse vuelto invasores, como el *Amanita phalloides* (Pringle y col.) y *A. muscaria* (Dickie y col.), y bien podrían ofrecer atributos positivos (adquisición de nutrientes) y negativos (envenenamiento). Algunos simbiontes fijadores de N también han invadido los sistemas agrícolas (Porter *et al.*) y otros (como la alfalfa traída desde el centro de España) son inoculados, y las poblaciones de origen inicial no se conocen; no sabemos cuán diversas son estas poblaciones. Por ejemplo, al analizar la muy diversa comunidad ectomicorrícica, solo hubo coincidencias en 69 de los casi 150 taxones, al utilizarse un enfoque molecular a taxones conocidos con un criterio de similitud de 98%. Casi dos tercios comparten valores de similitud de 85% y otros más sencillamente no se conocen. Lo que sí sabemos es que se obtiene una amplia gama de respuestas de las poblaciones nativas y las poblaciones introducidas de positivo a negativo. Las respuestas suelen depender del huésped, los suelos y el medio ambiente. Tanto en los casos de hongos micorrícicos como en los rizobios fijadores de N, no se ha llevado a cabo una buena selección o manejo de los taxones para optimizar la producción de plantas en el terreno. Esto significa que contamos con un enorme recurso microbiano no explotado que ayudará a mejorar la adquisición de recursos a medida que cambie el entorno. *Los mutualismos simbióticos ofrecen perspectivas muy halagüeñas para reducir la dependencia en los productos químicos y la energía.*

Del mismo modo, la función de los polinizadores es absolutamente esencial para una gran variedad de cultivos. La mayor parte de la polinización se lleva a cabo de forma comercial por una empresa que gestiona las abejas melíferas europeas. Sin embargo, debido a numerosos factores, entre ellos las enfermedades, la mezcla y migración de las colmenas y el uso de plaguicidas, estos polinizadores comerciales empiezan a limitar la producción agrícola. Existen muchas especies nativas con un enorme potencial para mejorar la

polinización de los cultivos. Las abejas alcalinas son conocidas por polinizar los campos de alfalfa en muchas regiones del oeste de los EUA. Una gran variedad de abejorros poliniza huertos familiares y tomates comerciales. El trabajo de investigadores como Claire Kremen ha demostrado que un manejo cuidadoso de los linderos de los campos y las vías fluviales junto con las áreas silvestres cercanas puede preservar una comunidad diversa de polinizadores y mejorar la productividad de los cultivos.

La vasta biodiversidad de los EUA podría desarrollar la resistencia a las enfermedades mediante el suministro de plagas de plagas en el país y en el extranjero. Los laboratorios europeos de control biológico del USDA han diseñado diversas técnicas de control biológico para plagas. Los investigadores de todo el país han encontrado muchas plagas de plagas que pueden utilizarse para preservar la producción de plantas. Los ejemplos incluyen enemigos naturales del escarabajo de la patata de Colorado, que son eficaces para el control del escarabajo en los EUA y Europa. La chicharrita de alas cristalinas es un insecto nativo de los EUA que transmite la bacteria *Xylella fastidiosa* a una amplia variedad de plantas, incluyendo uvas, cítricos, adelfas, sicomoros e incluso aceitunas. A su vez, un parasitoide de huevo nativo de los EUA, *Gonatocerus ashmeadi*, ataca a la chicharrita (*Homalodisca vitripennis*) (Hoddle *et al*.). Este es un tema que se ha utilizado marginalmente para la agricultura y que ofrece considerables posibilidades para mejorar la producción y reducir la dependencia de los pesticidas. También es relevante que aún no se ha sacado provecho del uso de los virus nativos que se encuentran en los ecosistemas de las zonas silvestres para controlar los microbios de las enfermedades. Un ejemplo son los virus de ARN bicatenarios de doble cadena (dsRNA). La *Cryphonectria parasitica* es el agente que causa el chancro del castaño, provocando el cambio de un árbol común y de importancia comercial para el bosque a una especie de sotobosque que rebrota de árboles más viejos. Los virus dsRNA pueden penetrar la cepa hipovirulenta *C. parasitica* y facilitar el rebrote del árbol; muchos de estos virus dsRNA parecen ser híbridos resultantes de mezclas de dsRNA de numerosas fuentes. Es importante destacar que los virus dsRNA pueden transmitirse horizontal y verticalmente entre los huéspedes.

En general, no se han realizado muchas acciones para utilizar los recursos biológicos naturales en la producción animal. El aislamiento y la aplicación de bacteriófagos para el control de la salmonela es solo un ejemplo de la búsqueda de controles biológicos. Por otra parte, entender las enfermedades de las poblaciones de cerdos salvajes podría resultar de gran ayuda en el manejo de agentes patógenos en cerdos domesticados y, por ende, para la producción. Pronosticamos que, a medida que aumente la resistencia a los antibióticos, se hará evidente la necesidad de diseñar estrategias alternativas que podrían provenir de la rica biodiversidad que rodea todos los sistemas agrícolas.

En términos generales existe una increíble biodiversidad de insectos y microbios útiles cuyo potencial sólo se ha aprovechado mínimamente. La sobreexplotación de tierras silvestres y la pérdida de campos y márgenes de plantaciones en actividades de producción sumamente excesivas, en realidad reducen o dan lugar a la desaparición de esta diversidad antes de que pueda estudiarse y utilizarse. El mantenimiento de las tierras silvestres, los bosques, los pastizales, los márgenes de las tierras y las franjas ribereñas puede desempeñar un papel fundamental para el mantenimiento de la futura producción agrícola. Esto se hará aún más evidente con el cambio climático. Ya podemos observar una migración hacia el norte de mosquitos y enfermedades transmitidas por ellos, y las tendencias de calentamiento nos llevan a esperar una invasión mayor de nuevas plagas de plantas y animales agrícolas. Es fundamental que entendamos la ecología de estas plagas, su gama de huéspedes nativos y especialmente sus parásitos y depredadores, para poder diseñar nuevas estrategias y combatir los problemas emergentes.

Implicaciones de las tendencias del sector forestal

Los bosques de los EUA han sido un rasgo dominante del continente norteamericano por miles de años. Sin embargo, ha habido cambios dramáticos en su cobertura y uso forestal, especialmente desde el contacto europeo con el Nuevo Mundo en el siglo XV. A raíz de la enorme mortandad de la población humana en América (incluyendo lo que ahora es EUA), parece haber habido una gran reforestación de tierras que redujo el CO_2 atmosfé-

rico entre 7 y 10 ppm, un cambio dramático en los niveles globales de CO_2. En la década de 1630, alrededor de 46% de los EUA contiguos eran tierras boscosas que fueron disminuyendo hasta finales del siglo XIX cuando la ocupación se estabilizó en 33-34% de la superficie terrestre.

Los bosques se manejan de forma diferente en varias partes de los EUA, ubicando 70% en tierras públicas en el semiárido oeste (aunque los bosques costeros del Pacífico son propiedad privada), mientras que en el este son principalmente privados (81%) con tierras públicas en parcelas muy dispersas, con frecuencia bajo control militar.

Es importante destacar que los productos no madereros también son importantes para las economías locales, incluyendo hongos, ganado, caza y artesanías. Los bosques también son cruciales para los servicios de los ecosistemas, incluyendo el secuestro de 15% del total de los gases de efecto invernadero.

La creciente reserva de árboles en los bosques está aumentando en todas las áreas, aunque especialmente en el este de los EUA, los bosques han desempeñado y continúan desempeñando un papel preponderante en los servicios de los ecosistemas. Esto incluye importantes aumentos en secuestro de carbono en las últimas dos décadas (15% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero), producción de agua y purificación (los Bosques Sierra se describen como torres de agua que suministran agua de riego para el Valle Central y las tierras agrícolas del sur de California), así como protección de la biodiversidad y especies en peligro de extinción.

A diferencia de la agricultura, el consumo de madera ha superado la producción nacional desde finales del siglo XIX. Aunque la recesión de 2008 redujo la producción y el consumo de madera, en 2011 todavía 79% de la madera se seguía produciendo en el país y el resto se importaba. Esta importación fue la principal amenaza para la producción forestal debido a la constante importación de agentes patógenos. El chancro del castaño, *Cryphonectria parasitica,* que destruye la castaña americana de los Apalaches del sur a Michigan y Nueva Inglaterra, es sólo uno de los ejemplos más notables. Muchas otras enfermedades graves han provenido ya sea de microbios invasores, como la *Phytophthora ramorum* en robles (muerte repentina del roble, que apareció con la importación de plantas ornamentales) o de microbios nativos propagados probablemente por insectos invasores, incluyendo la *Neonectria faginata* en haya, que se propagó con rapidez por el *Cryptococcus fagisuga*, un insecto tachuela de Europa, y por insectos como el adélgido lanudo del abeto *Adelges tsugae* y la lagarta peluda *Lymantria dispar* de Europa y Asia, acabando a su paso con los robles del noreste, y hasta el barrenador de robles, *Agrilus auroguttatus*, que llegó en la leña desde el sur de California hasta el sureste de Arizona.

El principal impacto en la producción forestal a futuro provendrá de las interacciones de numerosas amenazas, en particular de plagas invasoras superpuestas en los patrones de contaminación y el cambio climático. En el noreste, el adélgido lanudo está emigrando tierra adentro y hacia el norte a medida que las temperaturas invernales aumentan y propician su supervivencia. En las sierras, la sequía y los insectos descortezadores están provocando la muerte masiva del pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) y el pino de azúcar (*P. lambertiana*). Es importante señalar que el cedro de incienso (*Calocedrus decurrens*) no parece mostrar esta mortalidad. El daño causado por el escarabajo descortezador es especialmente sensible al estrés por sequía. En una prueba experimental de adición de nitrógeno, se observó que los pinos piñoneros (*P. edulis*) eran sensibles a las adiciones de N mediante simulación de la deposición de N por contaminación del aire, pero no así los enebros (*Juniperus monosperma*). En gran medida, los enebros y el cedro de incienso forman simbiosis micorrícicas arbusculares, una simbiosis micorrícica primitiva que parece ser menos sensible a la sequía y a altos niveles de N que las ectomicorrizas encontradas en los pinos. El hecho de que la mayor mortalidad se ubique en las laderas occidentales en el rango de elevación media, un área con altos niveles de contaminación de N, genera un patrón que hace recordar la sequía y la mortandad de los árboles en las laderas orientadas hacia el oeste de las cordilleras transversales de California en 2003. Los impactos de la sequía en ambas áreas se agravan más por la extinción de incendios forestales y la subsiguiente densificación del terreno. En la parte interior de las Montañas Rocallosas, un clima cálido alarga e intensifica el período de sequía

en los bosques de *Pinaceae*. Con la sequía, el calentamiento y la prevención de incendios, el daño causado por el escarabajo descortezador se puede observar desde Nuevo México hasta Montana. *Una tormenta perfecta de cambio climático, contaminación del aire, especies invasoras y mala gestión amenazan la producción a largo plazo de los bosques estadounidenses.*

Impactos potenciales del cambio climático

El crecimiento de la población y las fluctuaciones del cambio climático también agravarán otros problemas, como la desertificación, la deforestación, la erosión, la degradación de la calidad del agua y el agotamiento de los recursos hídricos, lo que complicará aún más el reto de la seguridad alimentaria (Delgado *et al*., 2011). Los aumentos de temperatura aunados a precipitaciones más variables reducirán la productividad de los cultivos (Walthall *et al*., 2012). Si bien los efectos no serán los mismos en todas las regiones de los EUA, todos los sistemas de producción se verán afectados en cierta medida por el cambio climático. Se espera que el continuo cambio en el clima para mediados de siglo tenga efectos adversos en la mayoría de los cultivos y el ganado. La mayor incidencia de eventos climáticos extremos previstos tendrá efectos adversos en la productividad agrícola (Walthall *et al*., 2012).

Resiliencia a los eventos extremos

La vulnerabilidad de la agricultura ante el cambio climático dependerá en gran medida de las acciones que tomen los seres humanos para mitigar sus efectos. Las acciones de adaptación que los sectores agrícolas han llevado a cabo fueron impulsadas por los riesgos y efectos directos del cambio climático, así como por los cambios en los mercados y las políticas de los EUA y el resto del mundo. Llevar a cabo una acción de adaptación eficaz en todo el sistema agrícola de los EUA ofrece la posibilidad de aprovechar las nuevas oportunidades y minimizar los costos asociados con el cambio climático. Delgado *et al*. (2011) elaboraron una lista de varias estrategias para adaptarse al cambio climático en la producción agrícola, incluyendo ajustes en los insumos, labranza, especies de cultivos, rotación de cultivos y estrategias de cosecha.

Perspectiva del futuro

Hemos sabido, desde los estudios clásicos de John Tyndall (1861) y, en especial, de Svante Arrhenius (1895), que las moléculas de CO_2 absorben la radiación infrarroja re-irradiada y retienen el calor a nivel global. Los datos de la temperatura global revelan que las temperaturas continúan aumentando y alterando las tormentas y, en última instancia, la distribución temporal y espacial de las precipitaciones. Todos los modelos de simulación por computadora a escala global coinciden en que las temperaturas continuarán aumentando durante un siglo o más, por lo menos. Preocupa sobre todo el pronóstico que no sólo aumentará la media, sino también la varianza. Al igual que con cualquier curva en forma de campana, el resultado es un aumento notable en eventos extremos, como temperaturas altas extremas y prolongadas, y una mayor intensidad y/o frecuencia de grandes tempestades. Se sabe que la respuesta de las plagas a los cambios ambientales y a los eventos extremos es impredecible. Proyectamos un aumento de nuevas plagas al igual que un aumento de brotes de plagas conocidas. La agricultura debe diseñar nuevas estrategias para poder continuar la producción bajo estas condiciones. Es importante recordar que muchos de los organismos benéficos han subsistido bajo picos de alto CO_2 y ambientes más cálidos causados por fenómenos naturales como una intensa actividad volcánica (el Máximo Térmico del Eoceno) en el pasado. Trabajar con el capital de biodiversidad natural de los organismos mutualistas puede ofrecer nuevos sistemas y conceptos para abordar los impactos del cambio climático y la sobreexplotación de los recursos de la tierra.

4. Tecnología e innovación

La agricultura y la producción de alimentos se han visto afectados por muchas de las mismas tendencias que han dado lugar a los rápidos cambios en los productos de consumo en general. Por ejemplo, la disminución del tamaño y eficiencia de los microprocesadores, sensores y cámaras que se utilizan para los teléfonos móviles han encontrado un lugar en las aplicaciones agrícolas de drones sin piloto. Los drones se emplean para la te-

ledetección y recopilan una amplia variedad de datos sobre el fitomejoramiento y la investigación agronómica. Una de las ventajas de los drones no tripulados en las aplicaciones agrícolas es que su operación resulta muy económica y, por tanto, se pueden utilizar con frecuencia para recibir información de series temporales de las condiciones de campo de cultivo. De igual forma, la Detección y Localización por Ondas Luminosas (tecnología LiDAR), que se está desarrollando rápidamente para usarse en automóviles autónomos, puede emplearse en aplicaciones agrícolas de precisión similares. Es probable que la agricultura continúe beneficiándose de los rápidos avances tecnológicos en áreas como la inteligencia artificial, la creación de imágenes en tiempo real mediante múltiples cámaras y otras tecnologías relacionadas, que ofrecen diversas aplicaciones para el público en general y su obvia expansión al ámbito de la agricultura.

La comercialización de la biotecnología ha avanzado de forma más lenta. Uno de los pasos iniciales más importantes en la aplicación de la biotecnología en el desarrollo de los cultivos comenzó en 1994 con la liberación comercial del jitomate *Flavr Savr*. Una buena parte de los productos agrícolas básicos en los EUA se produce mediante el uso de variedades de organismos genéticamente modificados (OGM), aunque son cuatro los cultivos que se concentran en la mayor parte de la superficie de producción plantada con OMG: la canola, el algodón, el maíz y la soya. Las modificaciones transgénicas más comunes incluyen la resistencia a los insectos y la tolerancia a herbicidas, y dos o más cultivos incluyen resistencia a virus y contenido alterado de aceites. Los costos relacionados con el desarrollo y solución de los requisitos del proceso de reglamentación de los productos transgénicos, junto con la renuencia por parte del público en general a aceptarlos, hacen muy limitada la aplicación de OGM.

La aplicación de la tecnología OMG en animales se ha visto más restringida que en las plantas; la aceptación pública ciertamente juega un papel importante en ello. Otra consideración es que no es posible lograr en los mamíferos "descendientes de semillas únicas", la autofecundación ni los altos niveles de retrocruzamiento que son una realidad en las líneas endógamas de las plantas que se utilizan para la transformación genética. En la mayoría de los animales, la presencia de dos sexos distintos y los efectos adversos de las estrategias de endogamia limitarán la distribución del OGM. Una excepción notable con respecto a un animal modificado genéticamente resulta muy aleccionadora. El pez danio cebra, un pez común de acuarios de agua dulce que se puede encontrar de forma comercial en los EUA desde 2003, ha sido modificado con proteínas fluorescentes y ahora es posible encontrarlo en una serie de diferentes colores. La Oficina Federal de Alimentos y Medicamentos estipuló que los peces de acuario no representan un riesgo para la salud humana, ya que no forman parte del suministro de alimentos para consumo humano.

El potencial para nuevos productos agrícolas que se basan en los desarrollos tecnológicos mencionados con anterioridad es espectacular. Por ejemplo, la secuenciación de ADN y la genotipificación de marcadores genéticos específicos se han vuelto mucho menos costosas en los últimos diez años. Esto ha hecho posible identificar un gran número de microbios mediante muestreo del suelo, el agua y hasta la flora intestinal humana y animal. La identificación de una flora microbiana humana mucho más diversa ha dado lugar a tratamientos novedosos para trastornos gastrointestinales. Asimismo, la posibilidad de examinar microbios y microorganismos del suelo debe facilitar la rápida detección de cepas específicas de patógenos de plantas y reintroducir o promover más fácilmente especies bacterianas o fúngicas que contribuyen a la nutrición de las plantas y la productividad de determinados cultivos. La secuenciación también tiene muchas aplicaciones en la detección, seguimiento y tratamiento de enfermedades en animales de granja.

Las modificaciones genéticas específicas pueden dar lugar a una gran variedad de nuevos productos agrícolas. Es probable que se pueda producir una gama mucho más amplia de productos agrícolas si los organismos objeto de modificaciones genéticas dirigidas son tratados como no transgénicos y, por tanto, no sujetos a las regulaciones convencionales de OMG. Esto es muy factible, porque a la luz de muchos escenarios, no es posible identificar a un individuo que fue objeto de una modificación dirigida (por ejemplo, no

transgénica), ya que el cambio en sí mismo puede ser imperceptible debido a que solo se sustituyó un nucleótido. Se han propuesto modificaciones específicas para una variedad de aplicaciones, incluyendo la modificación de la composición lipídica en cultivos de semillas oleaginosas, cambios en la utilización de nutrientes o cambios en el tipo de inflorescencia en cereales. Muchas otras aplicaciones son posibles, lo que sugiere que se podrían modificar muchas otras especies en comparación con los logros previos en productos transgénicos tradicionales. Las modificaciones dirigidas también podrían utilizarse para tratar enfermedades genéticamente inducidas específicas, una aplicación que podría resultar de particular interés en el caso de animales de importancia agrícola. Sin embargo, es probable que el entorno regulatorio en relación con los cambios en los animales continúe siendo más riguroso, en parte debido a la preocupación sobre el bienestar de los animales.

Plagas, enfermedades y mutualistas

Las plagas y enfermedades de las plantas y animales agrícolas han asolado a las culturas humanas desde todos los tiempos y continúan planteando el mayor reto en la producción agrícola de los EUA y el resto del mundo. La agricultura de los EUA se ha beneficiado de tres procesos principales: (1) la introducción de la mayoría de los cultivos principales libres de organismos infecciosos, (2) la capacidad de muchos cultivos para aprovechar nuevos mutualistas que aumentan la tolerancia al estrés, y (3) una excelente y bien financiada interacción de investigación cooperativa entre los organismos federales, estatales, universidades y asociaciones privadas con capacidad de movilización expedita para identificar, investigar y atacar enfermedades. No obstante, estos tres factores se ven amenazados por los viajes de las personas, la pérdida de la biodiversidad y los cambios en las prioridades de financiamiento.

La teoría de la progresión de las enfermedades ha sido objeto de investigación de centros de investigación y científicos universitarios agrícolas desde el descubrimiento de los agentes causantes de enfermedades. La identificación del agente causal responsable de la gran hambruna irlandesa por las papas –el *Phytophthora infestans*, que es un hongo microscópico y no tiene que ver ni con los humores, vapores o relámpagos, ni siquiera con las brujas– dio origen al campo de la patología. Se continúa y espera que se siga avanzando en la comprensión básica de enfermedades de microbios a insectos.

La aparición de la hipótesis de la "liberación de enemigos" muestra la forma en que continúan surgiendo los problemas de enfermedades en cultivos y árboles, con ramificaciones importantes que requieren cuidado en el transporte y venta de los productos, en los efectos de las restricciones burocráticas a la investigación y en la importancia de la investigación internacional colaborativa. La gran mayoría de los cultivos y animales utilizados en los EUA proviene de fuentes silvestres más allá de las fronteras estadounidenses. Cuando fueron introducidos, muchas de las enfermedades y enemigos del enemigo, indispensables para el control biológico, se quedaron en las zonas de poblaciones silvestres. Con el paso del tiempo y los viajes internacionales y el comercio, lenta pero inexorablemente, estas enfermedades continúan apareciendo y dispersándose, infectando a huéspedes importantes de los EUA. En algunos casos, el periodo de invasión puede ser muy largo, especialmente cuando un vector intermedio –como una especie de insectos de transmisión– debe invadir primero, seguido por la invasión del agente de la enfermedad real –como una bacteria u hongo–. Algunos ejemplos notables incluyen enfermedades como *Phytophthora* de las uvas, y ejemplos actuales incluyen *Huanglongbing* (HLB) o enfermedad de "enverdecimiento de los cítricos", o gripe porcina (H1N1). Una variante es la introducción de plagas procedentes de taxones huéspedes relacionados, como el chancro del castaño –*Cryphonectria parasitica*– en el castaño americano (*Castanea dentata*), que se encuentra de forma natural en la castaña china –*Castanea mollissima*– que creó resistencia a la *C. parasitica*. Una tercera variante de la hipótesis de liberación de enemigos es la aparición de cepas híbridas de introgresión de material genético de dos o más cepas originales, que da origen a una con capacidad de infectar a nuevos huéspedes. Un ejemplo es la investigación sobre las enfermedades de quemazón de las hojas por *Xylella fastidiosa* (Almeida y Nunney, 2015).

Las "nuevas" enfermedades continuarán apareciendo mientras haya cultivos. Más aún, mientras los cultivos continúen transportándose a través de las fronteras, las enfermedades continuarán transfiriéndose de una población fuente a una población nueva. La única solución es identificar las amenazas potenciales a través de la cooperación internacional entre los centros de investigación y las universidades, y la colaboración para buscar y utilizar agentes biológicos de control. Los laboratorios europeos de control biológico del USDA que se localizan en Francia, Italia y Grecia son un excelente ejemplo de los esfuerzos de cooperación realizados para identificar y controlar enfermedades de cultivos importantes. En especial, se requiere de una constante cooperación internacional para buscar plagas de plagas que se convierten en valiosos agentes de control. Sin embargo, este potencial se podría perder fácilmente si cambian las prioridades de financiamiento para programas colaborativos, o si las colaboraciones internacionales se ven amenazadas.

Una última preocupación es la pérdida de biodiversidad asociada con el cambio global y con patrones cambiantes de uso de la tierra. Los parientes silvestres de plantas y animales domesticados han desarrollado mecanismos de resistencia que podrían preservarse y aprovecharse mediante el entendimiento y protección de los grupos genéticos originales. No menos importante es la protección, más allá de los recursos genéticos, de la propia especie que aportan los mutualismos microbianos. Estos también se encuentran amenazados por la pérdida general de biodiversidad de los bosques, ya que los simbiontes microbianos con frecuencia imponen límites taxonómicos de cruza de especies o poblaciones individuales.

Oportunidades y obstáculos de las nuevas tecnologías de gestión (por ejemplo, en el riego y la gestión del agua o fertilizantes) y políticas

Las técnicas de gestión, políticas e instituciones actuales no parecen contar con recursos suficientes para solucionar la disminución de los niveles de las aguas subterráneas (Gold *et al*., 2013; Morton, 2015). Las políticas sobre aguas subterráneas, por ejemplo, varían según el estado y casi nunca incluyen datos hidrológicos adecuados, o sobre el uso del agua de cultivo, para poder establecer las tasas de bombeo (Wohlers *et al*., 2014). Teniendo en cuenta la gestión de nutrientes, muchas tecnologías eficaces disponibles no se utilizan debido a los obstáculos económicos y sociales que impiden su implementación (Davidson *et al*., 2015). El riesgo económico de aplicar muy pocos nutrientes es alto. El suministro de fertilizantes en exceso puede mejorar los rendimientos con un ligero aumento del costo proporcionando, así, un margen de seguridad. En la mayoría de los casos, la contaminación de las aguas subterráneas aparecerá aguas abajo en el tiempo y el espacio. Además, la mayoría de los agricultores no cuenta con suficiente tiempo y fuerza de trabajo, por lo que el aprendizaje y adopción de nuevas prácticas deben ofrecer estrategias de fácil implementación y que valgan la pena. En algunos casos, la adopción de cultivos de cobertura puede verse inhibida por las políticas gubernamentales y los programas de seguros de cultivos.

Desarrollo de recursos de acuicultura/marinos

El principal reto para evaluar la sostenibilidad de la acuicultura y los recursos marinos sigue siendo la necesidad de evaluar continuamente la producción local y agregada de los ambientes acuáticos, así como determinar la capacidad de cosecha de la industria pesquera. Esto es una tarea especialmente difícil en los ecosistemas acuáticos, porque los recursos alimentarios primarios tienden a ser organismos que se ubican en los niveles más altos de la cadena alimentaria. Si bien es verdad que algunas especies utilizadas para la alimentación humana son herbívoras, la mayoría tiende a ubicarse apenas por encima de la base (productores primarios) de la cadena alimentaria. ¡Lo que consideramos alimentos deseables son estructuras tróficas superiores (salmón, atún, trucha) o incluso organismos detritívoros (muchas variedades de moluscos)!

Estados Unidos de América continúa siendo un importador neto de recursos pesqueros comestibles que importa más del triple del valor en dólares de las exportaciones. En términos de biomasa, los desembarques domésticos superaron

las exportaciones en casi 10%, pero la pesca todavía se ubicaba por debajo de las importaciones en 20% aproximadamente. Es verdad que existe una variación importante según la especie y producto particular, pero las tendencias en el consumo se mantienen entre estables y en descenso <http://www.st.nmfs.noaa.gov/commercial-fisheries/fus/fus15/index>. En el contexto de la sostenibilidad alimentaria, las pesquerías de los EUA son uno de los temas de mayor preocupación y requieren más trabajo de investigación. Según las estimaciones de la NOAA, la sobrepesca se ha reducido pero en 2015 entre 10-20% de la pesca comercial continuaba siendo sobreexplotada en los EUA.

La acuicultura continúa siendo una tecnología dirigida a un conjunto limitado de productos comerciales (por ejemplo, salmón, ostiones, almejas, mejillones, camarón, bagre, tilapia), pero proporciona una buena parte de las poblaciones de criaderos y, por ende, contribuye a la pesca comercial y deportiva. A pesar de los logros de la investigación de nuevas tecnologías y de la forma en que la acuicultura interactúa con los ecosistemas oceánicos, esta área evidentemente ha sido subestimada en el contexto más amplio de la sostenibilidad de los alimentos en los EUA. A medida que su población continúe creciendo, al igual que las del resto del mundo, la acuicultura probablemente se convertirá en una fuente de alimento cada vez más importante y contribuirá a la sostenibilidad de la pesca en general.

Las amenazas a la sostenibilidad de la pesca continúan, en muchos casos, emulando las de otras áreas de la producción de alimentos. Las amenazas incluyen la contaminación, las especies invasoras y el cambio global, especialmente el climático, así como los impactos directos de altos niveles de CO_2.

La acuicultura, motivo de preocupación en el pasado por los contaminantes y la disminución genética de las poblaciones silvestres, ha recibido cada vez una mayor atención por parte de la industria y la legislación. Continúa existiendo una serie de problemas fundamentales, en especial, las enfermedades, los medicamentos y la calidad de los hábitats. El cuidado en la selección y escape de las modificaciones genéticas, ya sea de forma intencional o por selección en ambientes artificiales en lugar de ecosistemas silvestres, continúa siendo motivo de preocupación. Al dirigir nuestra mirada al futuro dentro de cincuenta años, la acuacultura probablemente se convertirá en un sistema fundamental en el manejo de las pesquerías, así como una creciente fuente alimentaria para reducir la sobreexplotación ocasionada por las demandas de los consumidores estadounidenses y de todo el mundo.

La contaminación continúa siendo un problema de suma importancia para la pesca sostenible. El movimiento de nutrientes y productos químicos de la acuicultura probablemente se convertirá en un problema mayor a medida que la población humana continúe creciendo y las demandas por productos del mar sigan aumentando. Pero los océanos no son independientes de los ambientes terrestres. La contaminación por N y P, derivada de la escorrentía, ha afectado a la industria pesquera y amenazado la sostenibilidad de la pesca a lo largo de la historia. Los estudios realizados en lugares como Waquoit Bay en la costa sur de Cape Cod en Massachusetts han demostrado que la carga de nutrientes generada por el desarrollo ha tenido consecuencias graves en los estuarios e incluso en mar abierto, causadas por los efectos de las aguas residuales y los fertilizantes en el ciclo de N y P (Bowen y Valiela, 2004). La industria pesquera y la producción de mariscos de la Bahía de Chesapeake continúan siendo perjudicadas por el desarrollo y la cría de animales cerca del río Potomac. Se continúa tomando medidas para mejorar la calidad del agua de la Bahía, a menudo a través de simples estrategias como la restauración de los bosques.

La contaminación, especialmente la escorrentía, también parecen ser un factor importante de la marea roja y otras algas nocivas y floraciones de cianobacterias que pueden producir intoxicación neurotóxica por consumo de crustáceos.

Especies invasoras

A medida que las poblaciones humanas se conectan cada vez más a través del flujo y velocidad del comercio mundial y el movimiento humano, las especies invasoras tienen igual o mayor importancia que las invasiones terrestres. Existen múltiples vectores, si bien el mejor entendimiento de las in-

vasiones ha reducido los impactos de algunos. La acumulación de organismos indeseables (*biofouling*) de los barcos –incluyendo los barcos de fines recreativos, los barcos pesqueros y comerciales– continúa contribuyendo enormemente a las invasiones marinas. Además, los mariscos importados, las plantas ornamentales, las carnadas, la acuicultura y las aguas de lastre siguen siendo vectores críticos. Como afirmaron Williams *et al*. (2013), es una necesidad crítica solucionar estos impactos desde el centro de todos y cada uno de ellos y no tratarlos solamente de forma individual.

El cambio climático afecta la sostenibilidad de la pesca de los EUA de diversas formas. Los aumentos de temperatura sin duda alteran la composición de los microbios, la flora y la fauna de una región en particular. Los cambios en las temperaturas globales pueden alterar los patrones globales de circulación de aire actuales con consecuencias graves en los patrones de circulación de los océanos. A escala más regional, los patrones de desviación de agua pueden dar lugar a la pérdida de enlaces decisivos en las complejas cadenas alimentarias. Un ejemplo es el eperlano del Delta (*Delta Smelt*), un pequeño pez nativo de San Francisco y Sacramento-San Joaquín que depende del agua dulce y la interfaz de agua dulce-salada. Con el aumento de las sequías, aunado a las desviaciones de agua para la agricultura y los desarrollos urbanos, los caudales se han visto reducidos y alterados y han puesto en peligro a este pequeño pez. Sin embargo, este animal es un eslabón clave e indicador de la cadena alimentaria que integra la Bahía de San Francisco con las pesquerías más grandes de la costa de California, incluyendo el salmón juvenil, la trucha arcoíris y las especies de mayor tamaño que dependen de estos peces anádromos.

Los niveles atmosféricos de CO_2 afectan más que el clima (Albright *et al*., 2016). Los crustáceos como los ostiones, mejillones y corales, requieren de calcio disuelto. De importancia en el cambio climático, los océanos representan el disipador más grande para absorber los crecientes niveles del CO_2 atmosférico. Desde la década de 1950, el CO_2 atmosférico ha aumentado de 320 ppm a más de 400 ppm. De la misma forma, el pH de las aguas superficiales del océano ha pasado de 8.13 a 8.03, una pérdida de 0.1 unidades de pH. Igual que con las unidades de pH, las unidades de medida de alcalinidad son logarítmicas, lo cual significa un aumento de casi 30% de acidez. La descalcificación disminuye en carbonato disuelto en agua de mar a medida que el pH disminuye. Esto quiere decir que la solubilidad del carbonato de calcio aumenta y resulta en una disolución o calcificación reducida. El calcio que ayuda a la formación de las conchas de carbonato de calcio de los crustáceos como los ostiones, mejillones y corales, es absorbido preferentemente a través del bicarbonato en agua originado por la presión parcial adicional de CO_2. El resultado es un aumento de carbonato de calcio en el agua y la incapacidad de formación de conchas, así como la mortalidad de los corales. Estos animales no solo son importantes por sí mismos, sino que son constructores de arrecifes, que son importantes elementos estructurales esenciales para la pesca en alta mar. Este proceso ya ha ocurrido antes, por lo que sabemos que esta respuesta es real. Durante el máximo térmico del Paleoceno-Eoceno, un alto nivel de CO_2 y un aumento de la temperatura de 5°C provocó que el pH del océano profundo cayera, lo que parece haber originado una reducción en la producción de corales y crustáceos. Hace unos 300 millones de años, al final del Carbonífero, los altos niveles de CO_2 y las altas temperaturas globales casi hicieron desaparecer los arrecifes. Se desconocen al momento los impactos en las pesquerías del mundo y las estadounidenses, pero son potencialmente graves.

5. Aumento de la eficacia de los sistemas alimentarios

Perspectivas de aumentos de la producción agrícola derivados de la tecnología

La telemática permite que la navegación, la aplicación de prescripciones, la ubicación y otros datos se transfieran de forma fácil desde y hacia la maquinaria agrícola. Estos sistemas ayudan a los agricultores a mejorar la eficacia de equipos costosos.

Cuentan con sensores de suelo y cultivos para vigilar la salud de las plantas, las necesidades de agua de los cultivos y los niveles de nitrógeno del

suelo. Estos sensores permiten la aplicación de insumos sobre la marcha en tiempo real y con base en las condiciones de campo. Los sensores contribuyen a optimizar el uso del agua y evitar pérdidas de la producción. Las tecnologías de detección óptica que identifican los niveles de nitrógeno de los cultivos se comunican con los sistemas de aplicación para suministrar la cantidad correcta de nitrógeno que requiere el cultivo.

La tecnología de sensores también cuenta con dispositivos para medir características del suelo como su conductividad eléctrica, elevación del terreno, contenido de materia orgánica y pH. Otro tipo de sistema de detección es por imagen satelital o aérea para vigilar la salud de los cultivos, así como las plagas y la maleza nociva. A partir de esta información, los productores pueden entonces aplicar nutrientes y pesticidas con base en la prescripción de las imágenes de teledetección.

Se espera que los productos biológicos aumenten en el futuro. El control de plagas y las mejoras de crecimiento ofrecerán insumos de cultivo más ecológicos y rentables. Las tecnologías avanzadas, como la de detección de una alta producción, contribuirán a identificar a los organismos benéficos.

Las tecnologías de agricultura de precisión cada vez son más robustas y precisas, marcando el comienzo de una era de alta precisión. La adopción generalizada de los sistemas de navegación está impulsando la era de la alta precisión y ha dado cabida a aplicaciones de siembra y fertilización con tasas precisas y variables. La agricultura de precisión también hace posible instalar sistemas de tráfico controlado, como la labranza en franjas, así como la instalación correcta de azulejos de drenaje.

La automatización está reemplazando la operación del equipo por parte de los operarios, dejándoles más tiempo libre para desempeñar otras tareas con mayor exactitud y menos presión. Entre las características se encuentran los sistemas de dirección GPS, de giro al final del campo por GPS, la automatización programable de cabeceras convencionales, compactadoras automáticas, automatización de los controles del operador de las segadoras y cosechadoras de forraje, y la automatización de las funciones del operador del tractor tales como la administración inteligente de energía. Los vehículos autónomos o robóticos podrían ser el próximo gran cambio en la tecnología de dirección asistida.

Las empresas de semillas están desarrollando híbridos de maíz capaces de utilizar mejor el nitrógeno disponible a través de la producción de la misma cantidad de maíz con menos nitrógeno aplicado u ofreciendo un mejor rendimiento, pero con la misma cantidad de nitrógeno.

La identificación por radiofrecuencia (RFID) se ha utilizado ampliamente en el ganado para la identificación de los animales. Esta tecnología se extenderá a los cultivos, y los consumidores podrán rastrear productos individuales desde su siembra hasta el centro de distribución, ya que ellos desean saber la forma en que los agricultores cultivan los alimentos y cuáles son los insumos que están utilizando para poder conocer los impactos ambientales que estos generan.

La biotecnología permite alterar muchos factores diferentes relacionados con el crecimiento de una planta bajo condiciones de alto calor y limitación de agua, con objeto de encontrar nuevas estrategias para mejorar los rendimientos sujetos a estrés ambiental.

Requerimientos de infraestructura (por ejemplo, sistemas de transporte)

La agricultura estadounidense depende en gran medida de un sistema de transporte por ríos, ferrocarriles y carreteras. Los agricultores y ganaderos necesitan transportar sus insumos (fertilizantes) y equipos. Los medios de transporte de los EUA, en general, requieren de mejoras importantes para continuar transportando las mercancías de forma eficaz. El principal usuario del transporte de mercancías en los EUA es la industria agrícola. En 2007 fue responsable de 31% de todas las toneladas-millas en el país (Casavant *et al.*, 2010); gran parte de esta carga sale del país. Los últimos cinco años, la mitad del trigo estadounidense se exportó junto con 36% de la soya y 19% del maíz. Estas exportaciones se transportan desde las regiones del interior del país en donde se producen, hasta las fronteras y puertos a través de una red de camiones, trenes y barcazas. El transporte de carga por camión es fundamental

para la agricultura de los EUA. La industria transporta 70% del tonelaje de productos agrícolas, alimenticios, alcohol y fertilizantes (Casavant *et al*., 2010). Conecta a los agricultores, ganaderos, fabricantes e industrias de servicios con los elevadores de grano, las plantas de etanol, los procesadores, las granjas de engorda, los mercados y los puertos. Los primeros y últimos movimientos de la cadena de suministro desde el campo hasta la tienda se llevan a cabo en camión. Muchos productos agrícolas son perecederos y están sujetos a limitaciones de tiempo, por lo que requieren de los mejores servicios que pueda brindar el transporte por camión: eficiencia, manejo especial o servicios de refrigeración. Las capacidades de carga en puentes existentes requieren de inversiones en carreteras.

Se prevé un crecimiento significativo y sostenido de la demanda de carga que podría duplicarse para 2035 (Casavant *et al*., 2010). Sin embargo, no se espera que la inversión en la industria ferroviaria satisfaga la demanda, en particular en áreas agrícolas. Este déficit de inversión podría amenazar la posición competitiva que mantiene el país como proveedor económico de granos de alta calidad.

Las barcazas ofrecen una alternativa de transporte de bajo costo para transportar cultivos y fertilizantes. Las barcazas transportan más de un tercio de las exportaciones de maíz de los EUA y 17% de las exportaciones de soya a través de la región de Nueva Orleans y a lo largo del río Mississippi (Casavant *et al*., 2010). El financiamiento para mantener y rehabilitar la infraestructura existente continúa siendo prioridad.

Problemas en utilización de alimentos y minimización de residuos

EUA no consumió 31% de las 195 MMT de alimentos disponibles suministrados en 2010. Las pérdidas a nivel minorista representaron 10% y las pérdidas a nivel consumidor representaron 21% del suministro de alimentos disponible (Buzby *et al*., 2014). Los costos de recuperación, las consideraciones de seguridad de los alimentos y otros factores reducirían la cantidad de alimentos que podrían recuperarse para consumo humano.

Alimentos *vs.* energía

En términos de producción total por unidad de superficie terrestre y número de trabajadores agrícolas permanentes y migratorios, los EUA, sin duda, es el país más productivo a nivel mundial. Sin embargo, la agricultura estadounidense depende de la energía importada (40%) en relación con otros países. Ciertamente, una de las principales limitaciones de la producción agrícola en EUA la plantea la seguridad energética (es decir, la disponibilidad ininterrumpida a precios asequibles). Actualmente, los gastos de energía que se utilizan para la producción agrícola de EUA –por ejemplo, fabricación y uso de equipos, producción de fertilizantes– se cuentan entre los mayores. En las próximas décadas, dos situaciones adicionales podrían limitar aún más la producción: (1) la disponibilidad y asequibilidad de la energía que se utiliza para la producción de fertilizantes y plaguicidas, y (2) la escasez de tierras para la producción de energía, así como para la producción de alimentos. Y, como la mayor parte del uso de energía sigue dependiendo de los combustibles fósiles, la producción de CO_2 y metano y su liberación a la atmósfera agravan el calentamiento global.

Los cambios observados y previstos en el uso de tierras agrícolas de primera calidad para la producción de biocombustibles, en los últimos diez años han generado preocupación por su papel en las modificaciones no intencionales de la cubierta terrestre –por ejemplo, deforestación– de otros lugares, y no ha contribuido a una mejora neta real y positiva de emisiones de gases de efecto invernadero ("fugas"). El problema se agrava por el hecho de que muchas instalaciones de energía renovable de servicios públicos, que podrían satisfacer una parte de las demandas de energía de los agricultores conectados a la red, se están asentando en tierras que antes eran productivas de forma natural o agrícolas. La preparación de los sitios para instalar estos enormes complejos de energía renovable requiere que se elimine la biomasa encima del suelo, la compactación del suelo, la construcción de carreteras y el tendido de grava, y la aplicación de herbicidas. Esta actividad de emplazamiento puede aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero reduciendo o haciendo des-

aparecer el funcionamiento básico del ecosistema, sin mencionar los efectos negativos en la calidad del suelo, que plantearán problemas si se quiere revertir su uso para agricultura. El desarrollo energético en EUA actualmente es el principal motor del cambio del uso y cobertura de la tierra[1] y lo que aumenta las pérdidas derivadas del desarrollo urbano y exurbano. Esta tendencia plantea graves problemas de tierra y energía para la agricultura estadounidense e inhibe el progreso hacia un sistema alimentario más sostenible.

Sin embargo, un análisis minucioso de los incentivos financieros fuera de estos enfoques extractivos podría revitalizar inmediatamente la producción de alimentos y, al mismo tiempo, las estrategias energéticas integrales y de producción de alimentos. El uso de la generación de energía solar o eólica a lo largo de los bordes de los campos, los ambientes construidos de las tierras de cultivo, las porciones de tierra afectadas por la sal y los sistemas solares flotantes sobre los yacimientos (que reducen la producción de algas y son capaces de generar transferencias térmicas) pueden generar energía para los vehículos híbridos eléctricos y tareas que requieren una gran cantidad de energía. Todas las tierras de cultivo generan desechos biológicos y diésel destilado en una escala capaz de proporcionar una fuente de combustible importante. La implementación de nuevos métodos de recolección y utilización de la energía de conversión del metano (CH_4) a CO_2 a escala de las granjas (ya sean lecheras o no), proporcionaría una poderosa fuente de energía que podría ubicarse en tierras de alta demanda de energía. Como el CH_4 es un gas de efecto invernadero 38 a 75 veces más potente que el CO_2, este cambio tecnológico podría ser de importancia tanto para la producción futura de alimentos como para la recuperación climática.

En resumen, los EUA poseen el principal sistema de producción de alimentos a nivel mundial. La agricultura de antaño fue la principal responsable de la quema de combustibles fósiles y el calentamiento global. La agricultura estadounidense del futuro podría depender y utilizar las fuentes de energía provenientes de las tierras de cultivo y convertirse en una solución importante del calentamiento global.

1. La cubierta terrestre es un cierto tipo de vegetación en el paisaje, por ejemplo, cultivos, viviendas suburbanas o bosques.

6. Consideraciones de salud

Enfermedades transmitidas por alimentos

Las enfermedades transmitidas por los alimentos continúan siendo motivo de preocupación en la agricultura. En cuanto a productos frescos, alrededor de 48 millones de personas contraen enfermedades transmitidas por alimentos tan solo en los EUA y, de esta cifra, casi 128 mil personas son hospitalizadas y 3 mil mueren al año. El principal problema son los alimentos frescos y crudos, en especial los de origen animal (en su mayoría lácteos no pasteurizados y crustáceos) y, en menor grado, las frutas y verduras crudas. A pesar del alto grado de incidencia, los mecanismos de control de los EUA son la refrigeración, pasteurización y la cocción, así como el cumplimiento de las normas de calidad del agua.

Surgen cuatro desafíos actuales y futuros, entre los que se encuentran la ubicación física de las actividades agrícolas, un mal manejo de una compleja cadena de producción, pruebas diagnósticas obsoletas y resistencia a los antibióticos. En muchos casos, la producción animal (granjas de engorda de ganado, puercos, pollo) ocurre a la par de la producción de verduras frescas. La costumbre de ubicar las granjas de engorda aguas arriba o contraviento de las zonas de producción de frutas y verduras continúa siendo bastante común. Un remedio sencillo para este problema sería considerar la ubicación de los sitios en donde se realizan las diferentes actividades de producción agrícola. También se debe tomar en cuenta el calendario de fertilización, en particular los tiempos de aplicación de abonos, y asegurarse de que la producción de frutas y verduras frescas utilice agua de alta calidad. La compleja cadena de manipulación humana y de máquinas entre el productor y el consumidor final significa que las enfermedades transmitidas por alimentos pueden aparecer en cualquier momento. Las nuevas tecnologías que reducen la manipulación humana pueden eliminar

algunos puntos de inserción de agentes patógenos, pero una vigilancia continua de los equipos junto con servicios de mantenimiento que tomen en cuenta la seguridad de los alimentos, será de suma importancia.

La resistencia a los antibióticos es un campo que presenta cada vez más desafíos para la investigación y el desarrollo. El comportamiento de los microbios transmitidos por alimentos es el mismo que el de otros patógenos. La resistencia a los antibióticos es una respuesta evolutiva de los microbios. Sus mecanismos de resistencia incluyen una rápida regeneración que da lugar, por tanto, a tasas de mutación y transferencia horizontal de genes (Verras *et al*., 2013). Estos procesos significan que la resistencia es de esperarse. En el caso de las verduras frescas, las fuentes podrían ubicarse aguas arriba o contraviento de los centros de producción animal, o incluso de sitios de asentamientos humanos. La resistencia a los antibióticos debe preverse, y es necesario diseñar nuevos enfoques conceptuales.

El mecanismo regulador para detectar y prever la aparición de enfermedades continúa siendo la réplica en placa y la identificación. Este método se utilizó el siglo pasado, pero actualmente los kits de detección, los métodos de reacción en cadena de la polimerasa e incluso las técnicas de secuenciación a gran escala tienen un menor costo y son mucho más rápidos. Estos métodos deben perfeccionarse e incorporarse en casi todas partes. La solución clave a todas las enfermedades transmitidas por alimentos es una mentalidad de manejo seguro de alimentos y una preparación cuidadosa.

Sobreconsumo

En un mundo donde los motivos de preocupación continúan centrándose en la sostenibilidad de los recursos alimenticios, es irónico que en muchas regiones la principal preocupación sea un consumo excesivo y la obesidad (por ejemplo, CDC 2017). Más de 36% de los adultos sufre de problemas relacionados con la obesidad y las tasas más altas de ello se ubican en algunas de las regiones de mayor producción agrícola del país. Es posible encontrar una gran cantidad de programas y estrategias, así como nuevos métodos a nivel local, estatal y nacional. Probablemente la contribución más importante que nuestra perspectiva de seguridad alimentaria y nutricional pueda aportar, es continuar señalando la importancia de los sistemas sostenibles de producción y de distribución de alimentos de alta calidad. Todos ellos han sido documentados en nuestro informe.

7. Consideraciones normativas

El Gobierno de los EUA brinda servicios de apoyo, extensos programas de investigación y educación para y en beneficio del sector agrícola. También cuenta con autoridades reguladoras para ayudar a garantizar que los alimentos de calidad tanto nacionales como importados cumplan con las normas modernas de salud y seguridad. La mayoría de las políticas que rigen estas actividades nacionales son responsabilidad del Departamento de Agricultura de los EUA, una Secretaría a nivel de gabinete. Los 50 estados (y 6 territorios) también participan en el diseño de las políticas agrícolas. Las políticas estatales tienden a centrarse en las circunstancias particulares y en los cultivos predominantes de cada estado en particular. A continuación se presentan varias consideraciones generales de política a nivel nacional relacionadas con la seguridad alimentaria y nutricional y con el tema que nos ocupa.

Políticas de apoyo a la agricultura

Actualmente existe una amplia gama de políticas que brindan apoyo económico de forma directa a la industria agrícola de los EUA. Entre ellas se incluyen algunas que ofrecen pagos en efectivo a los productores y otras que imponen límites en cuanto a la superficie de cultivo. La intención original de estas políticas era la de estabilizar los precios de la producción agrícola y de proteger a los productores contra precios tan bajos que ya no les resulte redituable continuar dedicándose a la agricultura En los últimos años, con el cambio en la estructura agrícola de EUA, estas políticas se han vuelto menos comunes y su futuro más incierto. Estudios recientes han demostrado que las políticas agrícolas tienen poco o ningún impacto en los patrones de consumo de alimentos y la nutrición

de las personas de escasos recursos económicos (Glauber, Sumner y Wilde, 2016). Aunque a menudo se afirma que el apoyo económico directo a los productores debe continuar para mejorar el consumo de alimentos y la nutrición entre los pobres, la evidencia no respalda este argumento.

Políticas de apoyo al ingreso directo y programas dirigidos a mitigar la pobreza y fomentar la seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables

En los EUA se mantiene la opinión de que el hambre, una nutrición inadecuada y la falta de seguridad alimentaria son los problemas de las personas con bajos ingresos económicos. Estas políticas están dirigidas a garantizar la nutrición adecuada y la seguridad alimentaria para todos y facilitar los medios necesarios para que las comunidades vulnerables dispongan de alimentos adecuados y consuman dietas de alta calidad. Existen tres programas regulados por estas políticas. El principal es el Programa de Asistencia Nutricional Suplementaria (SNAP). Los requisitos para participar en este programa se relacionan con el nivel de ingresos que se ubica cerca o por debajo del nivel de pobreza definido por el Gobierno Federal. Los beneficiarios reciben cupones por US$ 125 mensuales o su equivalente de forma electrónica. Los cupones se pueden utilizar para comprar alimentos, pero no comida rápida ni bebidas alcohólicas. Las restricciones tienen el fin de asegurar que los beneficiarios consuman una dieta saludable y de alta calidad. Para 2016 ya se habían inscrito al programa unos 44.2 millones de personas. Esta cifra varía, ya que el número de personas que se inscribe aumenta en épocas de recesión económica.

El Programa Ampliado de Educación Alimentaria y Nutricional (EFNEP) es un programa de extensión comunitaria que funciona a través de las universidades con cesión de tierras de cada estado. El programa ofrece clases impartidas por paraprofesionales en las que es prioridad hacer hincapié en la importancia de una dieta de calidad, la inocuidad de los alimentos y la seguridad alimentaria, así como en la gestión de los recursos alimentarios. El programa también destaca la importancia de la actividad física. El 80% de las familias que participaron en el programa en 2016 se ubicaron por debajo o cerca del nivel federal de pobreza. El programa también está dirigido a los jóvenes, de los cuales participan alrededor de 5 millones.

El Programa Especial de Nutrición Suplementaria para Mujeres, Infantes y Niños (WIC) es un programa federal que brinda subsidios a los estados para la educación suplementaria sobre alimentos y nutrición. Los beneficiarios del programa son mujeres embarazadas o lactantes de bajos ingresos según la definición de la tabla del nivel de pobreza federal. Las mujeres en el posparto, pero que no están lactando, también son candidatas para inscribirse en el programa, al igual que bebés y niños menores de 5 años de edad. Además, la elegibilidad requiere que los participantes estén en riesgo nutricional considerable. Lo anterior debe ser evaluado por profesionales médicos calificados en las Clínicas WIC u otras instalaciones médicas. El riesgo nutricional puede deberse a problemas médicos –como anemia o bajo peso– y/o de alimentación –normalmente, una alimentación deficiente–.

Las políticas en que se basan estos programas no generan controversia, aunque los niveles de financiamiento, los beneficios y criterios de elegibilidad a veces son objeto de debates legislativos. Las políticas están dirigidas claramente a las personas con bajos recursos económicos, y a mujeres y niños en riesgo de desnutrición crónica. Los programas basados en políticas globales tienen componentes educativos y en ocasiones, restricciones que aseguran que las dietas sean de alta calidad. Estos programas también incorporan componentes educativos que destacan el manejo de los recursos alimenticios. Las políticas que regulan y guían estos programas serán de gran importantica en el sostenimiento de los programas de alimentación y nutrición en tiempos venideros.

Políticas de apoyo a la investigación agrícola y el desarrollo tecnológico

La mayor parte de la investigación agrícola en los EUA se encuentra a cargo del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura y de las universidades con cesiones de tierras de cada uno de los cincuenta estados, el Distrito de Columbia y los seis territorios. Asimismo, el sector privado lleva a cabo una cantidad razonable de investigación agrícola de propiedad exclusiva. La investigación agrícola sustentada con apoyos

públicos ha sido de gran utilidad para el país, ya que ha reducido el costo de los alimentos y la fibra, además de mejorar la calidad de los productos agrícolas. A pesar de este precedente, el país invierte bastante menos en términos de dólares invertidos por dólar de producto interno bruto que otros países desarrollados de importancia agrícola. El nivel de esta inversión continúa debatiéndose.

Hay estudios que revelan que la tasa interna de rentabilidad de la inversión en investigación agrícola fue de 19% en la última mitad del siglo XX. Durante ese período, el porcentaje del costo de los alimentos en el presupuesto familiar promedio disminuyó de forma importante. La disposición o voluntad de invertir en investigación agrícola pública será de suma importancia al igual que el correspondiente objetivo de aplicar la ciencia y la tecnología en la agricultura para poder ofrecer un buen nivel de alimentos, nutrición y seguridad alimentaria a las generaciones venideras, así como a los socios comerciales de los EUA.

Políticas que facilitan y mejoran el comercio de productos agrícolas

De no ocurrir una guerra catastrófica a nivel mundial o un aislamiento generalizado de los estados y naciones entre sí, seguramente la economía agrícola del mundo se globalizará. EUA es un actor clave en el comercio agrícola a nivel mundial, así como en las relaciones comerciales con el hemisferio. México y Canadá se encuentran entre sus socios comerciales más importantes. Es necesario implementar políticas eficaces que faciliten el comercio internacional y mejoren el flujo de productos, herramientas y conocimientos especializados. Es necesario reconocer que tanto EUA como sus socios comerciales obtienen beneficios del comercio. Actualmente se está debatiendo a nivel nacional el tema sobre si EUA debe brindar apoyo total al comercio internacional de la agricultura y a los tratados que regulan este comercio. Las políticas que condicionan las relaciones comerciales y obstaculizan los tratados relacionados ciertamente pondrían en peligro la capacidad de los EUA para desempeñar un papel importante y eficaz en los esfuerzos por aumentar la disponibilidad de alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria a nivel mundial y en el hemisferio.

Políticas relacionadas con la protección y la mejora de los recursos complementarios: tierra y agua

La tierra y el agua son dos insumos fundamentales para los procesos de producción agrícola. La oferta de tierras de cultivo es básicamente fija. Aunque la oferta de tierras de cultivo en los EUA es amplia, no es ilimitada, así que su manejo irresponsable podría llevar a restricciones cada vez mayores en la producción agrícola. El crecimiento económico con frecuencia ocasiona la conversión de las tierras agrícolas, casi siempre a usos urbanos. El uso excesivamente intensivo de las tierras agrícolas puede tener por consecuencia la desertificación, como ocurre en Oriente Medio, África del Norte y otros lugares. Esto podría ocurrir en el suroeste de los EUA. Los organismos encargados de la gestión pública y privada del uso de la tierra deberán trabajar más de lo que han hecho en el pasado para evitar perder más tierras de cultivo en un futuro.

El agua también es un insumo fundamental para la producción de alimentos. La agricultura de riego, que es la que se acostumbra en aproximadamente 7% de los cultivos y los pastizales en los EUA, representa casi 3% del valor de la producción agrícola total. La agricultura de riego es el mayor consumidor de agua del país, utilizando alrededor de 80% del consumo total. En los últimos años, las superficies de riego han disminuido debido principalmente a las sequías regionales y a las crisis económicas. Sin embargo, existe una serie de factores que amenazan reducir los suministros para la agricultura y que deben manejarse con más cuidado en el futuro. El agotamiento de las aguas subterráneas es un problema de algunas regiones cuya gestión no es eficaz. La disminución de agua de calidad ocasiona su escasez de la misma forma que lo hace la sequía. Los impactos del cambio climático son inciertos, pero es necesario que la gestión de los recursos hídricos en las tierras de cultivo sea más adaptable que en el pasado.

Los problemas políticos relacionados con la tierra y el agua son complicados porque las autoridades legislativas y administrativas que se encargan del uso de la tierra y de los derechos y la gestión del agua en las tierras de cultivo, dependen del Gobierno estatal y local, en lugar del Gobierno nacional. Sin embargo, esta fragmentación de

la responsabilidad política podría resultar conveniente, ya que los requerimientos para manejar las tierras y los recursos hídricos de forma eficaz son diferentes en cada estado y región. Las políticas nacionales pueden ser factores importantes para fomentar la acción estatal de brindar apoyo financiero y determinar los métodos y la naturaleza específica de la respuesta esperada.

El espacio no permite desarrollar un estudio exhaustivo de todas las consideraciones sobre políticas de los EUA relacionadas con el suministro de alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria. Sin embargo, los cinco ámbitos políticos mencionados con anterioridad se encuentran entre los más importantes. Existen, entre otras, políticas de protección de la calidad de los alimentos y de lucha contra las enfermedades transmitidas por los alimentos; políticas para continuar fomentando dietas saludables; y políticas para promover una mejor gestión de la agricultura en tierras de cultivo. Todas ellas merecen consideración detallada, debate y acciones en el futuro.

Bibliografía

Albright, R., L. Caldiera, J. Hosfelt *et al*. (2016). Reversal of ocean acidification enhances net coral reef calcification. *Nature* 531: doi: 10.1038/nature17155.

Alexander, E.B. (1988). Rates of soil formation: Implications for soil-loss tolerance. *Soil Sci.*, 145: 37-45.

Alexander, R.B., Smith, R.A., Schwarz, G.E., Boyer, E.W., Nolan, J.V. & Brakebill, J.W. (2008). Differences in phosphorus and nitrogen delivery to the Gulf of Mexico from the Mississippi River basin. *Environmental Science and Technology*, 42: 822–830

Alexandratos, N. and J. Bruinsma (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO.

Bowen, J.L., Valiela, I. (2004). Nitrogen loads to estuaries: Using loading models to assess the effectiveness of management options to restore estuarine water quality. Estuaries 27: 482-500.

Brown, J.B., Sprague, L.A. & Dupree, J.A. (2011). Nutrient sources and transport in the Missouri River basin, with emphasis on the effects of irrigation and reservoirs. *J.Amer. Water Res. Assoc.*, 47: 1030-1065.

Buzby, J.C., H.F. Wells, and J. Hyman (2014). *The Estimated Amount, Value, and Calories of Postharvest Food Losses at the Retail and Consumer Levels in the United States.* EIB-121. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, February 2014.

Casavant, K., M. Denicoff, E. Jessup, A. Taylor, D. Nibarger, D. Sears, H. Khachatryan, V. McCracken, M. Prater, J. O'Leary, N. Marathon, B. McGregor, and S. Olowolayemo (2010). *Study of Rural Transportation Issues.* U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service.

CDC (2017). Overweight and Obesity. https://www.cdc.gov/obesity/

Delgado, J.A., P. M. Groffman, M.A. Nearing, T. Goddard, D. Reicosky, R. Lal, N.R. Kitchen, C.W. Rice, D. Towery, and P. Salon (2011). Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *J. Soil Water Conserv.* 66:118A-129A.

FAO and ITPS (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.

Fuglie, K.O. and A.A. Toole (2014). The evolving institutional structure of public and private agricultural research. *Amer J. Agr Econ* 96: 862-883.

Glauber, Joseph W., Daniel Smner and Parke E. Wilde (2016). *Effects of Farm Policy on Food Consumption Patterns and Nuitrition of the Poor in the United States*. American Enterprise Institute, December 2016. 34 pp.

Goecker, A.D., E. Smith, J.M. Fernandez, R. Ali, R. Thelle (2015). Employment Opportunities for

College Graduates in Food, Agriculture, Renewable Natural Resources, and the Environment United States, 2015–2020

Gopnik, A. (2017). The illiberal imagination. *The New Yorker*, March 20, 2017, 88-93.

Grandgirard, J, Hoddle, M.S., Petit, J.N., Roderick G.K., and Davies, N. 2008. Engineering an invasion: classical biological control of the glassy-winged sharpshooter, Homalodisca vitripennis, by the egg parasitoid Gonatocerus ashmeadi in Tahiti and Moorea, French Polynesia. Biological Invasions 10: 135-148. DOI 10.1007/s10530-007-9116-y

Karlen, D.L. and C.W Rice (2015). Soil Degradation: Will Humankind Ever Learn? *Sustainability* 7:12490-12501. doi:10.3390.

Lewis, S.I., M.A. Maslin. Defining the anthropocene. *Nature* 519: 171-180.

Lockwood, J.A. (2004). *Locust*. Basic Books, N.Y.

McLauchlan, K.K., Hobbie, S.E. & Post, W.M. (2006). Conversion from agriculture to grassland builds soil organic matter on decadal timescales. *Ecological Applications,* 16: 143–153.

Montgomery, D. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. Proceedings of the National Academy of Science, 104: 13268–13272

Nunez, M.A. & Dickie, I.A. (2014). Invasive belowground mutualists of woody plants. *Biol. Invas.*, 16: 645–661.

Ogle, S.M., Breidt, F.J., Easter, M., Williams, S., Killian, K. & Paustian, K. (2010). Scale and uncertainty in modeled soil organic carbon stock changes for USA croplands using a process-based model. *Global Change Biology*, 16: 810-822.

Oswalt, S.N. and W.B. Smith (2014). U.S. Forest Resource Facts and Historical Trends, USDA. FS-1035.

Ryther, J.H. (1969). Photosynthesis and fish production in the sea. *Science* 166: 72-76. URL: http://www.jstor.org/stable/1727735

USDA Agricultural Projections to 2024. Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of Agriculture. Prepared by the Interagency Agricultural Projections Committee. Long-term Projections Report OCE-2015-1, 97 pp.

Verraes, C., Van Boxstael, S., Van Meervenne, E., Van Coillie, E., Butaye, P., Catry, B., Herman, L. (2013). Antimicrobial Resistance in the Food Chain: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(7), 2643–2669. http://doi.org/10.3390/ijerph10072643

Walthall C.L., J. Hatfield, P. Backlund, L. Lengnick, E. Marshall, M. Walsh, S. Adkins, M. Aillery, E.A. Ainsworth, C. Ammann, C.J. Anderson, I. Bartomeus, L.H. Baumgard, F. Booker, B. Bradley, D.M. Blumenthal, J. Bunce, K. Burkey, S.M. Dabney, J.A. Delgado, J. Dukes, A. Funk, K. Garrett, M. Glenn, D.A. Grantz, D. Goodrich, S. Hu, R.C. Izaurralde, R.A.C. Jones, S-H. Kim, A.D.B. Leaky, K. Lewers, T.L. Mader, A. McClung, J. Morgan, D.J. Muth, M. Nearing, D.M. Oosterhuis, D. Ort, C. Parmesan, W.T. Pettigrew, W. Polley, R. Rader, C. Rice, M. Rivington, E. Rosskopf, W.A. Salas, L.E. Sollenberger, R. Srygley, C. Stöckle, E.S. Takle, D. Timlin, J.W. White, R. Winfree, L. Wright-Morton, and L.H. Ziska (2012). *Climate Change and Agriculture in the United States: effects and Adaptation.* USDA Technical Bulletin 1935, Washington, DC. 186 pp.

Williams, S.L., I.C. Davidson, J.R. Pasari *et al*. (2013). Managing multiple vectors for marine invasions in an increasingly connected world. *BioScience* 63: 952-966.

Box 3

Problemas para la formulación de políticas públicas eficaces: El caso de la política de biocombustibles de los EUA

Henry J. Vaux, Profesor y Vicepresidente Asociado Emérito de la Universidad de California

La formulación de políticas públicas eficaces no es un proceso fácil ni desprovisto de complicaciones. A veces las políticas no logran los objetivos deseados y, en ocasiones, incluso suscitan consecuencias imprevistas no deseadas. La formulación de las políticas públicas enfrenta diversos obstáculos. Se mencionan algunos de ellos a continuación: 1) la posibilidad de que las políticas terminen por basarse en hechos y/o suposiciones incorrectas o que ya no tienen validez; 2) la posibilidad de que las políticas no incorporen o cuenten con la aceptación de las principales interdependencias presentes de los diversos campos sociales, políticos y biológicos a que van dirigidas; y 3) en ambientes complejos y altamente variables, resulta complicado diseñar políticas que se ajusten con eficacia a las variantes que existen entre cada región o dominio. Las políticas de Estados Unidos de América (EUA) que promueven la producción y el consumo de biocombustibles parecen haberse visto afectadas por estas variantes.

Dos temas de interés dieron lugar a la política energética a principios del siglo XXI. El alto precio del crudo atrajo una atención constante hacia la falta de seguridad energética en EUA. Las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero tomaron relevancia ante la amenaza del calentamiento global. En respuesta, el Congreso aprobó el Estándar de Combustible Renovable como parte de la Ley de Política Energética de 2005. En 2007 la Independencia Energética y Ley de Seguridad modificó el Estándar de Combustible Renovable y autorizó una producción de 21 mil millones de galones de biocombustibles avanzados y 15 mil millones de galones de etanol de maíz para el año 2022. Los biocombustibles avanzados incluyen los llamados biocombustibles celulósicos derivados de plantas leñosas y perennes, en lugar del maíz que se utiliza para producir etanol, que era el biocombustible dominante en ese momento. La disposición de aumentar drásticamente los niveles de biocombustibles celulósicos y otros más avanzados parecía ser una buena idea, ya que se pensaba que la producción y el consumo de estos combustibles implicaría una menor producción de gases de efecto invernadero de la que hubieran generado cantidades iguales de hidrocarburo. En comparación, los combustibles de etanol a base de maíz generan una cantidad igual o mayor de gases de efecto invernadero a la que producen los combustibles de hidrocarburos. Los biocombustibles en general tienen la ventaja de que provienen de fuentes internas y sustituyen a los hidrocarburos importados, lo que fomenta la seguridad energética.

Las primeras políticas que promovían la producción de biocombustibles se basaron en dos consideraciones fundamentales que ya no son válidas. La primera era que el precio del crudo era bastante alto y el del maíz era bajo. La segunda era que la sustitución de los biocombustibles por los hidrocarburos parecía ser la única alternativa obvia para lograr la seguridad energética. Actualmente, el precio del crudo ha caído significativamente y el gas natural derivado de la fracturación hidráulica (*fracking*) ha dado origen a una importante y amplia fuente de energía alternativa. Las dos consideraciones o supuestos fundamentales en que se basaron las políticas de 2005 y 2007 han perdido validez. También es cierto que ahora se entienden mucho mejor los efectos secundarios derivados de las interrelaciones entre la producción y el consumo de biocombustibles basados en etanol. Por ejemplo, la expansión de las tierras

agrícolas de cultivo (incluidas las tierras que antes eran marginales) tendrá implicaciones negativas en la calidad del agua debido al aumento de sedimentos y residuos de fertilizantes/plaguicidas que fluyen hacia los cursos de agua adyacentes. Dependiendo de la región donde se producen los biocombustibles, podrían generarse efectos adversos por la creciente demanda en la ya evidente escasez de agua, incluyendo las aguas subterráneas fósiles. La erosión del suelo podría convertirse en un problema mayor, una vez más, dependiendo de la región. La conversión de las tierras agrícolas de cultivos existentes que apoyaban la producción de biocombustibles de otros cultivos de alimentos y piensos tendrá un impacto en los precios agrícolas. También podrían evidenciarse efectos negativos en las cantidades de alimentos producidos para alimentar a la población, así como para exportación.

Las circunstancias de cultivo difieren según la región en EUA. Una parte de la agricultura es de riego y otra es de secano. Las circunstancias climáticas y la idoneidad para la agricultura y cultivos específicos varían. Los suelos también varían, así como los costos de la producción de cultivos de un lugar a otro. En circunstancias tan variables, es difícil formular políticas que se adecúen –que se adapten a la variabilidad– y sean eficaces al mismo tiempo. Además, no siempre se ha reconocido que la llegada de los biocombustibles ha fortalecido el nexo entre alimentos, agua y energía. Cada uno de ellos es importante por sí mismo, pero su asociación crea alternativas nuevas e importantes. En raras ocasiones será posible aumentar simultáneamente los suministros de alimentos, agua y energía. Los cambios efectuados en uno tendrán impacto en los otros dos. Esto debe reconocerse y considerarse de antemano.

Ahora pareciera que una combinación de todas estas circunstancias se ha confabulado para anular la disposición de la política en cuanto al papel y mezcla de diversos tipos de biocombustibles previstos para 2022. El hecho de que EUA no haya podido desarrollar la capacidad para producir biocombustibles celulósicos, la falta de los avances tecnológicos necesarios para alcanzar los objetivos de 2022 y el hecho de que la norma recomendada tal vez no funcione para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero debido a que el impacto final de la producción de biocombustibles depende de una amplia gama de factores como el uso de la tierra, la disponibilidad de agua y los aspectos económicos fundamentales, ha vuelto inalcanzable el objetivo de la política. Todos los factores mencionados, especialmente los cambios en precios y tecnologías del sector energético, hacen que el futuro de los mercados de biocombustibles sea sumamente incierto. En el futuro, estas políticas deben adecuarse a los cambios que surgen en los mercados energéticos, así como a las interrelaciones con otros recursos. También es necesario diseñar las políticas de manera que puedan aplicarse a una amplia gama de diversas circunstancias sin perder su eficacia.

Planta de producción de etanol en Dakota del Sur © Shutterstock

Seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala

Seguridad alimentaria para una nación con gran vulnerabilidad a los desastres naturales y una frágil megadiversidad © iStock Photo

Guatemala

[1] Noel W. Solomons
[2] Edwin Josué Castellanos
[3] Florencio Rolando Cifuentes Velásquez
[4] Silvana Maselli Conde
[5] Mónica Ninnette Orozco Figueroa
[6] Pamela Marie Pennington
[7] Jack Clayton Schuster
[8] Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

El futuro de la seguridad alimentaria y nutricional para **Guatemala pende del balance entre la modernización de las prácticas agrícolas,** fortalecimiento de las políticas, el manejo adecuado de los abundantes recursos hídricos y de tierra, **y la expansión demográfica, la degradación ambiental y la vulnerabilidad a los desastres naturales**

Resumen

La República de Guatemala es el país más septentrional del Istmo Centroamericano. El país es topográfico y geográficamente diverso, con litoral en el Atlántico y el Pacífico, llanuras costeras y tierras altas montañosas y con lagos, ríos y bosques. Las características de su geografía y geología hacen que el país sea desmesuradamente propenso a desastres, incluyendo fuertes terremotos, destructoras erupciones volcánicas y sequías periódicas que se alternan con intensas precipitaciones que ocasionan inundaciones y deslizamientos de tierra. Guatemala es uno de los 17 países que ha sido declarado "megadiverso" por su rica diversidad genética en especies nativas de flora y fauna.

Desde mediados del siglo pasado, Guatemala ha quintuplicado su población, estimada ahora en 16 millones de habitantes. Alberga una mezcla de cultura europea (ibérica), traída por los colonizadores españoles, y cultura maya de sus habitantes indígenas. La proporción de residentes no indígenas e indígenas es casi igual, con los últimos predominando en las zonas rurales y los primeros en asentamientos urbanos.

Alrededor de 34% de la superficie de 108,900 km² está cubierta por bosques, y esto incluye la segunda selva tropical más grande de las Américas, aunque se ha visto reducida a casi la mitad en las últimas cuatro décadas. El 38% de la tierra está dedicada a actividades agrícolas (ganadería, cultivos de exportación, cultivos básicos y horticultura). La economía de Guatemala depende de la exportación de cultivos tradicionales de productos básicos como el café, el azúcar, el plátano, el cacao y el cardamomo.

La dieta básica guatemalteca continúa basándose en los elementos tradicionales de maíz, frijol, verduras y café, con pocas fuentes de alimento de origen animal. Empero, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) aumentó la accesibilidad a los alimentos procesados de exportación y bajo costo. Más de la mitad de la población guatemalteca sufre de inseguridad alimentaria y nutricional, según la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria de 8 puntos (ELCSA). Estos parámetros se ubican en el contexto de mayor prevalencia de retraso del crecimiento (baja estatura) en el hemisferio occidental.

Guatemala es reconocida por su productividad en materia de investigaciones y por sus universidades y unidades de investigación especializadas, pero la capacitación de los expertos, la inversión en recursos y la coordinación mutua han de consolidarse para lograr un proceso de modernización que contribuya a enfrentar los problemas del cambio climático, la desenfrenada deforestación y la inseguridad alimentaria.

I. Características nacionales

a. Tamaño físico, tierras de cultivo, paisaje y ambientes

La República de Guatemala cuenta con una superficie de 108,900 km² y se ubica en el Istmo Centroamericano al sur de México. Puede divi-

dirse en tres regiones topográficas principales: las tierras bajas de la selva tropical (en el norte, colindando con la frontera de México y Belice), las tierras altas (en la región sur-central) y las tierras bajas del Pacífico (en el sur). La cordillera de la Sierra Madre, una extensión de las Montañas Rocosas, se conforma de un terreno muy diverso con muchos microclimas y zonas de vida. El fértil suelo volcánico es de gran ayuda para la agricultura guatemalteca, especialmente desde las pendientes cuesta abajo y las tierras bajas del Pacífico y es propicio para el cultivo de caña de azúcar, caucho y aceite de palma, entre otros cultivos de exportación.

La mayor parte de la población del país se concentra en las tierras altas de la región centro-sur, incluyendo la capital de Ciudad de Guatemala, que concentra alrededor de 30% de la población en su área metropolitana. Las tierras bajas septentrionales se encuentran en piedra caliza con suelos poco fértiles que estuvieron cubiertos principalmente de bosques hasta la década de 1970 cuando el Gobierno llevó a cabo una campaña de migración interna a efecto de ocupar esas tierras. La agricultura de subsistencia rápidamente dio paso a la ganadería, que actualmente es el principal uso de la tierra, aunque últimamente se ha observado un aumento en las plantaciones de palma africana. La parte septentrional de estas tierras bajas todavía es una densa cubierta forestal que se encuentra protegida por medidas de conservación y es la mayor área protegida del país: la Reserva de la Biósfera Maya.

Según el último mapa de uso del suelo de 2012 (GIMBOT, 2014), 34% del país aún son zonas forestales, en comparación con más de 60% hace 40 años. El 38% de la tierra está dedicada a la agricultura, incluyendo 15% a la ganadería y 11% a la agricultura permanente y de temporada. Por último, 23.5% de la tierra es una combinación de bosques secundarios y arbustos que crecen en suelos degradados o secos, y el 4.5% restante se compone de aguas continentales, pantanos y áreas urbanas.

b. Características demográficas y tendencias futuras

El país se divide políticamente en 22 departamentos que, a su vez, se subdividen en 340 municipios. Guatemala es, sin lugar a dudas, el país con mayor densidad poblacional de Centroamérica con más de 16 millones de habitantes (INE, 2016). El crecimiento demográfico avanza con rapidez, habiéndose observado un crecimiento de 2.5% en la última década como resultado de una alta tasa de fertilidad (3.1 según los últimos cálculos). Estos datos demográficos son estimaciones derivadas del último censo realizado en 2003; el Gobierno ha prometido realizar un muy esperado censo en 2017.

La oficina del censo estima que el país alcanzó y superó el hito de 50% de población urbana hace aproximadamente 7 años, con 2 millones de habitantes en la capital, Ciudad de Guatemala (densidad: 1,600 personas/km²) y un total de 5 millones en el área metropolitana. El auge de ciudades de tamaño medio se ha reconocido a últimas fechas como una estrategia de desarrollo importante para el país. En el otro extremo, el departamento norteño de Petén está poco poblado con una población de solamente 21 personas/km². La región se encontraba prácticamente deshabitada hace 50 años, por lo que el Gobierno central inició una campaña de migración interna para poblar la zona.

Pese a la tendencia de urbanización, las tasas de fertilidad se mantienen por encima de 5 en la

[1] Noel W. Solomons, Facultad de Coordinador del capítulo. Director Científico del Centro de Estudios en Sensoriopatías, Senectud e Impedimentos y Alteraciones Metabólicas (CESSIAM). Representante de Guatemala en IANAS, cessiam@cessiam.org.gt **[2] Edwin Josué Castellanos,** Director Adjunto del Centro de Medio Ambiente y Biodiversidad (CEAB), Universidad del Valle de Guatemala, ecastell@uvg.edu.gt **[3] Florencio Rolando Cifuentes Velásquez,** Director del Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios (CEAA), Universidad del Valle de Guatemala, rcifuen@uvg.edu.gt **[4] Silvana Maselli Conde,** Jefa de la Unidad de Recursos Fitogenéticos, Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios (CEAA), Universidad del Valle de Guatemala, smaselligua@gmail.com **[5] Mónica Ninnette Orozco Figueroa,** Directora del Centro de Estudios Atitlán (CEA), Universidad del Valle de Guatemala, mnorozco@uvg.edu.gt **[6] Pamela Marie Pennington,** Directora del Centro de Estudios en Biotecnología (CEB), Universidad del Valle de Guatemala, pamelap@uvg.edu.gt **[7] Jack Clayton Schuster,** Director Adjunto del Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad (CEAB), Universidad del Valle de Guatemala, jschuste@uvg.edu.gt **[8] Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano,** Director del Centro de Procesos Industriales (CPI), Universidad del Valle de Guatemala, zambrano@uvg.edu.gt

población rural. En Guatemala se hablan 24 idiomas, siendo el español la lengua oficial; además, hay 21 grupos mayas, así como Xinca y Garífuna. Los grupos indígenas exhiben los indicadores socioeconómicos más bajos del país.

A la fecha, la norma ha sido una enorme emigración a los Estados Unidos de América (EUA), especialmente de las tierras altas empobrecidas. Se calcula que al menos 10% de la población guatemalteca vive ahora en EUA y las remesas representan 11% del Producto Interno Bruto (PIB) del país (OIM, 2013).

Las proyecciones demográficas del Observatorio Demográfico de la CEPAL (2015) pronostican una población de 24 millones para 2050, con un importante componente urbano. Con la relativamente modesta tasa de crecimiento del PIB de 3% observada en los últimos años y la alta desigualdad en materia de ingresos (CEPAL, 2010), se prevé que aproximadamente 50% de la población continúe en la pobreza durante los próximos años, siendo esto la causa de que el país mantenga el menor Índice de Desarrollo Humano de la región (PNUD, 2010).

c. Fracción de la población que padece inseguridad alimentaria y nutricional y trayectoria del plan estratégico de Seguridad Alimentaria y Nutricional

Más de la mitad de la población guatemalteca sufre de inseguridad alimentaria y nutricional, según la Escala Latinoamericana y del Caribe de Seguridad Alimentaria de los Hogares de 8 puntos (ELCSA), y es más común en las zonas rurales y entre los más pobres. La población de las tierras altas centrales y occidentales de Guatemala sufre de una grave inseguridad alimentaria, según la evaluación del sistema satelital de alerta temprana de hambruna (FEWS NET). Después de una situación de estrés en 2016, se prevén posibilidades de un próximo estado de crisis en términos de riesgos de pérdida de cosechas y hambruna para 2017.

d. Modalidades agrícolas

La agricultura aporta aproximadamente 14% del PIB. Constituye la principal fuente de empleo y aporta aproximadamente 40% del total de las divisas a través de las exportaciones (CAMAGRO-Agrequima, 2015). Las principales modalidades agrícolas incluyen la agricultura de subsistencia campesina, la agricultura semi-comercial y la agricultura de exportación. No obstante, con base en el acceso a las tierras, el tamaño de estas, los accesos a créditos, seguros, tecnología, mercado y educación, la agricultura en Guatemala se clasifica como agricultura de subsistencia, agricultura de excedentes y agricultura comercial (MAGA, 2016). Alrededor de 93% de los productores son propietarios de una explotación agrícola de un máximo de 1.6 hectáreas (ha) (IARNA_URL e IICA, 2014). Según CAMAGRO-Agrequima (2015), los principales cultivos y sectores relacionados con la agricultura son los del banano, la caña de azúcar, el café, la palma africana, el caucho, el cardamomo, los cultivos básicos, los cultivos comerciales (arveja, ejotes y brócoli), papa, mango, papaya, ganado (carne y productos lácteos) y el sector porcino.

e. ¿Es el país autosuficiente en términos de agricultura?

Los principales cultivos y productos agrícolas se detallan en la Tabla 1. Es evidente que el país es autosuficiente en algunos productos alimenticios, pero no en otros. El país no es capaz de satisfacer la demanda de la mayoría de cultivos básicos y productos de origen animal. La demanda interna se complementa con la importación de productos básicos. A pesar de que la dieta principal de la mayoría de los guatemaltecos se basa en el maíz (principalmente blanco) y el frijol negro, la producción no alcanza a satisfacer la demanda. La mayoría del arroz, trigo y maíz amarillo son importados. Algunos de los factores que influyen en el volumen de maíz y la producción de frijol negro son la baja productividad, el deficiente manejo agronómico, las variedades de plantas, las plagas y las precipitaciones irregulares de los últimos años. El mayor estímulo en el resto de los cultivos básicos es la mayor cantidad de tierras dedicadas a esos cultivos. La mayor parte de la agricultura guatemalteca es la agricultura de secano que depende de las lluvias.

f. Cultivos y mercados de exportación/importación más importantes

Las principales exportaciones incluyen cultivos tradicionales como el café, el azúcar, el plátano, el cacao y el cardamomo. El mercado objetivo inclu-

ye a los EUA y a algunos países centroamericanos, europeos y de Oriente Medio (**Tabla 1**). El mercado del café y del azúcar es más diverso ya que también incluye a algunos países asiáticos. Las exportaciones no tradicionales comenzaron durante 1980 y su aportación específica al PIB aumenta cada año. Algunos de estos cultivos incluyen verduras (arveja, brócoli, ejotes, mini-hortalizas) y frutas (limón, mango, piña, melón, plátano, fresas y moras). Con excepción de la arveja, cuyo principal mercado es el europeo, la mayor parte de estos productos se envía principalmente a EUA y a los mercados centroamericanos.

g. Posibles fuentes de inestabilidad en materia de Seguridad Alimentaria y Nutricional

La seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala se encuentra en riesgo. A pesar de que se han identificado varias posibles fuentes de inestabilidad, las más importantes a corto plazo incluyen el impacto directo e indirecto por el fenómeno del cambio climático.

El cambio climático incluye precipitaciones irregulares, exceso y escasez de agua, sequías, inundaciones, heladas, granizadas, altas variaciones en temperaturas y humedad relativa que dan origen a la proliferación de plagas de artrópodos y enfermedades de cultivos, pérdida de agrobiodiversidad y pérdida de infraestructura productiva. Por ejemplo, el efecto de la prolongada sequía de los últimos tres años en Guatemala dio lugar a una producción mínima de maíz y frijol en varias zonas del Corredor Seco del este de Guatemala. Puesto que el maíz y el frijol se plantan como parte de la agricultura de secano de Guatemala, y la región no cuenta con sistemas de riego, se registró una drástica reducción en la producción. Las condiciones sociales y económicas de la población rural y las pérdidas poscosecha son actualmente problemáticas. El segmento de población más vulnerable, que constituye 60% de las familias rurales, incluye a quienes no tienen tierras y a los agricultores de infrasubsistencia y subsistencia.

Otras fuentes de inestabilidad en materia de seguridad alimentaria y nutricional a mediano y largo plazos incluyen el cambio en el uso de las tierras, de tierras forestales a tierras de cultivo (deforestación), la erosión del suelo debido a cultivos en pendientes pronunciadas sin prácticas de conservación de suelos, la pérdida gradual de fertilidad y calidad del suelo, la desertificación, la erosión genética (causantes de estragos en las variedades criollas de maíz y frijol), el bajo uso de las variedades mejoradas en los cultivos básicos, políticas laxas y la poca participación del sector público agrícola en cuanto a la ayuda que procura a los pequeños productores mediante programas eficaces de investigación agronómica y de extensión, los limitados programas de riego a pesar de la disponibilidad de agua superficial y subterránea, la alta dependencia del uso de fertilizantes químicos y pesticidas importados, el bajo nivel educativo de los productores, la falta de programas eficaces que pongan en contacto a los productores con las cadenas de alto valor para efectos de diversificación de los cultivos, el bajo número de asociaciones y cooperativas en contacto con el mercado internacional y la alta dependencia en las remesas externas.

h. Principales retos agrícolas

La agricultura es uno de los sectores más importantes de Guatemala por cuestiones que tienen que ver con la seguridad alimentaria y nutricional, así como por razones económicas. Algunos de los retos a los que se enfrenta este sector en cuanto al desarrollo del país son el crecimiento demográfico, el alto nivel de hambre, pobreza y desnutrición, así como los factores de seguridad alimentaria y nutricional a los que se hizo referencia en la sección anterior. Por otro lado, está la demanda mundial de productos de calidad y de una mayor competitividad en un mercado globalizado, la necesidad de fuentes alternativas de energía que puedan competir por el uso de la tierra para fines alimentarios, el fortalecimiento del desarrollo rural y la innovación de la agricultura campesina. Teniendo estas cuestiones en mente, la ciencia, la tecnología y la innovación se convierten en importantes factores para mantener una alta productividad y calidad del producto. Se pretende lograr una agricultura sostenible y climáticamente inteligente, respetuosa con el medio ambiente, los recursos naturales, la biodiversidad y la calidad de vida de los seres humanos. En respuesta a estos desafíos, el Ministerio de Agricultura ha promovido un importante programa agrícola que se centra en la innovación de la agricultura campesina.

Tabla 1. Principales productos agrícolas de Guatemala

Cultivo	Producción (MT)	Rendimiento (t/ha)	Importaciones (I)		Exportaciones (E)		Balanza comercial (I/E)
			MT	País	MT	País	
Cultivos Tradicionales de Exportación							
Plátanos	3,248,215	46.4	9,418	Honduras (85%) y EUA (12%)	1,968,939	EUA (90%) y Honduras, El Salvador e Italia (6%)	0.0
Cacao	12,412	2.9	720	Nicaragua (81%) y Honduras (17%)	37,233	El Salvador (62%) y EUA (17%)	0.0
Café	251,660	1.0	26	Vietnam (91%)	219,624	EUA (43%), Japón (15%), Canadá (9%) y Alemania, Bélgica e Italia (19%)	0.0
Caña de azúcar	27,546,560	95.0	27	EUA (73%) y Venezuela (18%)	1,799,341	Varios países (48%), EUA (12%), Corea del Sur (11%), Chile (9%), China (9%) y Ghana (6%)	0.0
Cardamomo	36,344	0.5	107		34,226	Arabia Saudita (28%), Emiratos Árabes Unidos (20%), Siria (6%), Jordania (6%) y otros países	0.0
Frutas							
Aguacate	101,437	10.2	2,653	México (99%)	3,346	El Salvador (66%) y Honduras (32%)	0.8
Limón	121,683	16.9	127	México (91%) y EUA (7%)	7,220	EUA (78%), los Países Bajos (7%) y Arabia Saudita (5%)	0.0
Mango	115,883	12.2	129	México (53%), Vietnam (32%) y EUA (11%)	21,031	EUA (88%) y Honduras (7%)	0.0
Manzana	24,103	3.5	14,827	EUA (53%) y Chile (46%)	1,594	El Salvador (83%), Nicaragua (11%) y Honduras (6%)	9.3
Melocotones	32,714	11.8	918	EUA (56%) y Chile (44%)	1,205	El Salvador (99%)	0.8
Melón	538	21.8	220	Honduras (75%) y EUA (11%)	419	EUA (97%)	0.5
Naranja	792,717	26.9	38,719	Honduras (97%)	20	El Salvador (92%)	1,936.0
Piña	245,674	27.4	76	EUA (38%), Vietnam (21%), Honduras (21%) y Costa Rica (19%)	21,766	EUA (64%) y El Salvador (33%)	0.0
Plátano	223,771	18.2	1,118	México (45%), Vietnam (26%) y EUA (25%)	146,143	EUA (55%) y El Salvador (38%)	0.0
Vegetales							
Arveja	43,173	5.6	16	EUA (64%) y Bélgica (35%)	35,449	Reino Unido (73%), Países Bajos (11%) y Bélgica (10%)	0.0
Brócoli	75,833	13.4	267	China (85%) y Ecuador (6%)	42,670	EUA (64%) y El Salvador (27%)	0.0
Cebolla	130,641	28.6	26,313	México (95%)	28,629	EUA (64%) y El Salvador (27%)	0.9
Pimiento	53,781	23.4	32	Honduras (76%), Perú (16%) y El Salvador (6%)	9,755	El Salvador (71%) y EUA (24%)	0.0
Papa	516,520	25.1	3,648	Canadá (60%) y EUA (39%)	64,945	El Salvador (99%)	0.1
Tomate	318,210	35.3	180	Honduras (99%)	66,914	El Salvador (80%) y EUA (17%)	0.0
Zanahoria	76,585	28.8	12	México (54%) y EUA (34%)	31,170	El Salvador (70%), Honduras (19%) y EUA (8%)	0.0

Tabla 1. Principales productos agrícolas de Guatemala (continúa)

Cultivo	Producción (MT)	Rendimiento (t/ha)	Importaciones (I)		Exportaciones (E)		Balanza comercial (I/E)
			MT	País	MT	País	
Cultivos básicos							
Arroz	32,437	3.0	95,379	EUA (95%)	930	El Salvador (42%), Costa Rica (28%), Nicaragua (14%) y Honduras (8%)	102.6
Maíz blanco	1,776,408	2.1	44,260	EUA (92%)	6,921	El Salvador (99%)	6.4
Maíz amarillo			740,580	EUA (82%), Brasil (9%) y Argentina (85%)	8	El Salvador (72%) y EUA (27%)	92,572.5
Frijoles negros	227,945	0.9	11,133	China (43%), EUA (29%) y Argentina (11%)	1,414	Costa Rica (46%) y El Salvador (38%)	7.9
Frijoles rojos			1,641	El Salvador (32%), EUA (28%) y Nicaragua (19%) y Argentina (95%)	482	El Salvador (38%), EUA (31%) y Honduras (18%) y Costa Rica (13%)	3.4
Trigo	1,560	2.1	515,637	EUA (91%)	563	Belice (71%) y Honduras (22%)	915.9
Productos de origen animal							
Carne de res	3,423,800 (1)	941,800 (2)	7,505	EUA (67%), Nicaragua (15%) y Costa Rica (13%)	3,406	El Salvador (77%) y EUA (22%)	2.2
Cerdo	2,763,400 (1)	394,400 (2)	8,306	EUA (98%)	210	Honduras (54%) y El Salvador (45%)	39.6
Carne de pollo	199,715,400 (1)	123,296 (2)	69,874	EUA (96%)	3,302	El Salvador (66%) y Hong Kong (China) (32%)	21.2
Huevos	4,854,657,600 (1)		794	EUA (91%) y El Salvador (7%)	69	El Salvador (100%)	11.5
Leche líquida	490,126,280 (3)		37,430	Costa Rica (61%), Honduras (21%) y México (13%)	65	Honduras (79%) y Costa Rica (19%)	575.8
Leche en polvo			13,029	Nicaragua (34%), Costa Rica (22%), Nueva Zelanda (22%) y EUA (7%)	181	Honduras (28%), El Salvador (25%) y Belice (21%)	72

(1) Número de unidades, (2) animales sacrificados y (3) leche no procesada.

II. Marco institucional

a. Sistemas Nacionales de Investigación Agrícola

Aunque la educación agrícola comenzó en Guatemala en 1877, el establecimiento del primer centro de investigación tuvo lugar más de medio siglo después. Se estableció el Instituto Nacional de Química Agrícola con el fin de impartir temas relacionados con la mineralogía, la geología y la fertilidad del suelo. A lo largo de las ocho décadas transcurridas, el aspecto institucional de la investigación agrícola ha evolucionado, como se puede observar en el **Recuadro 1**.

Un aspecto importante a destacar es que, en 1990, el Gobierno canceló el servicio de extensión agrícola y no fue sino hasta 2008 que se volvió a lanzar un nuevo sistema de extensión, denominado Sistema Nacional de Extensión Rural (SNER).

i. ¿Se requiere un mayor desarrollo de las capacidades de investigación?

Algunas de las principales necesidades incluyen el reconocimiento por parte del Gobierno, la industria y los responsables de la formulación de políticas sobre la importancia de la educación y el capital

humano en la investigación y la innovación para el desarrollo del país en su conjunto, y la agricultura y la nutrición en particular. Es fundamental consolidar los estudios de posgrado y facilitar el acceso a las principales revistas científicas y a la tecnología de punta. Esto último debe complementarse con un sistema de extensión adecuado para la capacitación y la transferencia de tecnología.

ii. Áreas locales fuertes

Por ahora, varias instituciones participan en el desarrollo y la transferencia de tecnologías agrícolas y forestales: el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA), que centra su trabajo en la agricultura campesina y se ocupa de cultivos básicos, hortalizas y frutas; los centros de investigación de las facultades de agricultura de las diferentes universidades cuyas principales líneas de investigación incluyen no sólo la agricultura (campesina y agricultura de exportación), sino también las áreas de medio ambiente, biotecnología y bioquímica, así como diversas organizaciones de la industria privada que se dedican a la investigación de cultivos específicos como el café (ANACAFE), la caña de azúcar (CENGICAÑA y los 18 ingenios azucareros), la industria del caucho (Gremhule), y las organizaciones internacionales. Otros sectores de la industria privada, como el de la palma africana, el melón, el plátano y la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT), tienen sus propios departamentos de investigación y desarrollo. Igual de importante es la colaboración de algunas organizaciones internacionales como el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Centro de Agricultura Tropical y Educación Superior, junto con algunas universidades internacionales y las ONG que llevan a cabo actividades de investigación y extensión, ya sea por sí solos o en colaboración con organizaciones e instituciones locales. Por lo general, operan en una amplia gama de áreas relacionadas con la agricultura campesina y los recursos naturales. Aunque la agricultura en su concepto más amplio incluye cultivos, bosques, zoología y procesamiento de alimentos, la mayoría de los temas de investigación se han centrado en la producción de cultivos para los mercados locales e internacionales. Como indica el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), aproximadamente 20% de los fondos para investigación se han asignado a proyectos relacionados con la agricultura. Es necesario reforzar la investigación sobre la silvicultura, la zoología y la transformación de alimentos.

iii. Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

La cooperación interinstitucional existe a nivel local (nacional), pero no es muy sólida por lo que necesita reforzarse. Cada centro de investigación individual cuenta con su propia red de colaboración fuera del país. Esto incluye algunos centros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), universidades extran-

Recuadro 1. Resumen cronológico de la investigación agrícola en Guatemala

- **1944:** Se establece el Instituto Nacional de Agricultura (IAN) como una organización cooperativa entre el Gobierno de Guatemala y el Departamento de Agricultura de EUA. La agenda de investigación incluía la producción de maíz, frijol, arroz, trigo, café y caucho.
- **1954:** Se creó el Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura (SCIDA) y reemplazó a IAN. El nuevo centro de investigación fue financiado y administrado por EUA, y logró importantes avances en la modernización de la agricultura guatemalteca. Con la creación del nuevo centro de investigación también nació el Servicio de Extensión Agrícola.
- **1970:** Se crea el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA), cuyo lanzamiento oficial tuvo lugar en 1973. El ICTA es el centro nacional de investigaciones agropecuarias financiado por el Gobierno de Guatemala y otros patrocinadores y su nombre se mantiene hasta la actualidad. Desde su creación, el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas (ICTA) se ha dedicado a los cultivos básicos, las legumbres, las frutas y las especies menores de animales. Sus principales actividades se centran en la agricultura campesina. En la actualidad, ICTA cuenta con cinco importantes centros de investigación en el país.
- **1980-1990:** Da comienzo la investigación agrícola en diversas organizaciones del sector privado, universidades privadas, organizaciones internacionales y las ONG. La colaboración de la Universidad de San Carlos de Guatemala comenzó en 1950 con la creación de la Facultad de Agronomía. La investigación agrícola en las universidades privadas también dio lugar a la creación de sus Facultades de Agricultura (Departamento de Agronomía de la Universidad del Valle de Guatemala en 1977 y la Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales en 1976).

jeras, fundaciones internacionales y benefactores específicos, incluyendo industrias privadas y consorcios industriales.

iv. Acceso y mantenimiento de bases de datos de seguimiento de sistemas agrícolas

Existe poca información y acceso a las bases de datos públicas de los diferentes ministerios del Gobierno, el CONCYT y el Instituto Nacional de Estadística (INE). A veces hay que pagar por acceder a las bases de datos. Las bases de datos generadas en las universidades también son limitadas, y más aún, las de las instituciones del sector privado.

b. Universidades e institutos de investigación

i. Desarrollo científico e infraestructura

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (SINCYT) está compuesto por instituciones y entidades de los sectores público, privado y académico. CONCYT, el elemento central del sistema, y su división operativa, la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), organizan y vinculan las actividades científicas con el SINCYT. Juntos promueven la ciencia, la tecnología y la innovación en el país, incluyendo la administración del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (UNESCO, 2010). El CONCYT cuenta también con el apoyo de comisiones técnicas sectoriales e intersectoriales integradas por instituciones públicas, privadas y académicas con intereses científicos y tecnológicos comunes que contribuyen al desarrollo social y económico de Guatemala. (UNESCO, 2010; SENACYT, 2015)

Las 15 universidades del país desempeñan un importante papel en la realización de actividades de investigación científica y tecnológica. La Universidad San Carlos de Guatemala (la única universidad pública del país) cuenta con 37 centros de investigación e institutos ubicados en varios campus externos en todo el país. Sólo seis universidades privadas cuentan con centros/institutos de investigación, los cuales están encabezados por la Universidad del Valle de Guatemala, con 10 centros de investigación, seguidos por la Universidad Rafael Landívar, con seis. Otros 10 centros públicos y privados operan fuera del sistema de educación superior y realizan investigaciones sobre temas específicos de la salud humana (CESSIAM, Funadanier, INCAP, INVEGEM, Laboratorio Nacional de Salud), la agricultura (CENGICAÑA, IGCC, Cedicafé, ICTA), la economía (ASIES, CIEN) y las ciencias sociales (CEUR, FLACSO).

La inversión pública del país en investigación científica y desarrollo tecnológico a través del SINCYT es extremadamente baja en comparación con la de otros países de la región. Por ejemplo, entre 2007 y 2012, la inversión del Gobierno en investigación y desarrollo osciló entre US$ 18.1 y US$ 23.5 millones de dólares anuales, lo que representa 0.04% y 0.06% del PIB nacional, respectivamente. El financiamiento de inversiones está dirigido a las ciencias naturales, la ingeniería, las ciencias médicas, la agricultura, las ciencias sociales y las humanidades (SENACYT, 2015).

No obstante, el financiamiento externo de las instituciones públicas y privadas internacionales, así como las ONG de EUA, la Unión Europea, Japón y Alemania, entre otras, hacen posible que las instituciones de investigación locales obtengan financiamientos para proyectos de pequeña, mediana y gran escalas.

III. Características de los recursos y ecosistemas

a. Recursos hídricos y retos de los próximos cincuenta años

Los recursos hídricos de Guatemala superan en gran medida su demanda de agua: 97,100 millones de m³ de aguas superficiales y aguas subterráneas disponibles, de los cuales solo 9,600 millones de m³ se emplean en usos consuntivos y no consuntivos (Gabinete Específico del Agua, 2011). No obstante, las crecientes demandas de la población, el cambio climático, la contaminación del agua, las disputas sobre el agua (Basterrechea, 2013) y la mala gestión de las agencias gubernamentales nacionales y municipales (IARNA, 2015) ponen en peligro este recurso.

La demanda anual total de agua alcanzó los 20,000 millones de m³ en 2005, y los sectores industrial y agrícola fueron responsables del mayor consumo, seguidos por el segmento de producción de energía hidroeléctrica. Los usos domés-

ticos representan solamente 3% de la demanda total de agua del país (IARNA, 2015). Guatemala continúa enfrentando grandes retos en materia de cobertura universal y de alta calidad de agua potable y saneamiento para toda la población, especialmente en las áreas rurales menos atendidas del país. Estos servicios representan soluciones rentables para reducir la pobreza, la desnutrición crónica, la morbilidad y la mortalidad materno-infantil, sin mencionar los impactos en la salud y bienestar de la población en general, así como en el bienestar del medio ambiente (Gabinete Específico del Agua, 2011).

El malestar social por los recursos hídricos ha aumentado últimamente debido a la creciente demanda de agua por parte de las industrias agrícola y minera, así como a los problemas relacionados con la contaminación del agua. Junto a los graves y adversos eventos climáticos que han afectado al país durante las dos últimas décadas, existen otras amenazas para el frágil sistema hidrológico de Guatemala. Los intentos por diseñar e implementar leyes nacionales multisectoriales para la administración y regulación de los recursos hídricos han fracasado repetidamente, principalmente por falta de consenso entre los sectores.

b. Recursos del suelo y retos de los próximos cincuenta años

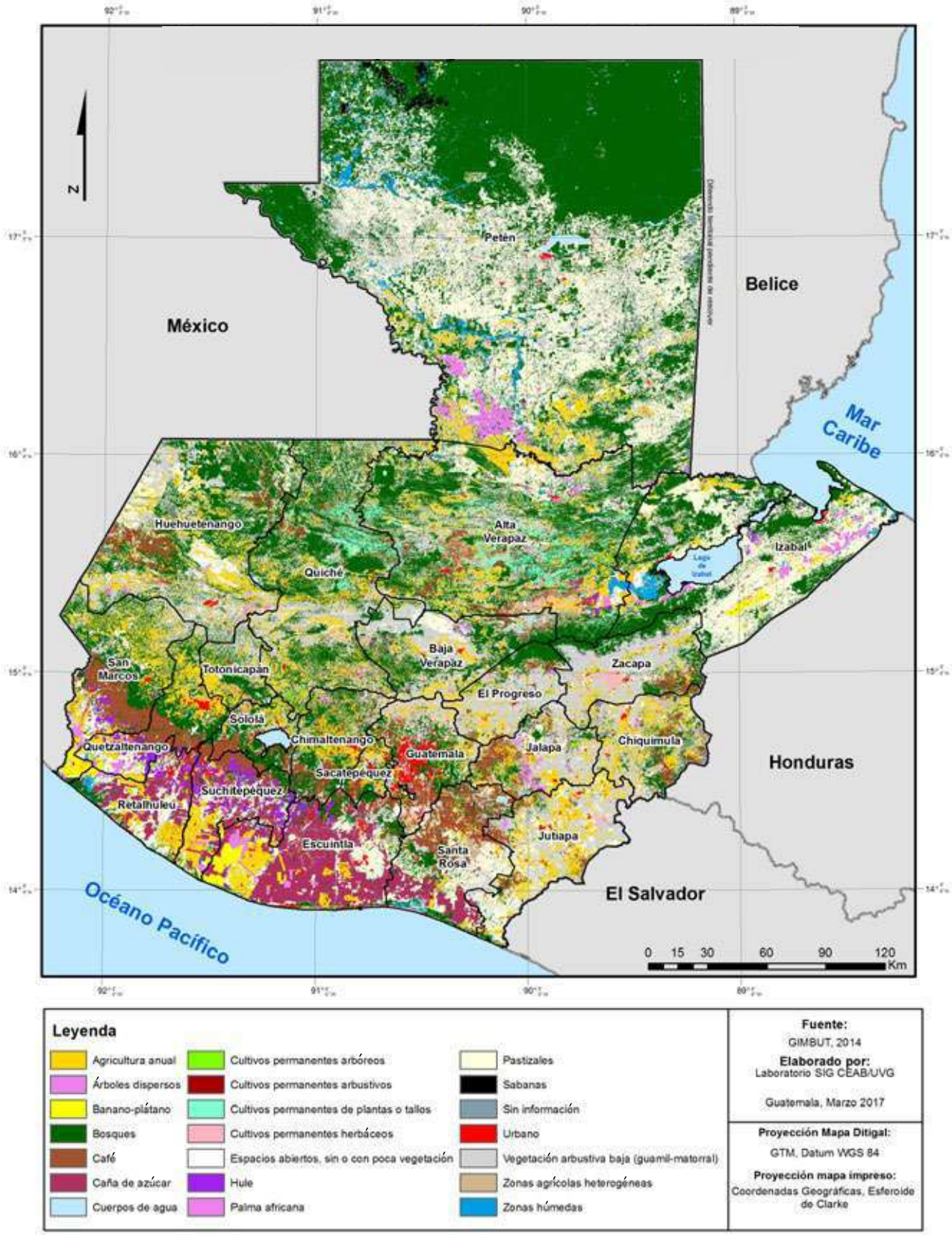
El origen de la mayoría de los suelos del país es de piedra caliza, material volcánico, depósitos marinos a bajas altitudes, esquisto, serpentina, otras rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, así como material volcánico transportado por el agua y finalmente depositado aguas abajo. El material parental específico y desarrollo del suelo dependen de la geología, geomorfología y clima de cada una de las once regiones fisiográficas y geomorfológicas en las que se ha dividido el país.

El primer mapa de clasificación de los suelos fue desarrollado por Simmons *et al*. (1959), y se basó en los aspectos genéticos del suelo. Los sistemas internacionales que se han utilizado en Guatemala incluyen el sistema FAO-UNESCO, que hizo posible la identificación de 10 de las 26 unidades identificadas por el sistema en el mundo, algunos estudios taxonómicos del suelo y algunos informes técnicos de clasificación basados en la fertilidad del suelo. Con base en la taxonomía de los suelos, estos han sido clasificados en el sistema de cultivo de caña de azúcar, los suelos de la región sur de la industria cafetalera y los suelos de los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá, desarrollados por el Ministerio de Agricultura (González-Martínez, 2013). Se han implementado otros estudios de taxonomía de suelos en áreas específicas del país, y aunque no se han realizado en todo el territorio, con base en la correlación del suelo entre el estudio realizado por Simmons *et al*. (1959) y el sistema taxonómico de los suelos, los principales identificados en el país incluyen los mencionados en las secciones anteriores.

La topografía de las tierras utilizadas en la agricultura varía de llanuras a pendientes pronunciadas en las tierras altas (DIGEGR-MAGA, 2005). Como se ha señalado, la vocación natural de la mayoría de los suelos es para la silvicultura. Sin embargo, debido a la presión con respecto a las tierras y el alto nivel de pobreza de la mayoría de los agricultores, la agricultura se practica incluso en la clase VIII del Sistema de Clasificación de Suelos del Departamento de Agricultura de EUA. La distribución de los suelos basada en el Sistema de Capacidad de Uso de la Tierra se presenta en la **Figura 1**. Según una clasificación del Ministerio de Agricultura por uso de la tierra, en el año 2000, la distribución de la superficie terrestre de Guatemala se clasificó de la siguiente forma: cultivo (34.2%), tierras de cultivo para pastoreo (16.8%), cobertura forestal (41.1%), reservas protegidas (7.1%) y cuerpos de aguas continentales (0.3%) con una pequeña fracción de centros urbanos construidos. Los principales desafíos de los próximos 50 años incluyen la reducción de la erosión del suelo mediante la aplicación de prácticas de conservación del suelo, usos de la tierra según su capacidad, la clasificación taxonómica de los suelos de todo el país, la conservación del agua mediante un manejo adecuado del suelo, la restauración de los suelos marginales y el aumento del nivel de fertilidad y calidad del suelo a través de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes que promuevan la acumulación de carbono orgánico en el suelo.

En los próximos 50 años, Guatemala se enfrenta a grandes desafíos que giran en torno al

Figura 1. Mapa de bosques y uso de tierra, 2012



Recuadro 2. Principales desafíos relacionados con la energía

- Reducción del uso de combustibles fósiles.
- Leyes que favorezcan el uso de biocombustibles y energías renovables.
- Reducción del uso no responsable de la biomasa de madera y leña.
- Aumento de la eficiencia en el uso de energía en la industria, oficinas y residencias.
- Utilización de recursos naturales como ríos, energía eólica, térmica y solar.
- Además de la necesidad de ser más eficientes y responsables en el uso de la energía, también es necesario reducir las emisiones.

desarrollo de una mayor resiliencia ante los eventos climáticos adversos y al cambio climático para poder garantizar una distribución adecuada y equitativa del agua a todos los segmentos de la población, basándose en un enfoque fundado en los derechos humanos y protegiendo a las zonas subterráneas de recarga y fuentes de agua de la sobreexplotación y la contaminación.

c. Desafíos energéticos

Según el World Factbook (CIA, 2016), se estima que el consumo de energía de Guatemala es de 0.21 cuatrillones de Btu al año y los siguientes potenciales: potencial eólico de 3,445 km² de clase 3-7 viento a 50 m; potencial solar de 328'690,840 MWh/año; 83'070,000 barriles de reservas de petróleo y 2,960'000,000 m³ de reservas de gas natural.

Actualmente, uno de cada 10 guatemaltecos no dispone de electricidad. La producción nacional actual es de 10 mil millones kWh de electricidad. La capacidad de generación instalada fue de 3.73 millones de kW (2015), pero 6.9% proviene de combustibles fósiles y 29.1% de plantas hidroeléctricas, y solo 8.9% de fuentes renovables. La producción nacional de crudo es de 10,040 barriles/día e importaciones de productos derivados del petróleo de 100,400 barriles/día. También hay emisiones de dióxido de carbono de 13 millones de toneladas ocasionadas por el consumo de energía.

d. Conflictos y retos de la biodiversidad

Las principales amenazas a la biodiversidad guatemalteca han sido detalladas como recurrentes en las últimas décadas (CONAP, 2014), incluyendo los últimos datos oficiales sobre la pérdida de la cobertura forestal: 146,112 ha (2006-2010), lo que corresponde a 3.4% de la tasa anual de deforestación del país. La deforestación está directamente relacionada con los monocultivos de la agroindustria, por ejemplo, palma africana, caña de azúcar y pastizales. Otras amenazas importantes a la biodiversidad son las 1,422 especies exóticas invasoras que se han reportado, los incendios forestales y el cambio climático, con fenómenos hidrometeorológicos más frecuentes e intensos (CONAP, 2014), como tormentas y sequías, que provocan una pérdida de agrobiodiversidad que a su vez afecta la seguridad alimentaria del país.

La degradación ambiental está directamente relacionada con la falta de instrumentos políticos eficaces y con los traslapes y lagunas en los marcos regulatorios (MARN, 2013). La importancia de la agro-biodiversidad, su potencial económico y su contribución a la seguridad alimentaria no ha sido reconocida plenamente por la clase política.

La implementación de la Política Nacional de Biodiversidad, con su Estrategia y Plan de Acción 2012-2022 que, según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) (2013), busca desarrollar las condiciones políticas, jurídicas, sociales, financieras e institucionales adecuadas para asegurar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, incluida la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los componentes de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, continúa siendo el principal reto a superar.

i. Problemas asociados con la sobreexplotación

La estrategia apropiada para Guatemala es limitar o evitar la sobreexplotación de la tierra destinada a la agricultura que ocasionará la destrucción del hábitat nativo y la extinción de las especies, y que actualmente está sucediendo en la selva tropical en

el Petén, como ya se ha expuesto en otros textos. Además de la destrucción del hábitat y, por ende, de las especies nativas, la probabilidad de extinción, tanto de áreas naturales como de los campos, aumenta proporcionalmente al uso de productos químicos. La calidad de las prácticas agrícolas también afecta a la biodiversidad, incluso en áreas naturales, como por ejemplo la propagación de insecticidas de los campos agrícolas a áreas protegidas. Combinado con el monocultivo, Guatemala se hizo vulnerable a desastres específicos de cultivos con la introducción de plagas extranjeras, como las que llegaron con el café –barrenador de la cereza y la roya del café– y los cítricos –enfermedad del brote amarillo (*Huanglongbing*)–. Guatemala requiere un sistema de vigilancia y monitoreo en el cual las especies de plagas invasoras se identifiquen plenamente y de forma temprana para implementar controles oportunos.

ii. Agotamiento de la diversidad genética

Como ya se mencionó con anterioridad, Guatemala se ha reconocido como un país megadiverso, que pertenece al Centro Mesoamericano de diversidad genética. Guatemala cuenta con recursos fitogenéticos de importancia económica mundial y sus parientes silvestres, incluidos los géneros de *Zea, Phaseolus, Cucurbita, Capsicum, Mañío, Persea, Lycopersicon y Solanum*. El país es también muy rico en especies subutilizadas de alto valor nutricional (Orellana, 2012; Azurdia, 2016) y es un centro de diversificación del género *Pinus*. La importancia y las aportaciones de estos géneros a la seguridad alimentaria y a la economía del país, así como la urgente necesidad de su uso y conservación sostenibles (*ex situ e in situ*), han sido destacados por las universidades nacionales y las instituciones internacionales en las últimas décadas (CONAP, 2008; FAO, 2008; Maselli, 2013). Estas instituciones han hecho contribuciones importantes a las actividades del Plan de Acción Mundial (FAO, 2011) para la conservación y uso sostenible de los recursos fitogenéticos, para concientizar sobre el agotamiento de la diversidad genética de la agrobiodiversidad guatemalteca (cultivos y sus parientes silvestres, especies y frutas nutricionales subutilizadas) y de los recursos genéticos forestales guatemaltecos (INAB, 2012). Las amenazas a la agrobiodiversidad son iguales a las de la biodiversidad en Guatemala e incluyen la erosión genética. La Universidad del Valle de Guatemala (Maselli, 2014) ha realizado estudios sobre el desarrollo de métodos para medir la erosión genética.

e. Implicaciones de las tendencias de la silvicultura

A pesar de que un tercio del territorio guatemalteco permanece bajo cubierta forestal (el más alto de Centroamérica), el proceso de deforestación ha sido severo en las últimas décadas. Tan solo hace 40 años, el bosque cubría dos tercios del territorio guatemalteco. El factor clave de la reducción de 50% desde entonces ha sido el proceso interno de inmigración promovido por el Gobierno en la década de 1970 para poblar el territorio norte de la provincia de Petén. Esta política dio inicio a un fuerte proceso de deforestación, cuyos efectos aún pueden verse hoy, con el avance de una frontera agrícola. La tasa neta de deforestación se estimó en 1.7% para el período 1991-2001; esa tasa se redujo a 1% en el último período de análisis disponible (2006-2010) (INAB *et al*., 2012). Esto no fue resultado de una disminución de la deforestación, sino de un aumento significativo de la forestación proveniente principalmente de tres procesos: nuevas plantaciones establecidas a través del Programa Nacional de Incentivos Forestales (PINFOR), la regeneración de áreas quemadas no convertidas en tierras de cultivo y la regeneración de áreas agrícolas abandonadas, especialmente en las tierras altas. El abandono de las tierras agrícolas puede estar relacionado con la fuerte inmigración hacia los EUA, principalmente de las pequeñas comunidades campesinas de las tierras altas (Aguilar-Stoen *et al*., 2014).

La cantidad de deforestación bruta se ha mantenido en alrededor de 100,000 ha anuales en el período 1991-2010; al mismo tiempo, la ganancia en cobertura forestal ha aumentado de forma sostenida en el mismo período. Como resultado, la pérdida neta de bosques reportada en el último período evaluado (2006-2010) fue de 38,600 ha al año (INAB *et al*., 2012).

f. Impactos potenciales del cambio climático

Toda la región de Centroamérica se ha caracterizado por su alta exposición a riesgos geo-climáticos debido a su ubicación y topografía. El área ha

sido identificada como la región tropical más sensible al cambio climático (Giorgi, 2006). Una serie de eventos climáticos extremos, como los huracanes y las sequías en los últimos años, ha dado lugar a varios estudios que clasifican a Guatemala y otros países de Centroamérica entre los más vulnerables al cambio climático. Por ejemplo, el Informe Mundial de Riesgo (World Risque Report), elaborado por la Universidad de las Naciones Unidas (2015), clasificó a Guatemala en cuarto lugar entre los países con mayor riesgo de sufrir un desastre natural. El Índice Global de Riesgo Climático de 2017, publicado por Germanwatch (2016), clasificó a Guatemala como el número 9 entre los 10 países más afectados por los eventos climáticos de 1996 a 2015, con 75 eventos ocurridos durante ese período que resultaron en pérdidas de 0.47% del PIB.

El capítulo sobre América Central y del Sur del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (Magrin *et al*., 2014) llegó a la conclusión de que, para América Central, el aumento esperado de temperatura que durará hasta finales del siglo actual será de entre 0.6 y 2.0°C en el más optimista de los escenarios, y entre 3.6 y 5.2°C según las proyecciones más pesimistas. Este aumento en la temperatura se acompañará de una disminución en precipitaciones de hasta 25%. Esta tendencia a largo plazo de menor precipitación se acompañará de una creciente variabilidad de precipitaciones que dará lugar a períodos tanto de lluvia extrema como de sequía extrema. Otras iniciativas de modelización muestran tendencias similares, con un calentamiento en el rango de 2 a 4°C y una reducción en precipitaciones 10 a 25% (CEPAL, 2010; Imbach *et al*., 2012; Sáenz-Romero *et al*., 2010). Más allá de estas tendencias a largo plazo, los agricultores locales reportan que los periodos de lluvias han sido cada vez más variables, lo que ha hecho extremadamente difícil reconocer el inicio de la temporada de lluvias y el tiempo óptimo de siembra (Eakin *et al*., 2013).

g. Resiliencia a los eventos extremos

El enfoque de la gestión de desastres en Centroamérica se ha centrado en desarrollar sistemas de alerta temprana y respuesta en casos de emergencia de eventos extremos (Saldaña-Zorrilla, 2008), más que en fortalecer las organizaciones locales y las cooperativas, que podrían ser clave para aumentar la capacidad de adaptación de los agricultores mediante un mayor acceso a créditos blandos e información sobre mercados globales, así como a nuevas tecnologías (Eakin *et al*., 2011). La experiencia de los productores de café en la región mesoamericana (Castellanos *et al*., 2013) indica que la diversificación de los sistemas productivos y la generación de ingresos es de suma importancia para reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y dirigirlas hacia un entorno altamente variable.

h. Perspectiva del futuro

Debido a su geografía y topografía, el derretimiento del hielo, el aumento de los niveles de los océanos y la acidez oceánica parecen no ser tan importantes a futuro como lo serán el aumento de las temperaturas, el cambio de los patrones de precipitación y especialmente la frecuencia y la intensidad de los eventos adversos extremos naturales. Es imposible determinar con certeza el escenario exacto que habrá de darse.

IV. Tecnología e innovación

a. Papel de la Biotecnología

i. Cultivo de plantas

El uso regulado, a nivel de área, de maíz transgénico con características de resistencia a insectos podría conducir a la eliminación de plagas y a la prevención de la evolución de la resistencia, como se ha observado después de varias décadas de aplicación en EUA (Hutchinson *et al*., 2010). Además, se ha demostrado que el maíz Bt puede tener niveles reducidos de micotoxinas de fumonisina (Ostry *et al*., 2010). La contaminación de los productos a base de maíz con estas toxinas de fumonisina puede afectar negativamente a la salud humana (Torres *et al*., 2013). Por lo tanto, esta biotecnología podría reducir la aplicación regional de insecticidas, así como el nivel de contaminación por micotoxinas en el principal alimento básico de Guatemala. No obstante, Guatemala no ha regulado/autorizado el uso de cultivos transgénicos, por lo que no es posible acceder a esta tecnología actualmente en el país.

ii. Producción pecuaria

Según el CONAP, en 2010 había 27 laboratorios asociados con el uso de la biotecnología y/o la seguridad en biotecnología en el país. Cuatro de ellos dependían del Gobierno, ocho eran privados y el resto eran instituciones académicas que trabajaban en un total de 106 proyectos/programas. Estos programas se centraron básicamente en la transformación y transferencia de genes resistentes a virus comunes de plantas y en el control de enfermedades y vectores humanos. Hasta el momento, no existen informes de estudios realizados en organismos superiores como los animales (CONAP, 2010). Sin embargo, las empresas privadas se encuentran procesando semen y embriones de bovino para mejorar la reserva genética de las razas bovinas locales y poder, así, incrementar los rendimientos de la producción de carne y lácteos (BASA, 2008).

iii. Plagas y enfermedades

El uso a gran escala de plaguicidas químicos tradicionales afecta a los insectos benéficos y a la biodiversidad, lo que a su vez afecta la sostenibilidad agrícola (Whitmee *et al*., 2015). Se espera que la industria de biopesticidas, como alternativa de los plaguicidas químicos, crezca durante la próxima década (Bergin, 2016). La biotecnología para el control de plagas de insectos ha sido parte de varios programas integrados de manejo de plagas en Guatemala. Uno de estos ejemplos es el control de plagas de insectos de la caña de azúcar utilizando hongos entomopatógenos (COMIP, 1998). Otra aplicación biotecnológica muy exitosa es la técnica de los insectos estériles para el programa de erradicación del gusano barrenador, que logró que Guatemala fuera declarada libre de esta importante plaga bovina en 1994 (Wyss, 2006). La técnica del insecto estéril es también una parte fundamental del programa de la mosca mediterránea de la fruta que llevó a la eliminación de esta plaga hortícola en la frontera norte con México (Lynch, 2002). Las aplicaciones de los productos biotecnológicos en toda la zona son, por tanto, un importante componente del arsenal contra las plagas de insectos para beneficio de la agricultura sostenible en la región.

b. Perspectivas de nuevos productos agrícolas

Si Guatemala va a alcanzar el segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible, es decir, "eliminar el hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible" (Naciones Unidas, 2016), el país deberá formular políticas que garanticen que se adopten biotecnologías agrícolas para proteger el medio ambiente, la biodiversidad y la salud humana. Para asegurar el bienestar y mejoramiento de la nutrición de las generaciones futuras, Guatemala necesitará intensificar la agricultura a través de una combinación de manejo integrado de plagas que incluya métodos de control biológico y cultivos modificados genéticamente (Whitmee *et al*., 2015). Cabe señalar que las estrategias eficientes en toda la zona sólo serán posibles si se obtienen inversiones en acuerdos multiinstitucionales y programas de investigación sobre biología de plagas. La adopción de estas tecnologías también depende de la implementación de estrategias participativas a nivel nacional que incluyan a profesionales de los campos de la salud pública y las ciencias nutricionales, ambientales y agrícolas (Whitmee *et al*., 2015).

c. Oportunidades y obstáculos de las nuevas tecnologías de gestión

Existen muchas oportunidades para las nuevas tecnologías que buscan un uso adecuado de los recursos y, por supuesto, se requiere innovación. Los desechos y subproductos orgánicos pueden emplearse como fertilizantes, después de la digestión anaeróbica para producir biogás. En la medida de lo posible, el uso del agua de lluvia y el agua tratada para riego, procesos y uso doméstico aumentará la disponibilidad de agua. Para facilitar los procesos es imprescindible el uso de sistemas naturales de tratamiento como biofiltros, humedales y aireación en cascada, entre otros.

En términos de obstáculos, la eliminación de contaminantes peligrosos es un proceso costoso y requiere de tecnología sofisticada. El uso de sistemas naturales requiere tiempo y, en el caso de los humedales, grandes extensiones de tierra para su implementación. Los microorganismos y plantas apropiadas que pertenecen al medio ambiente

deben utilizarse de forma adecuada para prevenir la propagación de especies exóticas invasoras.

d. Desarrollo de recursos de acuacultura/marinos

Las pesquerías no son, hasta el momento, una actividad económica plenamente desarrollada en Guatemala y sólo aportan 0.03% al PIB del país. No obstante, contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria y al bienestar económico de muchos guatemaltecos, principalmente de los que viven en las zonas costeras del país. Esta actividad se desarrolla principalmente en las aguas del Pacífico y del Océano Atlántico. Sin embargo, existe un sector importante que trabaja en la pesca artesanal en aguas continentales (interiores) en todo el territorio y que produce aproximadamente 15,500 toneladas métricas de productos hidrobiológicos por año. En la costa del Pacífico, las principales actividades son las pesquerías artesanales e industriales (pequeñas, medianas y grandes) que se centran en la captura de camarón y fauna marina asociada. En la Costa Atlántica, la mayoría de los esfuerzos están dirigidos a la captura de pescado y camarón con la ayuda de embarcaciones artesanales y pequeñas. En general, la producción anual de las pesquerías oceánicas es de aproximadamente 32,000 toneladas métricas de productos hidrobiológicos como el atún, varios tipos de pescado (tiburón, dorado, meros, pargos, sardinas, etcétera), crustáceos (cangrejo, camarón, langosta) y moluscos (almejas, calamares, ostiones y caracoles). En 2003, las exportaciones totales alcanzaron aproximadamente 23,000 MT, lo que representó ingresos de entre US$ 50 y US$ 80 millones para el país (FAO, 2005).

Hace poco se reportó una notable reducción en la captura de recursos marinos, no sólo dentro de las aguas jurisdiccionales del país, sino más allá de ellas, también en aguas centroamericanas y mexicanas. Los posibles factores se han asociado al cambio climático, que ha perturbado los patrones naturales y la distribución de las especies marinas, un control laxo de las actividades de los pescadores artesanales e industriales y la degradación del fondo marino (FAO, 2005). Las aguas continentales han sido contaminadas por monocultivos tales como los de las industrias de palma africana y de caña de azúcar (EJA, 2014; ActionAid, s/f), así como la minería (GHRC, s/f) y otras actividades industriales y antropogénicas que afectan la abundancia y biodiversidad de las especies de agua dulce. Las actividades industriales, específicamente las de los sectores de alimentos y bebidas, que son en gran parte responsables de la degradación de las fuentes de agua dulce, representaron 71.4% de las emisiones de contaminantes orgánicos del agua (PNUMA, 2000).

Las actividades de acuicultura se centran en la producción de camarón y tilapia (FAO, 2005), pero existe poca información sobre los volúmenes de producción, usos y estadísticas que pudieran hacer posible medir la aportación de esta actividad a la economía nacional y a la seguridad alimentaria.

V. Aumento de la eficacia de los sistemas alimentarios

a. Perspectivas de aumentos en la producción agrícola como resultado de la tecnología

Un obstáculo importante a superar, en términos de desarrollo humano sostenible, es la inequidad social. Para el sector de los cultivos comerciales de exportación, la comunidad productora y exportadora cuenta con los medios para aplicar las tecnologías en evolución; se necesitará un sistema de regulación y concesión de licencias para aplicar todas las formas de biotecnología. El sector de la producción de alimentos se ha estancado en el tiempo en el contexto tradicional de infrasubsistencia y subsistencia de los campesinos. Las cooperativas agrícolas tienen un importante papel que desempeñar. La tecnología también es intrínsecamente importante para esta actividad, pero es necesario visualizar la fuente de la inversión. Ambos sectores enfrentarán las consecuencias negativas del cambio climático y los otros factores relacionados con el suelo y el agua.

b. Necesidades de infraestructura

Al igual que en la mayoría de los países en los que se practica la agricultura como actividad rural, mientras que los mercados se encuentran en las ciudades, la infraestructura de transporte (carre-

teras y puentes) encabeza la lista de necesidades de ese sector. Si la exportación de productos ha de mantenerse o ampliarse, las instalaciones portuarias en los puertos y muelles necesitarán mejoras y expansión.

c. Problemas en la utilización de alimentos y minimización de desechos

Las pérdidas poscosecha pueden reducir la utilización de alimentos en 30-50% desde el punto de origen hasta el establecimiento. No se dispone de una estimación precisa para Guatemala. Los organismos internacionales de desarrollo han implementado una serie de estrategias para mejorar la producción de productos hortícolas en Guatemala; sin embargo, la falta de infraestructura (arriba) ha sido un factor que ha presentado obstáculos para llegar a los mercados y a los consumidores, y su uso eficaz es deficiente. Será necesario instalar sistemas de refrigeración en el transporte interno y el almacenamiento para comenzar a impactar en los desechos.

d. Conflictos entre la producción de alimentos y la producción de energía y fibra

El uso de cultivos específicos que no perjudiquen la seguridad alimentaria es un requisito para la producción de biocombustibles. Las especies vegetales tienen que ser seleccionadas para asegurar que sus tejidos, frutas, semillas y otros componentes puedan procesarse de manera rentable para la extracción de aceites, alcohol, fibras, celulosa o sus residuos para obtener biomasa y biogás, entre otros. La selección de áreas para el cultivo de estas plantas debe hacerse de manera que no afecte a los cultivos productores de alimentos o, quizás, en alternancia con estos.

El Gobierno y las leyes deben fomentar el cultivo de plantas para diversos fines, así como fomentar el uso de biocombustibles, al mismo tiempo que garantizan la seguridad alimentaria de los guatemaltecos. También es obligación del Gobierno regular las emisiones al mismo tiempo que garantiza un suministro de energía adecuado.

Recuadro 3. Vínculos entre la agricultura y la salud a través de temas de consumo de alimentos

- **Seguridad alimentaria:** Microorganismos, toxinas y contaminantes en el suministro de alimentos.
- **Valor nutritivo:** La cantidad, densidad y biodisponibilidad de macronutrientes y micronutrientes esenciales.
- **Balance energético y perfil dietético del consumo:** La ingesta y el gasto de energía de un individuo deben estar equilibrado, así como el patrón de alimentos y componentes tanto protectores como perjudiciales para la salud.
- **Combustibles para cocinar:** Implicaciones en la silvicultura y la fibra de los combustibles que se utilizan para cocinar.
- **Ingreso monetario para la adquisición de alimentos:** Mano de obra agrícola o venta de producción para la compra de alimentos y artículos relacionados con la salud.

VI. Consideraciones de salud

Los principales aspectos y vínculos de la agricultura con la salud son el consumo de alimentos; cinco niveles importantes se enumeran en el **Recuadro 3**. La base de la dieta guatemalteca actual se compone de los elementos tradicionales de la cocina maya de la antigüedad, a saber, maíz, frijol y calabaza. En los últimos siglos, las bebidas principales han sido el café, los atoles calientes derivados de los granos y las semillas, y las bebidas naturales de frutas. La carne de res, animales de granja, caza y pesca, han sido complementos variables. El fenotipo no persistente de la lactasa de los antepasados amerindios y mediterráneos de los guatemaltecos contemporáneos limita la demanda y la tolerancia de los productos lácteos con contenido de lactosa normal.

a. Enfermedades transmitidas por alimentos

Las enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua han sido históricamente endémicas y peligrosas para la vida y la salud en Guatemala. Este fue uno de los sitios para el planteamiento del paradigma de la "diarrea de destete", por la explosión de diarrea una vez que se añaden los alimentos complementarios a la dieta. El contacto prolongado de las manos en la elaboración de las tortillas sería un factor en la transmisión fecal-oral a través de las manos. Históricamente, las letrinas y el tratamiento de agua corriente han sido poco

frecuentes en las zonas rurales, pero ambos elementos han mejorado considerablemente durante la última década. En términos generales, las tasas de mortalidad de menores de 5 años disminuyeron de 124 a 35 por cada mil, de 1980 a 2000, y la diarrea representó 14% de la mortalidad en este grupo (OMS, 2017).

Los parásitos transmitidos por el agua o por el suelo se encuentran regularmente en las comunidades rurales de Guatemala. En un estudio entre niños en edad escolar en el Altiplano Occidental, se encontraron lombrices (*Ascaris*) en 18%, amebas (*Entamoeba*) en 16% y giardiasis en 11% de las 5 mil muestras de heces analizadas (Cook *et al*., 2009). Las micotoxinas son un contaminante grave del maíz (Torres *et al*., 2013). Las aflatoxinas han cobrado importancia recientemente como un posible factor que influye en la falta de crecimiento (Prendergast y Humphrey, 2014).

b. Consumo excesivo / desnutrición

i. Desnutrición

Si aceptamos la desnutrición en todas sus formas, la preocupación por ella sustituye a la de la sobrenutrición en Guatemala en la agenda de salud pública. La condición de interés es la del retraso del crecimiento de la primera infancia y la baja estatura (retraso del crecimiento), a menudo denominada "desnutrición crónica". El Pacto Hambre Cero (SEGEPLAN, 2013) se puso en práctica para enfocarse en su prevención en los primeros mil días de vida. Guatemala tiene la mayor prevalencia de retraso en el crecimiento en niños menores de 5 años en el hemisferio occidental, con 49% en la encuesta demográfica y de salud (DHS) de 2008-2009, disminuyendo solo a 46.5% en el seguimiento realizado en 2014-2015 (MSPSA-ENSMI, 2015). Actualmente, la prevalencia del subsegmento indígena de la población tiene una tasa de retraso en el crecimiento de 61.2%. El retraso en el crecimiento no es un trastorno de desnutrición completo, ya que los miembros inferiores están específicamente afectados de manera desproporcionada en relación con la parte superior del cuerpo y la cabeza (Bogin y Varela-Silva, 2009).

La respuesta internacional a la reducción del retraso del crecimiento se basa en buena medida en una dieta adecuada y el suministro de múltiples micronutrientes, pero los ensayos de eficacia de ambas modalidades no han arrojado resultados prometedores. Es probable que el estrés ambiental sea un determinante más importante en Guatemala, en una situación verdaderamente multifactorial (Solomons *et al*., 1993). Los escenarios de enfermedades transmitidas por los alimentos que se abordaron con anterioridad forman parte de la causalidad. En un importante análisis epidemiológico reciente que abarcó 137 países en desarrollo realizado por la Escuela de Salud Pública de Harvard, Danaei *et al*. (2016) concluyen: "El retraso del crecimiento fetal (FGR, por sus siglas en inglés) y una situación de saneamiento no mejorado son los principales factores de riesgo para el retraso del crecimiento en los países en desarrollo. Reducir el retraso del crecimiento requiere realizar un cambio de paradigma de las intervenciones que se centran únicamente en los niños y los bebés, hacia las que se enfocan también en las madres y las familias y mejoran su estado nutricional y condiciones de vida".

Aparte de eso, la desnutrición por micronutrientes es una preocupación en Guatemala y en toda la región centroamericana. Incluyen vitamina A, yodo, hierro, zinc, vitamina B12, vitamina E, vitamina D y ácidos grasos omega-3. El bien equilibrado programa nacional de tres décadas de fortificación de azúcar con palmitato de retinilo y fortificación de sal con yodato de potasio desde la década de 1950 ha probado ser una intervención eficaz. Los nutrientes del elemento traza, hierro y zinc, no son altamente biodisponibles a partir de una dieta de maíz y frijol. Las clínicas gubernamentales suministran el suplemento con hierro para subsegmentos seleccionados de la población guatemalteca de forma semanal. La agricultura sensible a la nutrición debe considerar las carencias de micronutrientes en la planificación prospectiva de la dieta.

ii. Sobrenutrición

El 77% de los guatemaltecos de 15 años o más tiene sobrepeso y, entre ellos, 29% es obeso (Banco Mundial, 2017). No se encuentra disponible el desglose por género y edad. Esto clasifica a Guatemala con uno de los 10 valores de prevalencia más altos en exceso de peso en adultos. En esta edad es posible detectar la baja estatura temprana, ya que existe una mayor susceptibilidad al exceso de peso corporal. En cualquier caso, el sobrepeso y la

obesidad representan un problema de salud pública en esta nación con una residencia rural de 50%.

El otro riesgo contextual en el consumo excesivo es el de la vitamina A. Debido a la fortificación del azúcar de mesa con esta vitamina, el consumo diario crónicamente excede 1,500 µg de la vitamina preformada y, a veces, supera los 3,000 µg, lo cual ha dado lugar a que los estudios de ingesta dietética revelen que existe un mayor nivel de riesgo de malformaciones fetales.

c. Cambios esperados en los patrones de consumo

Guatemala ha pasado por una fase de rápida transición nutricional en las últimas décadas, con una occidentalización del patrón alimentario impulsado por la urbanización, el mejoramiento del transporte hacia las zonas rurales y la apertura del comercio de alimentos Norte-Sur. Bermúdez *et al*. (2008) evidenciaron una reducción en la diversidad de alimentos "tradicionales" y un aumento en alimentos "modernos" en encuestas recientes de ingesta de alimentos. La naturaleza precisa del desarrollo futuro es tan multifactorial, aleatoria y depende de tantos factores locales e internacionales, que es impredecible. El cultivo de maíz y frijol está profundamente arraigado en el pueblo guatemalteco, pero el cambio de las harinas para tortillas hechas en casa a las harinas compradas listas para su uso, así como los frijoles cocidos empacados, pone de manifiesto un cambio hacia soluciones cómodas. La mecanización de las actividades domésticas, industriales y agrícolas debería reducir aún más el gasto medio diario energético para acompañarse, con algo de suerte, de una disminución paralela o mayor de la ingesta calórica.

d. Comprensión e incentivos para lograr cambios de comportamiento

Guatemala ha sido uno de los principales escenarios para la antropología cultural, incluyendo aspectos de alimentación y dieta. Es difícil comprender el carácter cultural de las actitudes y las prácticas, incluidos los tabúes alimentarios y las evasiones (Cosminsky, 1977). Gran parte del interés en cuanto al comportamiento ha tenido que ver con los hábitos alimentarios maternos durante el embarazo y la lactancia, que están profundamente arraigados. Por otra parte, en lugar de intervenir y forzar un cambio de las prácticas, el respeto por la "sabiduría de los mayas" ha sido la consigna tanto en la antropología como en la salud pública.

Como ya se ha mencionado, en Guatemala se instituyen programas de fortificación que no requieren cambios en la alimentación para su efectividad. El cambio de comportamiento podría surgir y convertirse en una consideración importante de salud pública cuando se trate de mantener el equilibrio energético en una situación de mayor sobrepeso y obesidad, y en el control de las grasas saturadas, sodio y azúcar. Tradicionalmente, las ingestas de grasa son bajas, ya que las preparaciones con maíz no requieren freírse. Un estudio rural de una comunidad indígena reveló una baja ingesta de sodio (Melse-Boonstra *et al*., 1998); esto, no obstante, podría no reflejar la realidad urbana respectiva. Como país productor de caña de azúcar, el azúcar es abundante y relativamente barata. Sin embargo, frenar el "gusto dulce" de los guatemaltecos en un mar de azúcar será un gran desafío.

VII. Consideraciones normativas

a. Distorsiones generadas por subsidios y otras políticas agrícolas anticuadas

El término 'anticuado' depende de la perspectiva del espectador, y en la política agrícola, y con respecto al lento avance de la estructura básica, lograr la congruencia entre las medidas posiblemente requiera mantener ciertas modalidades algo obsoletas. La distribución de fertilizantes concesionarios fue una política gubernamental evidente de la administración de 2000-2004, pero en general se ha considerado más una estrategia de relaciones públicas para ganar popularidad entre la población rural, que una política estratégica concertada. No existen otros programas de subsidio reconocidos.

b. Promoción de la agricultura sensible a la nutrición para ofrecer dietas saludables y sostenibles con los problemas asociados de uso de recursos y precios de alimentos

No existe nada tan completo ni integrado en Guatemala como el contenido de este encabezado. Una extensa cita de una ficha técnica de la FAO de 2014 sobre las tendencias de la política agrícola

de esta nación describe el enunciado de las políticas gubernamentales pertinentes: "La Política Nacional de Desarrollo Rural Integrado (2009), cuyo objetivo general es 'lograr un avance progresivo y permanente en la calidad de vida de los temas prioritarios [...] mediante el uso equitativo y sostenible de los recursos productivos para el desarrollo humano integrado en las zonas rurales; ii. La Política Nacional de Agricultura 2011-2015 tiene como objetivo crear las condiciones para que los actores productivos generen un desarrollo económico equitativo y sostenible, fomenten el empleo y reduzcan la pobreza y la desigualdad. Da prioridad a la promoción de las economías rurales y las comunidades indígenas y campesinas para que se conviertan en productores de excedentes y para revitalizar las economías locales" (FAO, 2014).

c. Políticas que fomentan la innovación tecnológica

En una escala más amplia, en términos de agricultura y otras actividades, el mecanismo de subvención de proyectos de investigación del CONCYT cuenta con la participación del Ministerio de Economía y un sistema de asignación de puntos para medir el potencial de patente de un producto específico. El Gobierno colabora con una oferta de becas internacionales para estudiar tecnología avanzada en Corea y Taiwán en muchos campos de la ingeniería y la tecnología que los estudiantes podrían aplicar en el agrosector a su regreso.

d. Políticas para el desarrollo de los recursos humanos (educación, género, equidad)

Como ya se ha señalado, Guatemala es uno de los 10 países más desiguales, con un coeficiente de Gini de 48.7. La equidad de género en la educación básica ha sido un importante tema en Guatemala desde mediados de la década de 1980, y se ha logrado cierto éxito poniendo fin a las diferencias; sin embargo, el estado general de la educación pública para ambos sexos se encuentra actualmente en grave deterioro.

e. Políticas que buscan rediseñar la ecología agrícola (uso de la tierra, bioeconomía, etc.)

Las políticas que buscan rediseñar el uso de la tierra por razones históricas que datan de la Revolución de 1944 y la Contrarrevolución de 1954, se encontrarían fuera de la competencia de un Ministerio o Administración y requerirían legislación. La legislatura se encuentra actualmente en una incómoda encrucijada, y el tema del rediseño no tiene cabida en los planes actuales.

f. Políticas para promover el consumo de alimentos saludables

El formato de investigación-acción sobre alimentos saludables que se promovió en todo el mundo por la Red Internacional para la Investigación, Monitoreo y Apoyo a la Acción para la Alimentación, Obesidad y Enfermedades No Transmisibles (INFORMAS) (Swinsburn *et al.*, 2013) del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Esta investigación cuenta con el respaldo del SENACYT de Guatemala. Movimiento hacia la discusión pública que se llevó a cabo en febrero de 2017, pero el proceso está lejos de generar una legislación o reglamentos ministeriales.

g. Ventajas comparativas de Guatemala en la agricultura

La disponibilidad de trabajadores agrícolas de bajo costo –un anacronismo en la política laboral– es una ventaja para la producción de mano de obra intensiva. Los recursos hídricos, si se gestionan bien de acuerdo con los principios expuestos con anterioridad, son superiores a la mayoría de los países tropicales. El clima tradicional, en la medida en que resista el cambio climático, tiene temporadas de cultivo durante todo el año en la mayoría de las regiones de cultivo.

h. Asuntos de comercio internacional

Guatemala es co-miembro del Tratado de Libre Comercio de Centroamérica (TLCC). En la actualidad, la inestabilidad y la ineptitud en la formulación de políticas comerciales, principalmente en EUA y otros países que podrían unirse a un enfoque proteccionista y de exclusión, serían un obstáculo imposible de prever.

i. Retos del mercado

En materia de comercio interno, la infraestructura de carreteras y vías fluviales para el transporte son los desafíos. A nivel internacional, las instalaciones aeroportuarias y portuarias para la exportación de cultivos a los mercados de ultramar son deficientes.

VIII. Conclusiones

a. Algunos escenarios nacionales posibles de la producción agrícola en los próximos cincuenta años

Tres sectores distintos serían los actores en este escenario: la agricultura campesina de subsistencia, la expansión de la producción mecanizada para el consumo nacional, y la expansión y diversificación de las producciones de cosechas comerciales (exportación). Los escenarios implican la persistencia paralela e igual de cada uno, o la aparición de dos y la exclusión del tercero o el dominio de uno solo y la reducción de los otros dos. El sector campesino parece ser el más propenso a la extinción.

b. Acciones de máxima prioridad para lograr la sostenibilidad agrícola

Este análisis sugeriría que la solución de los problemas de tenencia hídrica, conservación de las tierras de cultivo e instauración de prácticas agrícolas y de uso del suelo ambientalmente sensibles serían las acciones prioritarias, independientemente de los escenarios actuales.

Bibliografía

ActionAid (s/f). Water at Risk: The impact of biofuels expansion on water resources and poverty. 39 pp. Recuperado de: http://www.actionaid.org/sites/files/actionaid/water_at_risk-actionaid-proof3_0.pdf

Aguilar-Stoen, Mariel, M. Taylor y E. Castellanos (2014). Agriculture, land tenure and international migration in rural Guatemala. *Journal of Agrarian Change*. Doi: 10.1111/joac.12091

Azurdia, C. (2016). Plantas mesoamericanas subutilizadas en la alimentación humana. El caso de Guatemala: una revisión del pasado hacia una solución actual. Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Documento técnico No. 11-2016.

Basterrechea M. (2013). Status of Water in Guatemala. En: Diagnosis of Water in the Americas. Jiménez-Cisneros B. and Galizia-Tundisi J. (Editors). Interamerican Network of Academies of Sciences. 565 pp.

Biotecnología Animal, S.A. (BASA) (2008). Biotecnología Animal en Guatemala. Recuperado de: http://biotecnologia-animal.blogspot.com/2008/07/biotecnologa-animal-sa-basa.html

Bergin, J. (2016). Agricultural Biotechnology: Emerging Technologies and Global Markets - BIO100B. Bccresearch.com. Accesado el 19 de diciembre 2016, de https://goo.gl/SZ2caM

Bermúdez OI, Hernández L, Mazariegos M, Solomons NW. (2008). Secular trends in food patterns of Guatemalan consumers: new foods for old. *Food and Nutrition Bulletin* 29(4):278-287.

Bogin B, Varela-Silva MI. 2010. Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7(3):1047-1075.

Castellanos E., Tucker CM, Eakin H, Morales H, Barrera JF, and Díaz R. (2013). Assessing the adaptation strategies of farmers facing multiple stressors: Lessons from the Coffee and Global Changes Project in Mesoamerica. *Environmental Science and Policy* 26:19-28.

COMIP (1998). Manejo integrado de la chinche salivosa de la caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA.

CONAP (2014). *V Informe Nacional de cumplimiento a los acuerdos del Convenio sobre la Diversidad Biológica.* Guatemala. Documento técnico No. 3-2014.

CONAP (2013). *Política Nacional de Diversidad Biológica (Acuerdo Gubernativo 220-2011). Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción (Resolución 01-16-2012). La década de la vida y el Desarrollo.* 112 pp. Políticas, Programas y Proyectos No. 03 (01-2013).

CONAP (2008). *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y econó-*

mico. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad. Guatemala. 650 pp.

CONAP (2010). Situación Actual de la Biotecnología en Guatemala. Accessed at: http://www.bchguatemala.gob.gt/el-ciisb/situacion-actual-de-la-biotecnologia-en-guatemala

Cook DM, Swanson RC, Leggett DL, Booth GW. (2009). A retrospective analysis of prevalence of gastrointestinal parasites among schoolchildren in the Palajunoj Valley of Guatemala. *Journal of Health and Population Nutrition* 27:31-40.

Cosminsky S. (1977). Alimento and fresco: nutritional concepts and their implications for health care. *Human Organization*. Summer. 36(2):203-207.

De la Cruz, J. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 23 pp.

Danaei G, Andrews KG, Sudfeld CR, Fink G, McCoy DC, Peet E, Sania A, Smith Fawzi MC, Ezzati M, Fawzi WW. (2016). Risk factors for childhood stunting in 137 developing countries: a comparative risk assessment analysis at global, regional, and country levels. *PLOS Medicine* 3(11):e1002164.

Eakin H, Tucker CM, Castellanos E, Díaz-Porras R, Barrera JF, and Morales H. (2013). Adaptation in a multi-stressor environment: perceptions and responses to climatic and economic risks by coffee growers in Mesoamerica. *Environment, Development and Sustainability*. DOI: 10.1007/s10668-013-9466-9

Eakin H, Bojórquez-Tapia LA, Monterde Díaz R, Castellanos E, and Haggar J. (2011). Adaptive capacity and social-environmental change: theoretical and operational modeling of smallholder coffee systems response in Mesoamerican Pacific Rim. *Environmental Management* 47(3):352-367.

ECLAC (CEPAL) (2015). *Observatorio Demográfico. Proyecciones de población*. LC/G.2675-P. Santiago de Chile. 138 pp.

ECLAC (CEPAL) (2010). *Latin America and the Caribbean in the World Economy 2009-2010. A Crisis Generated in the Centre and a Recovery Driven by the Emerging Economies*. Santiago, Chile, United Nations. 164 pp.

ECLAC (CEPAL) (2010). *La Economía del Cambio Climático en Centro América*. Santiago, Chile. 145 pp.

Environmental Justico Atlas (EJA) (2014). Sugarcane cultivation and oil palm plantation in Polochic Valley, Guatemala. Recuperado de: https://ejatlas.org/conflict/sugarcane-cultivation-and-oil-palm-plantation-in-polochic-valley-guatemala.

FAO/MAGA (2008). *Segundo Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos*. Guatemala. 101 pp.

FAO Guatemala: Country Fact Sheet on Food and Agriculture Policy Trends 2014. http://www.fao.org/3/a-i4124e.pdf Accesado el 4 de febrero, 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2005). *Resumen Informativo sobre la Pesca por Países: Guatemala*. 52 pp.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2011). Segundo Plan de Acción Mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la Agricultura. Roma, Italia, Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. 104 pp.

Gabinete Específico del Agua (2011). *Política Nacional del Agua en Guatemala y su Estrategia*. 48 pp.

Germanwatch (2016). *Global Climate Risk Index 2017*. Bonn, Germany. 31 pp.

GIMBOT (Grupo Interinstitucional de Monitorio de Bosques y Uso de la Tierra). (2014). *Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012*. Documento Informativo, Guatemala. 16 pp.

Giorgi F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33:L08707.

Guatemalan Human Rights Commission (GHRC). No date. Goldcorp's Mining In San Miguel Ixtahuacán. Recuperado de: https://goo.gl/QpXUke

Hutchison W, Burkness E, Mitchell P, Moon R, Leslie T, and Fleischer S, *et al*. (2010). Areawide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers. *Science* 330(6001):222-225. http://dx.doi.org/10.1126/science.1190242

Imbach P, Molina L, Locatelli B, Roupsard O, Mahé G, Neilson R, Corrales L, Scholze M, y Ciais P. (2012). Modeling potential equilibrium sta-

tes of vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios. *Journal of Hydrometeorology* 13(2):665-680.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) (2015). *Balance hidrológico de las subcuencas de la República de Guatemala: Bases fundamentales para la gestión del agua con visión a largo plazo.* 65 pp.

INAB (Instituto Nacional de Bosques), Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar (2012). *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010.* Guatemala, Editorial Serviprensa. 111 pp.

INAB y IARNA-URL (Instituto Nacional de Bosques e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar) (2012). *Primer Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en Guatemala.* Guatemala, XX. 186 pp.

INE (Instituto Nacional de Estadística de Guatemala) (2016). Indicadores en línea. https://goo.gl/qPnS7i

Lynch L. (2002). Migration of exotic pests: phytosanitary regulations and cooperative policies to protect US ecosystems and agricultural interests. In Fernández L and Carson RT (Editors). *The Economics of Non-market Goods and Resources. Both Sides of the Border Transboundary Environmental Management Issues Facing Mexico and the United States.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 478 pp.

Magrin GO, Marengo JA, Boulanger J-P, Buckeridge MS, Castellanos E, Poveda G, Scarano FR, y Vicuña A. (2014). Central and South America. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Cambridge University Press. pp. 1499-1566.

MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales) (2013). *Informe Ambiental del Estado 2012.* Guatemala.

Maselli S. (2014). Reporte final de proyecto "Establecimiento de una red preliminar de bancos comunitarios de semillas en regiones vulnerables del país, para disponer de semilla en caso de desastres naturales". Universidad del Valle de Guatemala.

Maselli S. (2013). Recursos fitogenéticos: elementos clave para el desarrollo y la seguridad alimentaria. *Revista 26 de la Universidad del Valle de Guatemala.*

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 2015. VI Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil (ENSMI 2014-2015) Informe de Indicadores Básicos. Guatemala City.

Melse-Boonstra A, Rozendaal M, Rexwinkel H, Gerichhausen MJ, van den Briel T, Bulux J, Solomons NW, West CE (1998). Determination of discretionary salt intake in rural Guatemala and Benin to determine the iodine fortification of salt required to control iodine deficiency disorders: studies using lithium-labeled salt. *American Journal of Clinical Nutrition* 68(3):636-641.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2010). *Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe.* Lemarchand E (Editor). 324 pp.

OIM (Organización Internacional para las Migraciones) (2013). *Perfil Migratorio de Guatemala 2012.* OIM Guatemala. 242 pp.

Orellana A. (2012). *Catálogo de hortalizas nativas de Guatemala.* Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Guatemala. 100 pp.

Ostry V, Ovesna J, Skarkova J, Pouchova V, and Ruprich J. (2010). A review on comparative data concerning Fusarium mycotoxins in Bt maize and non-Bt isogenic maize. *Mycotoxin Research* 26(3):141-145. http://dx.doi.org/10.1007/s12550-010-0056-5

Prendergast AJ and Humphrey JH (2014). The stunting syndrome in developing countries. *Paediatric and International Child Health* 2014 Nov 34(4):250-265.

Rotterdam Convention (2016). Pic.int. Retrieved 20 December 2016 from: https://goo.gl/52zRXa

Saldaña-Zorrilla S.O. (2008). Stakeholders' views in reducing rural vulnerability to natural disasters in Southern Mexico: hazard exposure and coping and adaptive capacity. *Global Environmental Change* 18:583-597.

Sáenz-Romero C, Rehfeldt G, Crookston N, Duval P, St-Amant R, Beaulieu J, y Richardson B. (2010). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* 102:595-623.

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) (2015). *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas Guatemala 2011-2012*. 81 pp.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan) (2013). *Hambre Cero: Retos para Guatemala*. Gobierno de Guatemala. http://www.mineduc.gob.gt/portal/contenido/menu_lateral/programas/seminario/docs13/PACTO%20HAMBRE%20CERO.pdf

Solomons NW, Mazariegos M, Brown KH, Klasing K. (1993). The underprivileged, developing country child: environmental contamination and growth failure revisited. *Nutrition Reviews* 51:327-332.

Swinburn B, Sacks G, Vandevijvere S, Kumanyika S, Lobstein T, Neal B, Barquera S, Friel S, Hawkes C, Kelly B, L'abbé M, Lee A, Ma J, Macmullan J, Mohan S, Monteiro C, Rayner M, Sanders D, Snowdon W, Walker C; INFORMAS (2013). INFORMAS (International Network for Food and Obesity/non-communicable diseases Research, Monitoring and Action Support): overview and key principles. *Obesity Reviews* 14(Suppl 1):1-12.

Torres O, Matute J, Gelineau-van Waes J, Maddox J, Gregory S, y Ashley-Koch A. *et al*. (2013). Urinary Fumonisin B1 and estimated Fumonisin intake in women from high- and low-exposure communities in Guatemala. *Molecular Nutrition & Food Research* 58(5):973-983. http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201300481

United Nations (2016). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Sustainabledevelopment.un.org. Recuperado el 20 de diciembre del 2016, de: https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication

United Nations Development Programme (UNDP) (2010). *Regional Human Development Report for Latin America and Caribbean 2010. Acting on the Future: Breaking the Intergenerational Transmission of Inequality*. San José, Costa Rica. 208 pp.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2000). Division of Technology, Industry and Economics. Guatemala: Investment and Environment Outlook. 1st edition. Recuperado de: http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/WEBx0043xPA-GuatemalaOutlook.pdf

United Nations University (2015). *World Risk Report 2015*. Bonn, Germany, Institute for Environment and Human Security. 68 pp.

Victorino L. (s/f). Food System Analysis of Guatemala. MGD 150 Methodology Practicum #1: Guatemala. Saint John's University. Recuperado de: https://www.academia.edu/23417546/Food_Systems_Analysis_of_Guatemala

Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon A, y de Souza Dias B, *et al*. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Reporte de The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on Planetary Health. Lancet 386(10007) 1973-2028. http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(15)60901-1

World Health Organization (2014). Guatemala – Neonatal and Child Health Profile.http://www.who.int/maternal_child_adolescent/epidemiology/profiles/neonatal_child/gtm.pdf Recuperado el 4 de febrero, 2017.

World Bank (2015). Guatemala. Nutrition at a Glance. http://siteresources.worldbank.org/NUTRITION/Resources/281846-1271963823772/Guatemala.pdf Recuperado el 4 de febrero, 2017.

Wyss J. (2000). Screwworm eradication in the Americas. *Annals of this New York Academy of Sciences* 916(1):186-193. http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb05289

Box 4

Los insectos como fuente de alimento

Jeremy N. McNeil, Catedrático Distinguido y Profesor de Ecología Química de la Cátedra de Investigación Helen Battle, Departamento de Biología, Universidad de Western Ontario, Canadá.

A medida que la población humana aumenta y crece la demanda de alimentos, deberemos considerar otras fuentes de estos. Una de esas posibilidades es un mayor uso de los insectos, tanto como fuente de alimento para los humanos como para muchos de los animales domesticados que explota el hombre.

La entomofagia (el uso humano de los insectos como alimento) es bastante común en muchas partes del mundo, y no es raro encontrar una variedad de especies –como escarabajos, orugas, avispas, grillos y saltamontes– a la venta en los mercados locales (véase Cuadro 1). A pesar de eso, una gran proporción de la población mundial respondería con un rotundo "qué asco", al preguntársele si comería insectos.

Sin embargo, como se destacó en un artículo de la revista de la FAO de 2013, "Insectos comestibles: Perspectivas futuras de alimentación y forraje", existen razones muy convincentes por las que los insectos deben considerarse un importante elemento que ayudará a satisfacer las necesidades alimenticias de la creciente población mundial.

Los insectos son mucho mejores en la conversión de sus alimentos que los animales de granja que se crían de forma habitual. Un grillo producirá un kilo de "carne" por cada dos kilos de comida consumida, en comparación con cuatro –en el caso de los cerdos– y ocho –en el caso de las vacas–. Además, si se considera la cantidad relativa que se puede comer de un animal (80% en el caso de los grillos en comparación con 40% en el caso de la carne de vacuno), la diferencia en el rendimiento es incluso mayor. Otra diferencia es que algunos insectos se pueden criar utilizando materiales de "desecho" como fuente de alimento y, por tanto, ofrecen una solución parcial para la eliminación de subproductos no deseados de otras actividades. Además, la cría de insectos genera una emisión mucho menor de gases de efecto invernadero y requiere de menos espacio por kilo producido que el ganado.

El contenido de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas de los insectos varía según la especie, la etapa específica de vida y las condiciones de cría. Sin embargo, los niveles que se han reportado hasta el momento podrían compararse con los de muchos animales que se utilizan actualmente para la nutrición humana y, por tanto, es posible utilizarlos como complemento de una alimentación balanceada. Uno de los principales obstáculos a superar son las barreras psicológicas y culturales que prevalecen en muchas sociedades para comer insectos. ENTO, una empresa del Reino Unido que se encuentra trabajando para introducir insectos en la dieta humana, descubrió que las personas estaban más abiertas a comerlos si no los podían distinguir en los platillos. Así, pues, la presentación visual de los alimentos basados en insectos será un factor importante que habrá de tomarse en cuenta para aumentar su aceptación por parte del público en general.

Si bien lograr que los humanos acepten a los insectos como fuente de alimento podría llevar su tiempo, es posible que el uso de insectos como fuente de alimento para los animales de granja –como el pollo–, así como en la industria de la acuicultura, podría ser más fácil de poner en práctica. Los insectos indudablemente brindarían los nutrientes necesarios, además de que los costos económicos y ambientales de su producción con toda seguridad serían menores que los de muchas de las fuentes actuales de alimentos para animales. Las grandes corporaciones internacionales –como PROteINSECT en la UE– se encuentran evaluando estas posibilidades actualmente.

El uso de insectos como alimento básico o forraje es muy prometedor, si además se considera el enorme número de oportunidades de empleo para quienes participan en el proceso de producción. Con todo, existe todavía una serie de aspectos que deben atenderse a medida que avanzamos. En la actualidad, la mayoría de los insectos que se utilizan como alimento se produce comercialmente a pequeña escala o se recolecta de sus poblaciones naturales. En este último caso, la disponibilidad varía según la temporada y, si la demanda aumenta, existe el peligro de que las fuentes se exploten en exceso, dando lugar a problemas ecológicos. Es evidente que la alternativa es desarrollar "granjas de insectos" para producir especies que proporcionen productos de alta calidad durante todo el año de forma masiva. Hoy día existen algunas de estas empresas a nivel internacional, pero a medida que el campo crezca, se requerirá de un esfuerzo concertado entre entomólogos, dietistas y empresarios para lograr determinar cuáles son las especies y condiciones que ofrecerán los mejores productos de calidad a costos razonables en las diferentes regiones del mundo. Asimismo, será necesario realizar nuevas investigaciones sobre las posibilidades de transferir patógenos presentes en insectos a los humanos, sobre el impacto de las toxinas que utilizan los insectos para su defensa y sobre nuevas alergias, ya que esta información es necesaria para desarrollar las normativas reguladoras relacionadas con la seguridad de una dieta a base de insectos. También será necesario contar con chefs creativos que elaboren platillos que apetezcan a aquellos que encuentran desagradable un platillo de insectos claramente reconocibles.

Bibliografía

Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir and P. Vantomme. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper* 171. FAO Rome

Chung J. & J. Aguirre-Bielschowsky. 2012. Ento: Introducing edible insects into the Western diet . *Antenna* 38 (1). 10-15.

Honduras: Corazón verde de Centroamérica

Atardecer en un pequeño pueblo de productores de café en las tierras altas de Honduras. Parque Nacional de Santa Bárbara © Shutterstock

Honduras

[1] Carolina Alduvín Sainz
[2] Napoleón Molina Galeas
[3] Dinie Espinal
[4] Carlos Almendares

La inseguridad alimentaria en Honduras afecta a 72% de la población, principalmente en las áreas rurales, por sus condiciones de pobreza extrema aunada a la degradación de los recursos naturales, el cambio climático, los bajos niveles de productividad, el bajo nivel educativo, el uso de tecnología obsoleta e ineficiente, la limitación económica para acceder a alimentos y las políticas de Estado no coordinadas

Resumen

La inseguridad alimentaria afecta a 72% de la población de Honduras, principalmente en las áreas rurales, pues más de la mitad de la población se encuentra en condición de pobreza extrema. Esta situación se vincula con la degradación de los recursos naturales, el cambio climático, bajos niveles de productividad, bajo nivel educativo, uso de tecnología obsoleta e ineficiente, limitación económica para acceder a alimentos y políticas de Estado no coordinadas.

Hay un círculo vicioso entre agricultura, recursos naturales degradados y la pobreza. La pobreza extrema y la falta de educación han llevado a los campesinos a talar bosques para abrir tierras de cultivo que, sin embargo, tienen vocación forestal. Esto pone presión sobre la tierra, degrada los suelos y destruye hábitats para la vida silvestre, reduce la cobertura forestal, incrementa el riesgo de deslizamientos e inundaciones, y exacerba la vulnerabilidad al cambio climático.

La agricultura consume agroquímicos y mucha agua. El cambio climático pone en riesgo a la seguridad alimentaria y prevé disminución en la disponibilidad de agua, aumento de deslizamientos, disminución de la población de peces y menor productividad agrícola debido al aumento de temperaturas, entre otros. Las políticas de Honduras en torno a seguridad alimentaria y cambio climático recogen estas amenazas, pero los problemas asociados al uso de agroquímicos no son prioritarios. Un gran reto es la carencia de efectiva transferencia de tecnología y conocimientos al campesino. Se recomienda abordar el problema desde todos los sectores e integrar las siguientes medidas: Facilitar el acceso equitativo a alimentos a los grupos más vulnerables; potenciar el desarrollo agroforestal para mejorar la alimentación; fomentar el uso de prácticas agrícolas respetuosas con el ambiente; fomentar la investigación científica enfocada a los problemas nacionales de productividad agropecuaria y el uso de nuevas biotecnologías en mejorarla; reducir el uso y desperdicio de productos agroquímicos dañinos mediante soluciones orgánicas naturales.

Características nacionales

Honduras es uno de los países más pobres y con mayores inequidades en América Latina. Su ingreso promedio es US$ 4,243.00 per cápita al año. Su población es de 9.4 millones de habitantes. La economía nacional tuvo una moderada recuperación luego de la crisis económica global de 2008-2009, pero sus finanzas declinaron en 2012 y 2013, por falta de disciplina fiscal, mayor gasto corriente y altos pagos por servicio de la deuda.

El déficit fiscal aumentó de 2.8% del PNB en 2011 a 7.6% en 2013, desaceleró el crecimiento y aumentó la deuda pública. Las medidas fiscales del actual régimen desde 2014 han llevado a la consolidación fiscal. La revisión hecha por el Banco Mundial en 2015 destaca mayor

recaudación, mejor control del gasto, progreso en tarifas y ajustes a los subsidios. En el último año, el déficit fiscal bajó a 4.4% del PNB, los índices de pobreza han bajado; aun así, 66% de los hondureños viven en pobreza, 46% en extrema pobreza. La pobreza en el campo es 70% de la pobreza total y 58% de la pobreza extrema; las zonas rurales más deprimidas están en el occidente y sur del país donde las lluvias son más escasas e irregulares. El Índice Global de Riesgo Climático identifica a Honduras como el país más afectado por eventos climáticos extremos.

El sector agropecuario genera casi 40% del empleo total y la mayoría del empleo rural; sin embargo, Honduras depende en gran medida de las importaciones para satisfacer sus necesidades alimentarias. Casi la mitad de la población vive en áreas rurales, 72% de las familias rurales vive de la agricultura de subsistencia en pequeñas parcelas. Aun así, el país importa casi todo el maíz y el arroz; los frijoles se producen localmente casi todos los años.

Extensión territorial

Honduras se ubica entre los 12°58′ y los 16°02′ de latitud norte, y entre los 83°10′ y los 89°22′ de longitud occidental. El territorio insular se extiende hasta los 17°30′ de latitud norte y los 82°30′ de longitud oeste. La superficie es de 112,492 Km²; 2,401 Km de perímetro; 1,597 son fronteras y 804 litorales. Sus islas son: Islas de la Bahía, Islas del Cisne y Arrecifes de Media Luna en el Caribe; más Islas de Zacate Grande y El Tigre en el Golfo de Fonseca. Límite norte: Mar Caribe; este y sur: Nicaragua; sur: Golfo de Fonseca y El Salvador; y oeste: la República de Guatemala.

El relieve se compone de tierras bajas del Caribe con 16.4% del territorio nacional. Esta región presenta planicies angostas aluviales, constantemente inundables con ramales hacia el interior, siguiendo las depresiones entre cordilleras. Las tierras bajas del Pacífico son 2% del territorio y abarcan la línea costera del Golfo de Fonseca, con bosques de mangle y estrechas planicies de bosque seco fragmentado. Los valles y tierras altas del interior ocupan 81.7% de superficie del país; de esto, 79% corresponde al sistema montañoso. Honduras tiene 37% de tierras planas y 63% montañosas, en su mayoría, de vocación forestal. El terreno comprende montañas con pendientes mayores a 25%, planicies, valles, ríos y otros cuerpos de agua dulce. El punto más alto es la montaña de Celaque con 2,849 msnm.

Clima

Es tropical caluroso en las tierras bajas y cambia gradualmente hasta templado en las tierras más altas. La temperatura promedio nacional es de 26°C hasta la cota de 600 m del lado Caribe; de 16 a 24°C entre 600 y 2,100 m, y menos de 16°C por arriba de la cota de 2,100 m. El sur tiene clima seco y temperatura media anual de 28°C. Las precipitaciones son muy variables a lo largo y ancho del país; oscilan entre 900 y 3,300 mm según la región.

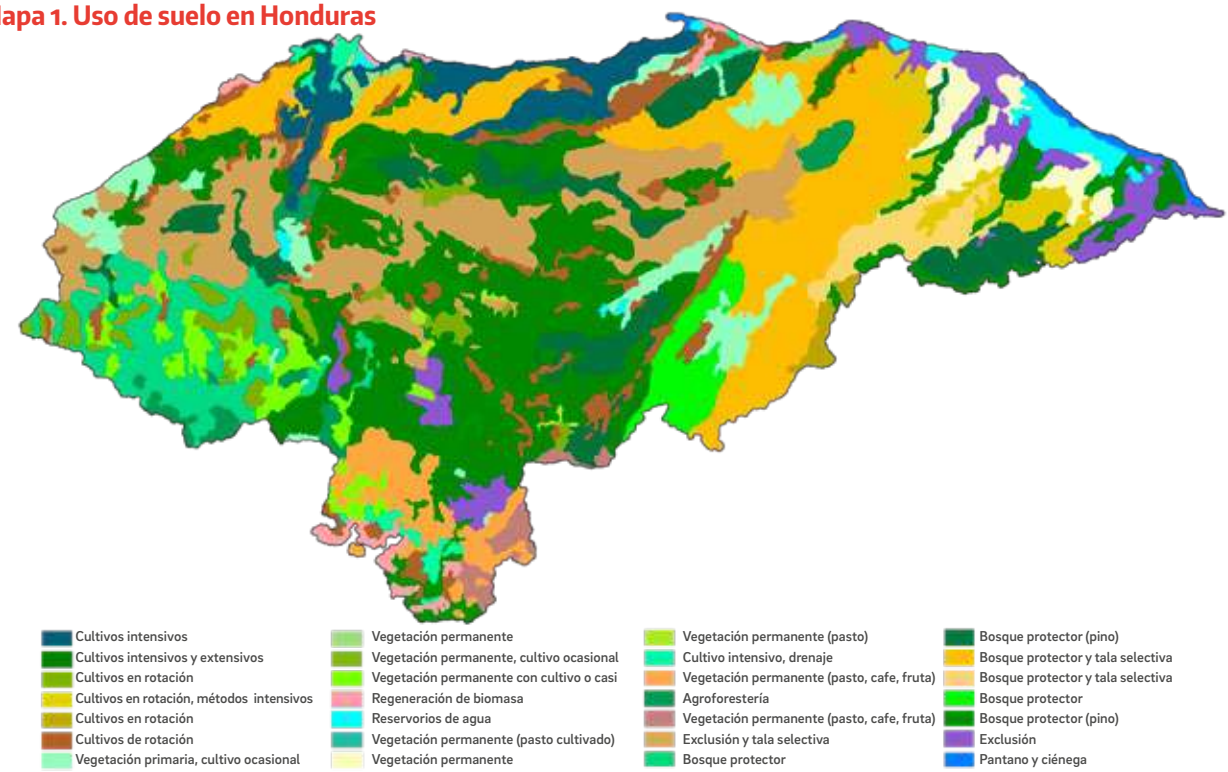
Su ubicación tropical entre dos océanos y topografía crean gran variedad de hábitats, desde bosque nublado a arrecifes coralinos, favorables a gran diversidad de flora y fauna. Hay 43,352 Km² de bosques. Las áreas boscosas disminuyen cada año debido a tala y quema de su vegetación, lo que reduce la biodiversidad y limita las fuentes de agua de las que depende la población.

Recursos hídricos

La superficie de agua en Honduras es de apenas 200 Km². El territorio alberga 21 cuencas hidrográficas, de las cuales 15 desembocan en el Caribe y seis en el Golfo de Fonseca; en un año normal descargan un promedio de 92,813 millones de metros cúbicos de precipitación, a un ritmo de 1524 m³/s. La disponibilidad hídrica es de 11,500 m³/habitante/año. Hay inequidad en el acceso al agua por pro-

[1] Carolina Alduvín Sainz, Coordinadora. Doctora en Ciencias, Profesora e investigadora de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, carolinalduvin46@gmail.com **[2] Napoleón Molina Galeas,** Doctor en Ciencias, Coordinador de proyectos de Heifer International Honduras, napomg@gmail.com **[3] Dinie Espinal,** Maestra en Ciencias, docente del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria / Universidad Zamorano, drueda@zamorano.edu **[4] Carlos Almendares,** Doctor en Ciencias, Jefe del Departamento de Certificación de Semillas, SENASA, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Honduras, calmendares81@yahoo.com

Mapa 1. Uso de suelo en Honduras



Fuente: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Info@agro, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria DICTA/SAG. Descriptores cartográficos Datum WGS 1984 Zona 16N, Unidades geográficas UTM, Unidades de mapeo MTS, Unidades de medida KM.

blemas de distribución; la escasez de agua potable se debe al aumento de la población, falta de inversiones en infraestructura para captación, potabilización y distribución, así como a la falta de mantenimiento; sin embargo, un porcentaje del agua en los sistemas de suministro se pierde por fugas, conexiones ilegales y vandalismo.

Suelos

El 24% del territorio nacional tiene suelos de vocación agrícola, mientras 76% son de uso forestal. Aun así, más de la mitad del territorio se dedica a actividades agropecuarias. De hecho, 30.5% del territorio se emplea en agricultura, pese a la vocación forestal, debido a la presión demográfica por acceso a tierras para producir alimentos y a la garantía de la seguridad alimentaria, así como a los costos de oportunidad, incentivos y barreras de entrada a usos alternativos de la tierra, que hacen a las actividades forestales menos atractivas como generadoras de ingreso.

Bosques

En 2011, el Anuario Estadístico Forestal estimaba una cobertura de bosques de 6'598,289 ha, o sea, 59% del territorio nacional, distribuido en 57% de bosque latifoliado con 3'747,913 ha; 38% de bosque de coníferas o 2'579,153 ha; 2% de manglar con 130,894 ha; 2% de bosque mixto y 1% de bosque seco con 25,017 ha.

Características de los recursos y ecosistemas

En Honduras existen las biorregiones: Bosque Tropical Latifoliado, Bosque de Coníferas, Bosque Templado Latifoliado y Manglares. Los hábitats: Bosque Montano, Bosque del Atlántico, Bosque Seco del Pacífico, Bosque de Pino-Roble y Humedales Caribe y Pacífico. Hay ocho zonas de vida: bosque húmedo montano bajo bh-MB, bosque húmedo subtropical bh-ST, bosque muy húmedo montano bajo bmh-MB, bosque seco subtropical bs-ST, bosque húmedo tropical bh-T, bosque muy húmedo subtropical bmh-ST, bosque muy seco tropical bms-T y bosque seco tropical bs-T.

El Mapa Nacional de Ecosistemas Vegetales de Honduras, elaborado bajo el sistema de clasificación de la UNESCO, reporta 70 ecosistemas incluyendo lagunas, estuarios, sistemas de arrecifes y ciudades. El trabajo con enfoque de ecosistemas es incipiente en el país; a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAPH) se procura contar con un mínimo de 12% de cada ecosistema bajo alguna modalidad de conservación.

Biodiversidad

Es alta biodiversidad en relación con el territorio. De acuerdo con la Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción (ENBPA), hay 718 especies de aves, 59 bajo amenaza nacional y cinco en la lista de amenazadas de UICN; 228 especies de mamíferos, seis endémicas y 19 bajo amenaza; 211 especies de reptiles y 111 de anfibios, 36 endémicos; 672 especies de peces; 2,500 especies de insectos, 14 endémicas. No hay registros sistematizados de otros grupos como moluscos, artrópodos diferentes a los insectos y otros.

En flora, se registran 7,524 especies de plantas vasculares, 170 con distribución limitada, 134 endémicas y 35 con su hábitat amenazado. No está sistematizado el registro de hongos, algas, pteridofitas no vasculares, sin mencionar los microbios de todo tipo. El conocimiento de la biodiversidad y la investigación sobre sus componentes se desarrolla con estudios de flora y fauna local y regional, especialmente en áreas protegidas.

Características demográficas y tendencias futuras

Del estimado 9.4 millones de habitantes, 52% se concentra en ciudades y el resto en áreas rurales; 38.1% menores de 14, 58.3% de 15 a 64, 3.6% 65 o mayores; tasa de crecimiento 2%, tasa de natalidad 27/1000, de mortalidad 5/1000, migración neta 2/1000; mortalidad infantil 24/1000 (27% en varones y 21% niñas); expectativa de vida, 70 años; tasa de fertilidad, 3 por mujer.

La Población Económicamente Activa (PEA) ronda los 3 millones, la agricultura contribuye con 39.2% del PIB, la industria 20.9% y los servicios 39.8%; la tasa de desempleo se estima en 27.8%; la deuda pública 21% del PIB, tasa de inflación 11.9%; tasa de inversión 31.5% del PIB; crecimiento económico 4%. Étnicamente, el censo de 2013 reporta: mestizos 90%, indígenas 7%, negros 2%, blancos 1%. Tasa de alfabetización de 80%, escolaridad 11 años, presupuesto dedicado a educación 3.8% del PIB. Hay nueve grupos étnicos diferenciados de la población mestiza cuya población se estima en 600 mil.

Inseguridad alimentaria y nutricional

El Programa de Alimentos del Banco Mundial estima que 60% de los hondureños sufre de alguna forma de inseguridad alimentaria. Uno de cada cuatro niños está malnutrido y su vida se trunca. En las regiones más deprimidas, 58% de los menores de 5 años padece malnutrición crónica, caracterizada por bajo peso, baja talla, lactancia materna insuficiente y prácticas complementarias de lactancia. Una alta prioridad del Gobierno de Honduras es erradicar la pobreza e incrementar la seguridad alimentaria y nutricional.

Modalidades agrícolas

En Honduras conviven la agricultura de subsistencia, las fincas particulares de media y gran escala, con cultivos de plantación y los industriales como caña de azúcar y palma africana. El régimen de propiedad de la tierra es, desde tiempos coloniales, la principal fuente de desigualdad en ingresos y condiciones de vida de nuestros habitantes.

La agricultura es la fuente primaria de ingresos y seguridad alimentaria para la población rural; la productividad es baja, ineficiente y muy vulnerable a factores externos. En 2012, contribuyó con 14% del PIB y 70% de las exportaciones. El sector agrícola perdió casi un tercio de su poder adquisitivo en la últimas dos décadas, debido a la baja de los precios de los cultivos de exportación. Ha mejorado la productividad en las tierras bajas, exportando productos no tradicionales –como frutas y hortalizas–, diversificando actividades económicas rurales como el turismo, artesanías, pesca, producción y procesamiento sostenible de madera, y servicios ambientales.

Los pequeños y medianos productores quedan excluidos debido a agudas diferencias dentro del sector rural y a los retos que enfrentan. La mayoría siembra cultivos de bajo valor, para autoconsumo y mercados locales. Las mujeres productoras enfrentan retos adicionales: menor acceso a capital, capacitación, insumos y mercados.

Las mujeres con acceso a la tierra tienen parcelas de menor extensión en suelos menos fértiles, con menos posibilidades de sembrar cultivos de exportación que los hombres.

Quesungual

Es un sistema agroforestal ecológicamente amigable que ha mejorado las condiciones de vida de pequeños agricultores con escasos recursos. En Honduras casi 78% de las tierras utilizadas en agricultura está en laderas, con problemas de abastecimiento seguro de agua y erosión de suelos, mismos que se han agravado con la variabilidad y cambio climáticos. Por generaciones, la agricultura tradicional ha impactado negativamente en medios de vida, producción de alimentos y calidad ambiental de las comunidades aledañas.

Hace dos décadas, los campesinos del suroccidente del país –con ayuda de la FAO– comenzaron a desarrollar el sistema. Antes, se practicaba el método de roza y quema, talando una parte del bosque y quemando los desechos. La parcela se cultivaba de uno a tres años, hasta que los rendimientos descendían al igual que la humedad y la fertilidad del suelo. Luego, los campesinos se veían obligados a trasladarse a una nueva parcela para repetir el nefasto ciclo. Era una forma inadecuada e ineficiente de cultivar en terrenos inclinados con suelos ácidos y frágiles, que mermaba progresivamente recursos y la seguridad alimentaria. El *Quesungual* consiste en: 1) No tala y quema: manejo parcial, selectivo y progresivo de la vegetación; 2) cubrir permanentemente el suelo: depósito y distribución continuos de cobertura proveniente de biomasa de vegetación nativa y residuos del cultivo; 3) Mínima perturbación del suelo: cero labranza y siembra directa; 4) Uso eficiente de fertilizantes: aplicación precisa en tiempo, cantidad y forma.

Caja 1. Caficultura como elemento de seguridad alimentaria

Maritza Midence, Highland Coffee de Honduras, highland@cablecolor.hn

La vocación cafetera de Honduras, determinada por su topografía montañosa, tiene sus primeros registros en el siglo XVIII, donde ya se menciona la producción de "abundantes cosechas de tan excelente calidad como la de moka".

En 1974, el devastador huracán Fifí afectó en menor medida los cultivos en las altas montañas, identificando al café como un cultivo estratégico de ingreso. Los precios internaciones de pronto subieron en más de 300% en 1975, por la devastadora helada que destruyó más de 70% de los cafetales de Brasil, país que entonces abastecía aproximadamente 40% del mercado mundial. Con tal estímulo, en 1981 Honduras exportó su primer millón de quintales. El precio mínimo garantido por el sistema internacional de cuotas igual hizo crecer la producción cafetera hondureña; en 1989, el mercado mundial de café pasó a condiciones de "mercado libre" que se mantiene a la fecha.

Aun sin el sistema de cuotas, nuestra producción de café siguió creciendo al capacitar a los productores, adoptar nuevas variedades y métodos de cultivo, encontrar mercado en el Norte de Europa, Estados Unidos y Japón. Dicho crecimiento desde 1974 hasta el 2001 fue cuantitativo. En 2004 se celebró la primera *Taza de Excelencia*; con ese concurso, el país se comprometió con el crecimiento cualitativo y hoy es el tercer productor de América Latina; también es reconocido como productor de cafés especiales y diferenciados o "gourmet" con certificación internacional, 25% de las exportaciones totales de café.

Alrededor de 110 mil productores registrados dependen directamente del café y generan empleos que ocupan casi una tercera parte de la PEA según el Instituto Nacional de Estadística (INE 2016). El café se cultiva en casi 300 mil ha en 15 de los 18 departamentos hondureños. Las exportaciones de la cosecha 2016/17 se estima van a generar US$1,200 millones en divisas. El ingreso depende de la calidad y/o volumen de producción, también del sistema utilizado y de su nivel de organización para pagar la certificación. Hay precios mínimos garantizados al vender café certificado por la organización Comercio Justo (convencional y orgánico). Los cafés especiales generan ingresos mucho mayores a los del café genérico y esto da mayor poder adquisitivo para asegurar su alimentación.

El Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) –creado en 1970 como institución autónoma del Gobierno– fue privatizado en 2001 y pertenece desde entonces a los productores. IHCAFE dirige la política cafetera de Honduras. En menos de 50 años, la producción de café ha aumentado el valor de la mano de obra a los trabajadores del campo. Los salarios pasaron, en Lempiras (L.), de L. 3.50/día (US$1.75) en 1970 a L. 10/día (US$5.00) en 1990, a L. 70/día ($4.67) en 2000, a L. 120/día (US$6.32) en 2009 y a L. 165/día (US$$7.17) en 2017. También ha aumentado el precio de sus tierras que, según en la región del país en que se ubiquen, ha subido de L. 14,000/ha (US$$7,000) en 1970 a L. 214,000/ha (US$9,300) hoy día.

Con este sistema se cultiva maíz, frijoles, sorgo, hortalizas y soya. Los agricultores limpian ahora la vegetación a mano; los árboles antes cortados y quemados, quedan como fuente de fruta, leña y madera para muebles, además proporcionan un microambiente fresco para sus cultivos. Una parcela típica conserva unos 20 árboles grandes maderables y frutales, más cientos de árboles pequeños y arbustos. Se podan regularmente para paso de luz, permitir un período de recuperación y, así, impulsar el crecimiento. Esto permite cultivar durante todo el año en la misma parcela. Al mejorar la calidad y gestión del suelo, el sistema Quesungual aumenta la producción, requiere menos mano de obra, retiene mejor la humedad, tiene bajo costo y ha reducido emisiones de gases con efecto invernadero y logrado retener más carbono.

Cultivos importantes

Según la Encuesta Agrícola Nacional, cultivos como banano, plátano, caña de azúcar, palma africana y piña, se producen en más de 30 mil explotaciones, con área cultivada de 227,326 ha, produciendo 8'404,460 TM. Cítricos, coco, papaya, mango y otros frutales son comunes en huertos familiares, incluso en áreas urbanas. Cultivos anuales como melón, sandía, tomate, papa, chile y cebolla, se producen en 8,840 explotaciones que abarcan 19,580 ha, para una productividad de 508,263 TM. En granos básicos –maíz, frijoles y arroz–, la siembra se hace en 117,647 ha, de las cuales 80% están tecnificadas y el resto son de subsistencia.

Ganadería

Se realiza mayormente en modalidad extensiva en 9.7% del territorio, sobre las mejores tierras de valles y llanuras costeras, y expulsa a muchos pequeños productores de subsistencia hacia las laderas. Se da preferencia a vacunos de leche y de carne, cerdos, aves de corral; en menor proporción cabras, ovejas y abejas.

Pesca

Es mayormente artesanal desde pequeñas embarcaciones; produce camarones y langosta, además de peces, mientras que la acuicultura produce tilapias y camarones.

Industrias

Las principales son azúcar, café, miel, conservas, textiles, maderas, ropa, artesanía, proceso de alimentos y turismo.

¿Es el país autosuficiente en agricultura?

Definitivamente no. La producción nacional de alimentos creció en los 80 y 90, pero ha declinado en los últimos años, por lo que sigue siendo insuficiente para cubrir el crecimiento de la población. Por tanto, la producción per cápita de alimentos lleva tendencia negativa que se agrava en la medida en que las pérdidas poscosecha son significativas, pese a los esfuerzos emprendidos por proyectos específicos, la comercialización, el transporte y el almacenamiento ineficientes.

Seguridad Alimentaria y Nutricional

Sólo existe cuando todas las personas tienen acceso en todo momento a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales y las preferencias culturales para llevar una vida sana y activa. La disponibilidad de alimentos en Honduras se relaciona con la capacidad nacional para producirlos y destinarlos al consumo de las familias. La agricultura es una importante fuente de empleo, ingreso y divisas que facilitan alimentos y contribuyen indirectamente, vía importaciones, a sostener la capacidad nacional para disponer de los mismos.

Los granos básicos son clave para la seguridad alimentaria del país; los producen miles de familias asentadas históricamente en las peores tierras de ladera. Su contribución tiende al déficit, especialmente en maíz y arroz. El saldo entre producción interna y demanda total es negativo para el maíz, cultivo de mayor producción y mayor consumo. Desde los 90 su producción declina, registrando en los últimos años un déficit de más de 250 mil TM.

Por tanto, la disponibilidad de alimentos en el país depende cada vez más del mercado internacional, y el peso estratégico se traslada a los cultivos de exportación y a otros sectores de la economía nacional. La capacidad para importar es un elemento muy importante para garantizar la SAN. Se requieren medidas para intensificar el desarrollo agrícola y rural y, así, aumentar la disponibilidad de alimentos.

Acceso a alimentos

Es el componente de mayor peso para combatir la inseguridad alimentaria. Al privilegiarse la lucha contra la pobreza, el facilitar el acceso a alimentos tiene dos vertientes: la primera, hacia los productores, promoviendo acceso a medios de producción como tierra y su titulación, asistencia técnica, semillas mejoradas, fertilización amigable con el ambiente, agroforestería, riego, caminos transitables todo el año, mercados, tratamientos poscosecha, precios competitivos y todo lo necesario para tornarlos eficientes; la segunda es estimular la economía rural generando más fuentes de empleo e ingresos, con acceso a crédito para micro y pequeñas empresas en zonas deprimidas y grandes proyectos agroempresariales, para exportar vegetales y frutas, producir bioenergía a partir de caña de azúcar y palma aceitera en los valles y llanuras más productivos, sin olvidar mejores condiciones de mercado.

Pobreza urbana y rural

Múltiples factores explican la pobreza rural de Honduras, destacando la falta de acceso e inseguridad en la tenencia de la tierra, el abandono de la producción de alimentos y el deterioro constante de los términos de intercambio de materias primas y alimentos agrícolas, debido por una parte a los menores precios pagados al productor y, por otra, a los efectos inflacionarios derivados del incremento a los precios del petróleo, como la gradual devaluación monetaria.

Las exportaciones no cafeteras no son constantes ni uniformes, lo que incide negativamente en la remuneración a la mano de obra nacional que, a la vez, vulnera la seguridad alimentaria de grandes segmentos de población rural y urbana. La crisis del sector empuja a la población rural, especialmente a los jóvenes, a migrar hacia las ciudades y hacia los EUA buscando oportunidades de trabajo. Así, la pobreza se extiende a las zonas urbanas, donde adquiere nuevas características y cambian los patrones de consumo.

El excedente de la fuerza laboral que no migra, se ubica en el sector informal urbano, expandiendo las micro, pequeñas y medianas empresas, que representan casi 34% de la PEA y producen cerca de 25% del PIB. Aunque padecen las mismas limitaciones de la economía formal y las amenazas por la entrada en vigor de los tratados de libre comercio, se considera que las empresas en estas escalas son un factor decisivo en la economía familiar de los pobres urbanos y una esperanza para dinamizar la economía rural al crear nuevos empleos rurales no agrícolas. Las nuevas intervenciones deben considerar estos profundos cambios, si se quiere alcanzar la SAN.

Desigualdad en acceso a alimentos

El costo de la canasta básica de alimentos en una familia de cinco miembros a principios de los 90 era de 10.04 Lempiras (L.) y en 1995 de L. 34.00. En 2010 ascendía a L. 6,400.00, cuando el salario mínimo era L. 5,500.00. En la actualidad, el costo es L. 7,700.00, muy por encima de los ingresos de las familias más pobres. El precio de la canasta básica cambia mensualmente, la inestabilidad y variabilidad de precios se origina en la baja producción, la intermediación, la escasez, la especulación y el desempleo. El alza de los precios de los alimentos, la especulación y el acaparamiento son amenazas constantes en medio de una economía débil como la hondureña.

Las remesas familiares contribuyen a reducir la inseguridad alimentaria y nutricional de sus dependientes. El impacto de este tipo de ingresos en 2014 en los 284 mil hogares que declararon recibirlas fue de US$ 3,465 millones, de los cuales 53% no son pobres y son los que sostienen económicamente al país.

Principales mercados para exportaciones / importaciones

La balanza comercial agroalimentaria de Honduras evoluciona hacia saldos decrecientes, donde las importaciones de alimentos crecen a un ritmo mayor que la tasa de crecimiento de las exportaciones agroalimentarias, tendencia agudizada a partir de los 90, cuando el país ejecuta una política de mayor apertura económica –como parte de los acuerdos con los organismos financieros internacionales– y profundiza los Tratados de Libre Comercio (TLC), especialmente con los EUA, y otros mecanismos de liberalización comercial como la Unión Aduanera Centroamericana.

Hay una creciente dependencia alimentaria del mercado internacional, especialmente en ce-

reales. Al pronunciarse estas tendencias con el Tratado de Libre Comercio para Centro América (CAFTA), se hace necesaria una estrategia agroalimentaria que tome en cuenta los impactos sobre la economía nacional, especialmente sobre la agricultura, pues únicamente se establece un programa de desgravación arancelaria gradual para proteger temporalmente a un grupo de productos agrícolas considerados sensibles, como maíz blanco, arroz, carnes de res y cerdo, leche y sus derivados.

Impacto de la vulnerabilidad ambiental sobre la producción de alimentos

En los últimos años, el país tiene una creciente vulnerabilidad ambiental con graves repercusiones sobre la calidad de vida, especialmente en la seguridad alimentaria de su población. Un factor condicionante es el conflicto entre el uso actual y la capacidad productiva de los suelos –uno de los grandes desafíos ambientales del país–, al practicarse agricultura sobre tierras no aptas donde ya desde finales de los 80 se estimaba que 22,682 km² se sobreexplotaban.

Ocurren sequías anuales causadas por el fenómeno de El Niño Oscilación Sur (ENOS) y provocan crisis alimentarias recurrentes en las regiones sur, centro y occidente del país, donde se localiza la mayor población campesina, dependiente de la producción propia de alimentos básicos. La regla es que en esos años se pierdan más de ¾ partes del área sembrada.

Posibilidad de alcanzar las metas ODM

En el **Cuadro 1** se resume la situación de los indicadores utilizados para evaluar los resultados de los esfuerzos en el país para alcanzar la meta de reducir la pobreza y el hambre en los Objetivos del Milenio (ODM). Los resultados son positivos para el indicador desnutrición infantil crónica, e insuficiente para la desnutrición infantil global.

Principales retos agrícolas

1) Invertir en las mujeres: salvaguardar y fortalecer la capacidad de las mujeres para proveer seguridad alimentaria, salud y nutrición a sus familias. 2) Incrementar el acceso y disponibilidad a lo largo de todo el año a alimentos de alto valor nutricional. 3) Mejorar los conocimientos sobre nutrición entre los hogares rurales haciendo énfasis en la diversidad dietética. 4) Incorporar objetivos nutricionales explícitos e indicadores dentro de las inversiones agrícolas.

Objetivos prioritarios de protección social sensible a nutrición

1) Dirigir las actividades a las poblaciones con mayor vulnerabilidad nutricional como mujeres preñadas y niños de dos años o menos. 2) Incluir educación en nutrición y actividades de consejería dentro de los programas de intervención social para concientizar sobre conductas de cuidado y búsqueda de salud. 3) Integrar servicios nutricionales dentro de las intervenciones de protección social, que mejoren la calidad y cantidad en las

Cuadro 1. Resumen de indicadores utilizados

Indicadores	Unidad	1990-92	2004-05	Brecha	Avance	2015
Desnutrición infantil global (P/E)	%	21.4	18	-7.3	Insuficiente	10.7
Desnutrición infantil crónica (T/E)	%	42.4	30	-8.8	Positivo	21.2
Desnutrición infantil aguda (P/T)	%	1.8	2	-1.1	Negativo	0.9
Proporción de personas subnutridas	%	22	23	1	Negativo	11
Personas subnutridas	Personas	1.11	1.61	-0.62	Negativo	0.99
Productividad en granos básicos	qq/mz	26	23.6	-2.7	Negativo	n.a.
Déficit alimentario nacional (maíz)	TM	49,992	271,276		Negativo	0
Balanza comercial agroalimentaria	US$	568	97		Negativo	0
Población total	Millones	5.03	7			9

Notas: n.a. = no aplica, no existe una meta para el indicador. Para los indicadores de déficit de maíz y balanza comercial agroalimentaria tampoco hubo meta para 2015, pero se considera deseable que, por lo menos, resulten en saldos de suma cero.

Cuadro 2. Principales Programas Gubernamentales vinculados a la SAN

Programa / proyecto	Duración	Financiero	Monto
Asistencia Integral a Grupos Vulnerables	2003-2007	Gobierno PMA	L. 20'000,000 L. 3'142,340
Atención Integral a la Niñez en la Comunidad AIN-C	2006-2010	BM Gobierno	12'000,000 L. 3'000,000
Bono Materno Infantil	2005 -	Gobierno	L. 21'719,600
Desarrollo Integral de la Mujer	2005 -	Gobierno BANPRAF	17'200,000 30'301,750
Asistencia Técnica en Nutrición y Protección Social	2005 -	BM Gobierno	1'000,000 L. 19'000,000
Proyecto Bosque y Productividad Rural	2004-2006	BM Gobierno	18'000,000 L. 4'000.000
Programa Escuelas Saludables	Continua	G. Taiwán PMA	17'510,000 L. 29'870,000
Programa de Apoyo a la SAN	2006-2009	U. Europea	E. 13'500,000
Programa Regional de SA/CA	2006-2010	U. Europea	E. 12'000,000
Programa Especial de SA-H	2000-2007	AECI-FAO Gobierno	2'664,759 L. 10'739,325
Total aproximado			**123'229,987**

dietas. 4) Reducir los agudos impactos financieros negativos de largo plazo del financiamiento externo, precio y choques climáticos, escalando los programas en tiempos de crisis y enfocándose en las áreas impactadas.

Objetivos prioritarios para mejorar la nutrición a través del sector salud

1) Reducir las deficiencias de micronutrientes. 2) Reducir la anemia en mujeres preñadas y lactantes. 3) Promover buenas prácticas alimenticias y nutricionales. 4) Prevenir y tratar enfermedades. 5) Reducir el bajo peso al nacer. 6) Mejorar la salud reproductiva y la planificación familiar. 7) Corregir la malnutrición moderada y severa en los niños.

Institucionalidad

En 2009 se aprobó la Ley para el Establecimiento de una Visión de País y la Adopción de un Plan de Nación para Honduras, con lo que se institucionaliza el proceso de planificación estratégica del desarrollo económico, social y político del país. Ambos consignan iniciativas de desarrollo socioeconómico para alcanzar las metas de seguridad alimentaria y nutricional. En 2010 se aprueba un Decreto Ejecutivo que resultó en la Visión de País 2010-2038, el cual declara la seguridad alimentaria y nutricional de la población hondureña como prioridad nacional, enmarcando la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Largo Plazo (PSAN) y su Estrategia de Implementación (ENSAN) dentro de los objetivos, metas y lineamientos estratégicos establecidos.

También se aprueba el Plan de Inversión de País para el Sector Agroalimentario (PIPSA) para hacer crecer el sector agrícola. Tal decreto transforma el marco institucional de SAN declarando que la Política SAN es multisectorial y que su ENSAN deberá implementarse por todas las Secretarías de Estado. A la vez se institucionaliza la Unidad Técnica de Seguridad Alimentaria y Nutricional (UTSAN) como instancia técnica nacional de coordinación, planificación, seguimiento, evaluación y formulación de procedimientos metodológicos de PSAN y ENSAN. Además, se confirma al Comité Técnico Interinstitucional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (COTISAN) como órgano de consulta y concertación que integra a instituciones públicas, privadas y agencias de cooperación externa vinculadas al tema.

La coordinación de cooperación internacional está a cargo de la Secretaría Técnica de Cooperación (SETCO); la programación y presupuesto, de la Secretaría de Finanzas (SEFIN); la ejecución y supervisión de proyectos productivos, de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG); la tenencia y legalización de tierras, del Instituto Nacional Agrario (INA); la comercialización y distribución, de la Secretaría de Economía (SE). La sociedad civil participa por medio de las ONG, la Asociación de Municipios de Honduras, los gobiernos municipales y sus mancomunidades.

Programas y proyectos públicos relacionados con SAN

En el **Cuadro 2** se resumen los principales programas y proyectos identificados. La mayoría de los proyectos distribuyen alimentos, suministrados por USAID y PMA en los departamentos de mayor pobreza rural de las regiones Occidente, Sur y Centro del país. Loa ejecutan ONG nacionales y algunas internacionales como CARE, Visión Mundial y Plan Internacional (**Cuadro 3**).

Se requiere un ente del Estado que dirija y coordine los programas y proyectos de SAN. Por ahora, estos se llevan a cabo con escasa integración, poca rendición de cuentas y exiguas directrices de una política nacional y un plan estratégico de largo plazo que exprese clara y decididamente la voluntad del Estado hondureño para cumplir las Metas ODM.

Investigación agrícola

Es escasa y en gran parte desvinculada del desarrollo nacional y, sobre todo, de la atención a la SAN. Se realiza en el Gobierno central, por medio de la SAG que tiene la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA); en el sector académico público, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), la Universidad Nacional de Agricultura (UNA) y varias escuelas técnico agrícolas de nivel medio; en el académico privado, la Universidad Zamorano y la Universidad de San Pedro Sula (USPS); y, en la iniciativa privada, la Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola (FHIA) y varias empresas fruteras y dedicadas a la agroindustria.

SAG-DICTA

Es líder en el desarrollo científico y tecnológico del sector agroalimentario del país, aplica políticas públicas en el ámbito nacional y presta servicios a los productores. Su misión es diseñar, dirigir, normar y ejecutar programas de investigación, transferencia de tecnología y fomento a la agricultura familiar, que permitan potenciar las capacidades de innovación de los productores con el fin de desarrollar el sector agropecuario y la seguridad alimentaria.

En sus oficinas y laboratorios centrales, así como en 11 sedes regionales desarrolla programas de mejoramiento para maíz, sorgo, frijol, arroz, chile, tomate, papa, aguacate y yuca, un programa de producción vegetal y animal, y un sistema nacional de semillas, vegetales y frutales. En la rama pecuaria impulsa la producción de porcinos, aves de corral y piscicultura. En transferencia de tecnología, se da prioridad a la capacitación de técnicos, el bono de solidaridad productiva y fomento a huertos familiares.

Ha implementado el Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos al oficializar el Comité Nacional de Recursos Filogenéticos de Honduras (CONAREFIH), integrado por instituciones públicas, académicas y de la iniciativa privada. Ha produci-

Cuadro 3. Principales Programas No Gubernamentales vinculados a SAN

Programa / proyecto	Duración	Ente financiero	Montos
SA PL80 Título II	2005-2009	USAID-CARE	5'500,000
SA en Santa Bárbara	2005-2009	USAID-ADRA	3'242,514
Gestión Rural en SA	2005-2010	USAID-Save the Children Honduras	3'008,176
Mejoramiento de SA y Reducción del Riesgo en Occidente de Honduras	2005-2009	USAID-Visión Mundial	4'236,712
Total aproximado			**15'987,402**

do con ayuda de la FAO el Diagnóstico Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y Agricultura. Estableció el Mecanismo Nacional de Intercambio de Información (MNII), como seguimiento al Plan de Acción Mundial aprobado en 150 países con respecto al Tratado Internacional de Recursos Filogenéticos para la Agricultura y la Alimentación.

La DICTA es miembro del Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola (SICTA), del Centro Internacional de la Papa (CIP), del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), del Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA), de la Organización Mundial de la Alimentación (FAO) y de otros programas regionales. Rotativamente, la DICTA preside el Programa Cooperativo Centroamericano para Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), bajo el lema: "Generemos Tecnología para Cosechar Desarrollo.

UNAH

Institución rectora de la educación superior y formación profesional, desarrolla docencia, investigación y vinculación con la sociedad. En el sector agroalimentario brinda las carreras profesionales de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Forestal, Ingeniería en Ciencias Acuícolas y Recurso Marino Costero, Ingeniería Agroindustrial, Biología, Microbiología y Nutrición. En el nivel técnico, las carreras cortas de Procesamiento de Lácteos, Producción Agrícola, Producción Pecuaria, Tecnología de Alimentos, Alimentos y Bebidas y Calidad de Café.

Pocos docentes universitarios hacen investigación y no todos publican por diversas causas, siendo la principal la falta de reconocimiento al esfuerzo extra que conlleva publicar. Quienes deciden investigar, enfrentan retos como escaso apoyo presupuestario y logístico; temen quedar sometidos al ritmo de la burocracia institucional y aduanera, y trabajar con equipos inadecuados, obsoletos e insuficientes, si los hay. A cambio, no existen estímulos tales como un Sistema Nacional de Investigadores y apenas ganan algunos puntos de los cientos necesarios para ser promocionados cada cierto número de años.

Universidad Nacional de Agricultura

Ofrece Ingeniería Agronómica, Medicina Veterinaria, Tecnología Alimentaria, Recursos Naturales y Ambiente, y Administración de Empresas Agropecuarias. Se localiza en el centro del país, en un departamento de los más ricos y productivos en materia agropecuaria. Su misión es contribuir al desarrollo científico, tecnológico y socioeconómico de la sociedad hondureña con énfasis en el sector rural, mediante la formación y perfeccionamiento de profesionales en Ciencias Agropecuarias y afines.

Cuenta con un Observatorio de Inclusión Social Agroalimentario que hace investigación para promover la innovación y el desarrollo sostenible agroalimentario en Honduras; tiene una biblioteca virtual en salud y otros programas para la proteger los recursos naturales y el ambiente; cuenta con ayuda de otras universidades y agencias de cooperación e investigación como el IICA y la Agencia de Cooperación Internacional de Alemania (GTZ).

Universidad Zamorano

Nacida como Escuela Agrícola Panamericana en 1941 como legado de una empresa frutera transnacional, está en el Valle del Yeguare, hacia el oriente del país, con el objetivo de formar profesionales orientados a aprovechar el potencial productivo del sector agropecuario de la América tropical. Bajo el lema "Aprender Haciendo", ha forjado 71 promociones de Agrónomos, Ingenieros en Ciencia y Producción Agropecuaria, Ingenieros en Agroindustria, Ingenieros en Agronegocios e Ingenieros en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.

Cuenta con las mejores instalaciones y laboratorios en el país para estudiar ciencias biológicas; la planta docente y los estudiantes son en su mayoría hondureños acompañados por colegas de otros países de la región, de Norteamérica y de Europa. Posee grandes extensiones de terreno para cultivos, instalaciones pecuarias, talleres, invernaderos, estanques, bodegas, así como bosques y otros ecosistemas para efectuar todas las prácticas de campo necesarias para producir alimentos y manejar recursos naturales.

El régimen es de internos con opción a salir algunos fines de semana. Los estudiantes cultivan y procesan buena parte de lo que comen, además de que comercializan los excedentes dentro del campus, cumplen horarios estrictos que incluyen clases, prácticas de laboratorio y campo, horas de estudio y actividades personales. En el último año salen a otras zonas o países a colaborar con em-

presas o comunidades como parte de su entrenamiento y redactan una tesis en el tema de investigación desarrollado por sus tutores.

FHIA

Comenzó como el departamento de investigaciones en una empresa frutera. Conserva su carácter privado, pero muestra apertura a colaborar con los sectores público y académico. Está en el norte del país, aledaña a las grandes plantaciones. Se dedica al mejoramiento de cultivos tropicales, especialmente frutas de exportación como bananos, cítricos, cocos, piñas y otros; otra línea es el combate a las diferentes patologías que plagan los cultivos, estudiando los mecanismos de interacción entre plantas, vectores y patógenos. Con laboratorios muy bien equipados y técnicos de alto nivel, los resultados de sus investigaciones son propiedad de quienes financian las operaciones; hay que obtener permisos especiales para publicarlos. El Gobierno y los particulares tienen la opción de contratar investigaciones o servicios específicos dentro del ámbito de sus intereses y capacidades.

Escuela Nacional de Ciencias Forestales

Forma dasónomos e ingenieros forestales para el manejo y aprovechamiento de nuestros bosques. Imparte capacitaciones en materia de agroforestería y silvicultura a diversos grupos de campesinos. Se encuentra a la entrada de la ciudad de Siguatepeque, sobre la carretera del norte, en el centro del país.

Capacidades de investigación

Son escasas tanto en número como en calidad y áreas de interés. En las instituciones educativas existe un enorme déficit acumulado en cuanto a laboratorios, equipo, material y profesionales especializados, presupuesto y programas de capacitación. Una brecha muy difícil de cerrar dado que, aunque la educación se considera prioridad nacional, la investigación no siempre forma parte del proceso formativo.

Áreas de fortaleza local

En el país casi todo está por hacerse o por fundarse, de manera que todas las iniciativas son bienvenidas; lo que hace falta es apoyo y reconocimiento. Hay muchos esfuerzos no contabilizados porque no llegaron a publicarse en revistas indexadas, pero de ellos se puede partir. Mucha información se encuentra dispersa en diversas fuentes, pero hace falta retomarla, organizarla y validarla como germen de una nueva cultura de investigación.

Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

La Secretaría de Cooperación Internacional, Secretaría de Ciencia y Tecnología más su Instituto Hondureño de Ciencia, Tecnología y la Innovación (IHCIETI), SAG, Secretaría de Salud (SS) y otras custodian documentos y datos en sus respectivas intervenciones. Las principales instituciones educativas del nivel superior tienen alguna instancia de fomento a la investigación científica; sin embargo, la forma más eficiente de colaboración se da a través de los contactos personales que en el extranjero tiene cada investigador activo.

Otra forma son las redes científicas, como la Red Latinoamericana de Ciencias Biológicas (RELAB) –auspiciada por UNESCO–, que patrocinan cursos, reuniones científicas, pasantías, capacitaciones y otras ayudas. Desde 1975 ayuda a científicos de países con menor desarrollo, para participar con mayor frecuencia en cursos y actualizaciones que brindan en países con mayor avance en biotecnología, bioinformática, manejo de biodiversidad y otros temas de vanguardia. Honduras ingresó en 1990 y aprovecha pocas convocatorias. La REDBIO de la FAO se ocupa de temas de investigación agrícola en todo el continente, y otras redes de temas más específicos; la misma IANAS que vincula a las Academias de Ciencias, es de los mejores ejemplos y bien puede surgir una red para SAN. IANAS se ocupa de diversos temas como agua, energía y SAN.

Acceso y mantenimiento de bases de datos que dan seguimiento a sistemas agrícolas. Tenemos acceso regular a través de Internet a SIMPAH, INFOAGRO.

Desarrollo de fuerza de trabajo entrenada y estado de los sistemas nacionales de educación

Se hace en las instituciones mencionadas, más las de nivel medio. Hay que fortalecer sus presupuestos, calidad y cantidad, para transferir conocimientos prácticos y teóricos, sensibilizar y fortale-

cer a los agricultores, sin importar la escala en que operen. Hay que analizar sus necesidades y brechas, destinar recursos a cerrarlas e implementar planes estratégicos para mejorar sus servicios y llevarlos a toda la población.

Hay programas radiales que divulgan buenas prácticas agrícolas y el uso racional y adecuado de productos agroquímicos; orientan criterios sobre selección y preparación de alimentos para mejor provecho y balance de todos los tipos de nutrientes; se coordinan con las transmisiones que ya existen y mejorar los servicios de extensión agrícola del Estado. Es necesario articular los centros universitarios con las cadenas de valor, para adecuar la oferta de estos centros a las demandas de los productores, procesadores, comerciantes y exportadores que las forman.

Retos en energía

Honduras está entre los 30 países con menor consumo de energía per cápita en el mundo, con un equivalente a 0.6 toneladas de petróleo; el país cubre la mitad de su consumo con fuentes internas. Existe potencial para ser autosuficientes en energía, al disponer de abundantes recursos naturales como fuente renovable de energías.

La matriz energética se forma con combustibles fósiles y el uso de biomasa. Hay un pequeño parque eólico con generadores cubriendo la demanda de los municipios y caseríos aledaños a pocos kilómetros al sur de la capital. La leña genera 43% de la energía doméstica y en el nivel residencial constituye más de 87% del consumo; siguen los combustibles fósiles, particularmente importantes en la generación de energía eléctrica, que depende 62% de los mismos. El 84% de los hogares tiene acceso a la red eléctrica nacional; las principales ciudades están electrificadas, mientras que menos de la mitad de los hogares tiene cobertura en regiones remotas. Los planes de inversión proyectan la adición de 2GW para 2022, por medio de 40 proyectos, incluyendo energía renovable.

Se desaprovecha la energía económica. El café genera cada año 90 mil TM de desechos, que aseguraría 10 veces la producción nacional; los desechos del ganado y las aves de corral tienen potencia en forma de biogás de 72MW y tampoco se utiliza. La producción de energía solar es incipiente –apenas un programa auspiciado por el Banco Mundial para 6 mil familias en el sur del país–, por ahora no sobrepasa los 25 kW. La Universidad Zamorano acaba de inaugurar el parque de energía solar más grande de Latinoamérica, con capacidad para producir 1,500 megavatios hora, que representa 30% de energía eléctrica que demanda el campus universitario.

Desarrollo de la acuicultura y los recursos marinos

El subsector incluye la pesca artesanal e industrial, y las regiones caribeña, pacífica y continental. Genera más de 55 mil puestos, la mayoría en acuicultura industrial para exportación. El subsector realiza 4% de las exportaciones nacionales para los mercados de EUA y Alemania.

La viabilidad de la pesca está en juego. La flota industrial se ha reducido 30% en lo que va del siglo. Los barcos datan de los 80 y no cumplen con los actuales estándares de calidad, eficiencia e higiene. Mayor incidencia tiene la sobrepesca en aguas territoriales, por no retornar al agua los ejemplares no adultos; las variedades con mayor presión son langosta, camarones, caracol gigante y tiburones costeros. Las regulaciones externas como CITES intentan mitigar ciertas prácticas, que afectan más que todo a la pesca artesanal.

Las aguas costeras han perdido calidad ecológica por contaminación orgánica de cloacas y desechos de la agroindustria, metales pesados y material no biodegradable. A la basura terrestre se suma el aumento de temperatura causada por el cambio climático, que disminuye el oxígeno disuelto y afecta el crecimiento de los peces. El aumento de acidez reduce la disponibilidad de calcio para la formación de espinas y las especies más susceptibles migran a aguas más templadas. De las 150 mil ha de manglares, Honduras perdió la mitad entre 1980 y 2005, debido a la expansión de las granjas camaroneras. La acuicultura continental ofrece una producción más sostenible en el largo plazo, aunque por ahora este renglón genera menos de un 10% de los empleos en el subsector. El principal cultivo es tilapia en factorías, más numerosas minigranjas domésticas o adscritas a restaurantes de carretera. Las truchas no han cobrado auge.

Medidas para aprovechar los alimentos y minimizar el desperdicio

Entre los hondureños del campo no se estila el desperdicio de alimentos. La SAG promueve la construcción de silos artesanales para minimizar las pérdidas poscosecha. El maíz Bt está autorizado y liberado en el territorio nacional; este, al no ser mordido por plagas, conserva mayor integridad y, por tanto, resiste ataques por hongos oportunistas.

Conflictos entre producción de alimentos, energía y fibras

Son prácticamente inexistentes puesto que el maíz se dedica totalmente a la alimentación ya sea animal o humana; hasta ahora no se utiliza para producir etanol o fibras. Tampoco sucede con otros cultivos alimenticios.

Principales enfermedades infecciosas

Por contaminación de alimentos o agua: diarrea bacteriana, hepatitis A, tifoidea; por vectores: dengue y malaria, zika y chikungunya; las infecciones respiratorias agudas, propiciadas por los cambios bruscos de temperatura, por contacto con agua: leptospirosis.

Régimen alimenticio

A Honduras se le considera un país subalimentado debido a la deficitaria ingesta y, en general, al tipo de alimentación no balanceada. En promedio se consumen menos de 3 mil kilocalorías por día por persona y se calcula que 70% de esas calorías provienen de alimentos ricos en carbohidratos con precios relativamente bajos como maíz, yuca, arroz, frijoles, camote, papa, plátano, azúcar y trigo. Los cereales proveen más de 50% de las proteínas, con déficit apreciable de las de origen animal. El consumo de pescado es aún poco en relación con las posibilidades nacionales.

Hay deficiencias en los requerimientos de calcio, yodo, hierro y cloruro de sodio; hay casos de geofagia entre los campesinos. Las altas temperaturas provocan transpiración excesiva que aumenta la demanda de sal. Igualmente ocurren importantes deficiencias vitamínicas por desconocimiento y falta de costumbre para incluir en la dieta verduras frescas; la mayoría de estas deficiencias se da en las áreas rurales. El 40% de la población padece desnutrición, muy aguda en infantes.

Utilización biológica y consumo de alimentos

Se refiere a como una persona desde su alimentación condiciona su salud aprovechando al máximo todas las sustancias nutritivas que contienen los alimentos. En la salud influye, entre otras cosas, el estado nutricional, los conocimientos sobre nutrición y salud, la atención recibida y las condiciones sanitarias en hogares y comunidades. Para que la ingestión de alimentos dé resultados deseables, el organismo debe estar libre de enfermedades, principalmente de infecciones que impactan negativamente en el aprovechamiento de nutrientes y energía alimentaria.

Desnutrición global

También llamada insuficiencia ponderal moderada-grave, es el indicador oficial para medir la Meta de los ODM, que se define como: "el número de niños menores de 5 años con peso inferior al normal". En el país ha sido errática desde que comenzó a medirse en 1990, pero en los últimos dos años reportados, se mantiene estática alrededor de 18%.

Desnutrición crónica o retraso del crecimiento

Se mide por la prevalencia del retardo en la talla con respecto a la edad cronológica. En Honduras alcanza 31% en niños de edad entre 0 y 5 años; tiene efectos irreversibles en el desarrollo de las personas. Se relaciona con condiciones de largo plazo, que incluyen insuficiencias alimentarias crónicas, infecciones frecuentes, prácticas alimenticias incorrectas y extrema pobreza.

Distribución espacial de la desnutrición

Desde el punto de vista geográfico, la desnutrición infantil se concentra en áreas rurales, donde duplica la prevalencia crónica de las zonas urbanas, disminuye en las ciudades más grandes y aumenta en las menores. Las zonas con mayor incidencia de desnutridos son Occidente, Sur y Centro, en ese orden.

Consumo per cápita de alimentos simples *vs.* procesados

Honduras pasa por un proceso de transición alimentaria que comparte con los países vecinos. La creciente urbanización y diversificación de las fuentes de ingresos de la población hondureña y una mayor exposición a los patrones de consumo de los países industrializados, así como la agresiva transnacionalización de las cadenas agroalimentarias, generan una serie de modificaciones de consumo y la cultura alimentaria nacional. Se están sustituyendo alimentos simples provenientes de la agricultura campesina por alimentos con mayor grado de elaboración, derivados de las agroindustrias.

Dicha transición alimentaria sugiere la necesidad de replantear estrategias e intervenciones en seguridad alimentaria, a fin de reducir significativamente los indicadores de inseguridad alimentaria, especialmente en áreas urbanas, lo que supone enfrentar gradualmente un doble reto: el hambre persistente en la población en extrema pobreza, por un lado, y el rápido aumento de las llamadas enfermedades no contagiosas asociadas a los hábitos dietéticos como la obesidad, hipertensión arterial y diabetes en la población urbana.

Patrones de consumo y sus cambios, e implicación en la importación de alimentos

El patrón de consumo de alimentos en una población se refiere al conjunto de alimentos usados por la mayoría de la población con mayor frecuencia. En áreas urbanas son 17 productos los usados por 75% o más de los hogares, mientras en las rurales son únicamente cinco que son: huevos, arroz, frijoles, azúcar y sal. Los usados por 50% fueron 31 en las ciudades y 20 en el campo. Tales diferencias demuestran que la diversificación de alimentos no es igual entre las áreas urbana y rural. A mayor diversificación, mejor la calidad de la alimentación. El **Cuadro 4** muestra el porcentaje de hogares que usan los alimentos más comunes en los ámbitos nacional, urbano y rural.

En áreas urbanas se consume más proteína animal mientras que en el campo solo aparecen quesos, huevos y aves. En el área rural 85% de los hogares consume manteca vegetal, contra sólo 58% en las ciudades; el resto se diversifica entre aceite y margarina. Los frijoles son de uso

Cuadro 4. Proporción de hogares que usan cada alimento

Alimento	Nacional	Urbano	Rural
Azúcar refinada	94	95	94
Huevos	91	93	88
Arroz	91	93	90
Frijoles	91	91	92
Sal	81	80	82
Quesos	78	90	65
Aves	81	89	73
Bananos y plátanos	76	83	68
Tomate	67	82	51
Cebolla y similares	72	82	62
Salsas, aderezos y similares	69	81	56
Pastas	74	80	68
Papas y raíces	67	78	55
Condimentos	68	78	58
Pan dulce y similares	73	77	69
Cítricos	74	77	72
Sopas deshidratadas	74	75	73
Manteca vegetal	71	58	85
Crema	59	74	43
Chiles de toda clase	55	71	38
Gaseosas	56	70	42
Leche fluida	56	70	42
Jugos y refrescos	52	66	38
Embutidos	47	67	26
Pan francés y similares	47	64	30
Cereales de desayuno	45	63	27
Margarina	46	60	31
Hortalizas para ensalada	46	59	32
Tortillas	37	59	15
Res sin hueso	41	57	25
Aguacate	39	51	26
Pataste y ayote	50	48	52
Maíz en grano	48	22	74
Zanahoria y remolacha	32	47	17
Aceites vegetales	29	44	13
Harina de maíz	35	43	27
Cerdo	33	43	22
Postres varios	37	41	33
Res con hueso	31	41	21
Pescados y mariscos	34	39	28
Frutas tropicales	24	34	13
Leche en polvo	26	32	20
Manzanas y similares	17	24	9
Otras verduras	19	21	17

común en cerca de 90% de hogares, al igual que el azúcar. En más de 50% de los hogares se consume arroz, pastas y pan dulce; el maíz en grano sólo se reporta en las regiones occidental y oriental, mientras que el consumo de tortillas no llega a 50% de hogares en la región central; tanto jugos como gaseosas se usan principalmente en la región central.

En áreas rurales es marcadamente menor el número de productos alimenticios usados en los hogares, lo que disminuye la calidad dietética de sus pobladores. La mayor diversidad de alimentos se consume en la región central y el occidente tiene la menor. La canasta básica se compone de 31 productos para las ciudades y 20 para el campo. Las verduras más utilizadas son cebolla, tomate y papas; las frutas, bananos, plátanos y naranjas. El consumo se ve afectado por el nivel de pobreza; en los hogares no pobres se compone de 31 productos, los que tienen pobreza relativa de 29 y en pobreza extrema 20.

Cantidades de alimentos

Las adquisiciones en los hogares, o consumo aparente, es indicador de disponibilidad de alimentos. La unidad es gramo bruto disponible per cápita por día; los valores se expresan como mediana. Se crean seis categorías y el maíz en grano se expresa en gramos de tortilla (**Cuadro 5**).

Suficiencia nutricional de la disponibilidad alimentaria

Aquí se analiza la cantidad disponible de energía y nutrientes per cápita y por día, más su relación con las recomendaciones dietéticas diarias (RDD), expresada como por ciento de adecuación. Las RDD son propuestas por el INCAP.

Por área de residencia

La disponibilidad promedio de energía, expresada en kilocalorías per cápita, es ligeramente mayor en áreas urbanas con 2,234 Kcal, mientras que en el campo se reduce a 2,177 Kcal. En ambas se cubre 95% de las necesidades promedio de la población. Cerca de 20% de ambas áreas tiene un déficit de 30% o más en la adecuación de energía, lo que significa que está en una situación crítica que podría llamarse 'subalimentación'.

En ambas áreas, la mayor parte de la energía proviene de los cereales. En cuanto al aporte de macronutrientes al total de energía, se encuentra que la contribución de los carbohidratos es mayor en el área rural con 66%, que en las ciudades con 58%. Lo inverso ocurre con las grasas que es mayor en el área urbana con 30%, que en el campo con 23%. En proteínas, la contribución a la energía total es similar en ambas áreas.

Minerales

La disponibilidad per cápita promedio de calcio en las ciudades cubre 89% de las RDD, mientras en el campo 55%, donde hay un severo déficit de 30% o más. La disponibilidad per cápita de hierro, en las ciudades y el campo, cubre 100% de las RDD. En cuanto a zinc, hay déficit en todos los hogares, con adecuación de 75%; en las ciudades, 60% de los hogares tiene déficit mayor de 30%, mientras que en el campo llega a 43%. Solamente 15% de los hogares tiene nivel aceptable de este mineral. La baja disponibilidad de zinc se complica con alta ingesta de fibra que dificulta su absorción.

Vitaminas

Las vitaminas incluidas en el estudio son adecuadas en ambas áreas, pero al analizar la distribución de los hogares por nivel de adecuación, en cada una de las vitaminas se encuentra déficit en una proporción de hogares. Para riboflavina, 20% de los hogares rurales y de oriente y occidente está por debajo de 70%, lo que ya es déficit. En cuanto a Vitamina C, ambas áreas de residencia y las tres regiones tienen adecuación promedio de 120%. No obstante, al ver la distribución de hogares según porcentaje de adecuación, en el campo y en oriente más de 30% de los hogares tiene déficit superior a 30%. Respecto de Vitamina A, el consumo de azúcar fortificada hace que en promedio la disponibilidad cubra con creces las RDD con más de 150% de adecuación. El azúcar fortificado contribuye con 60% a la disponibilidad de Vitamina A.

Consideraciones de política

Se comienza por reconocer la desnutrición e inseguridad alimentaria y los principales retos para reducir ambos son: 1) la complejidad de la coordinación intersectorial; 2) falta de conciencia en

quienes toman decisiones en el más alto nivel sobre la escala y magnitud del problema, y sobre todo sus consecuencias sociales y económicas en el futuro cercano; 3; la falta de presión social y compromiso desde el interior nacional para erradicar la desnutrición; 4) los limitados recursos financieros destinados a implementar programas en la correcta escala y duración; y 5) la limitada disponibilidad de personal debidamente calificado en los países en desarrollo para abordar adecuadamente el problema.

Distorsiones creadas por subsidios y otras políticas agrícolas

Hay mecanismos de estabilización de precios y acciones para mejorar la seguridad alimentaria con los que el Gobierno procura reducir distorsiones en el mercado doméstico. Honduras apoya la eliminación de distorsiones en el sector agrícola y en el marco de la Ronda de Doha ha instado continuar las negociaciones sobre mecanismos de salvaguardia especial que garanticen la seguridad alimentaria de los agricultores.

La producción de maíz es la más importante y se protege con una banda de precios y convenios de compraventa entre productores y agroindustria; la misma atenúa el efecto de las fluctuaciones de precios en el mercado internacional sobre el mercado interno. El Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola (IHMA) está a cargo. El Comité Ejecutivo del IHMA aprueba la banda cada año en enero y la somete al Consejo de Desarrollo Agrícola.

Los convenios permiten importar maíz con preferencia arancelaria. Por cada quintal de maíz blanco nacional, se pueden importar tres quintales exentos de aranceles y hasta cuatro si es maíz amarillo. Los productos así importados deben procesarse y pueden venderse como grano entero en el mercado nacional a aquellas industrias que no son parte del convenio.

Pese a estas medidas proteccionistas, los bajos niveles tecnológicos y baja rentabilidad persisten. A raíz de esta política que diferencia entre maíz blanco y amarillo, el mercado sufre distorsiones. El congelamiento de precios de los productos de la canasta básica que suele decretar el Estado, tiene resultados debatibles, porque no dispone de la información necesaria para fijar precios. Eso ha causado distorsiones en los mercados de dichos productos.

Cuadro 5. Cantidad diaria disponible per cápita y cada grupo de alimentos

Alimento	Nacional	Urbano	Rural
Número de hogares	**7438**	**5076**	**2362**
Productos de origen animal			
Leche fluida	0	48	0
Queso fresco	8	11	0
Crema rala	8	11	0
Huevos	26	29	22
Res sin hueso	0	8	0
Frijoles	38	38	43
Cereales			
Arroz	50	50	45
Tortilla	128	96	340
Pastas	8	8	6
Azúcar y grasas			
Azúcar	47	46	47
Manteca vegetal	14	10	18
Verduras y frutas			
Tomate	18	22	4
Cebolla	7	9	4
Papa	19	23	0
Banano verde y maduro	39	42	30
Plátano verde y maduro	12	35	0
Naranjas/limones	9	15	2
Otros			
Gaseosas	48	71	0
Sal	9	8	11
Hierbas	15	8	4

Promoción de agricultura sensible a nutrición para proveer dietas saludables y sostenibles asociadas a uso de recursos y precios de los alimentos

La SAG- DICTA ha desarrollado variedades biofortificadas de maíz y frijol. La biofortificación aumenta naturalmente la concentración de nutrientes como hierro, zinc y Vitamina A en cultivos básicos de la canasta familiar. Para esto tuvimos

apoyo del proyecto AgroSalud, patrocinado por el Grupo Consultivo Internacional en Investigación Agraria (CGIAR) y la Agencia Internacional de Desarrollo de Canadá (CIDA). AgroSalud funciona en 14 países de América Latina y el Caribe para beneficiar a los segmentos más vulnerables. Con apoyo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), se liberó la variedad de maíz Olanchano 03. Esta variedad de maíz se caracteriza por un alto contenido de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. También se han identificado líneas de maíz con importante contenido de zinc, cuya liberación al mercado se espera pronto.

El Programa de Investigación de Frijol (PIF), de la Universidad Zamorano, con el Programa Nacional de Investigación de Frijol de SAG/DICTA, liberó en 2016 la variedad de frijol biofortificado de grano rojo claro brillante "Honduras Nutritivo", variedad que se caracteriza por su alto contenido de hierro y zinc. Además, tiene alto potencial de rendimiento y adaptación a diversos ambientes; resiste al virus del Mosaico Dorado Amarillo del frijol (VMDAF) y al Mosaico Común del Frijol (VMCF); es apto para las zonas bajas e intermedias del país. Esta variedad fue evaluada con apoyo del proyecto AgroSalud, Harvest Plus, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y otras instituciones.

Políticas que favorecen la innovación tecnológica

La Ley para la Promoción y el Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación crea el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, del cual surgen la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACIT) y el Instituto Hondureño de Ciencia, Tecnología e Innovación (IHCIETI). Queda mucho trabajo por hacer para crear un entorno económico e institucional que fomente la innovación y la competitividad en el país. Honduras figura como uno de los países con menor competitividad e innovación en América.

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (SNITTA), liderado por la SAG, fue creado con el propósito de desarrollar e incentivar la innovación tecnológica-agroalimentaria. En términos de política agrícola centroamericana, el SNITTA apoya instrumentos de innovación tecnológica e inversión pública enmarcados en el eje de competitividad.

La Política Agrícola Centroamericana promueve condiciones para desarrollar una agricultura centroamericana moderna, competitiva, equitativa, articulada regionalmente. Una de sus seis áreas prioritarias es la tecnología e innovación. Honduras forma parte de FONTAGRO, mecanismo de cooperación entre América Latina y España, que promueve innovaciones en agricultura familiar, competitividad y seguridad alimentaria. Apoya proyectos e iniciativas en temas estratégicos, mediante convocatorias competitivas, concursos y fondos semilla.

Políticas que desarrollan recursos humanos: educación, género, equidad

La Ley Fundamental de la Educación garantiza el derecho humano a la educación y establece los principios, garantías, fines y lineamientos generales de la educación nacional. Define la estructura del Sistema Nacional de Educación. El Decreto No.34-2000 Ley de Igualdad de Oportunidad Para la Mujer, tiene el objetivo de integrar y coordinar las acciones que el Estado y la sociedad civil tienen que ejecutar para eliminar todo tipo de discriminación contra la mujer y obtener la igualdad de los hombres y mujeres. La Política para la Equidad de Género en el Agro Hondureño 1999-2015 sienta las bases para lograr un desarrollo sostenible con equidad de género y aliviar la situación de pobreza, raíz de la inseguridad alimentaria.

Políticas que promueven el consumo de alimentos saludables

Se cuenta con la Guía Alimentaria para Honduras auspiciada por FAO, OPS, INCAP, Secretaría de Salud, Despacho Presidencial, Universidad Pedagógica y Visión Mundial. Reconoce que nuestra alimentación es monótona y que la mayor parte de la población carece de información que le permita hacer el mejor uso de los alimentos disponibles. Es un instrumento educativo que promueve el consumo de alimentos sanos, variados y culturalmente aceptables; es autodidáctica con instrucciones muy precisas reforzadas por ilustraciones.

Recomienda el consumo diario de alimentos de todos los grupos de macronutrientes, haciendo énfasis en que no deben faltar frutas y verduras para prevenir enfermedades; incluir carnes, pescado o vísceras, al menos dos veces por semana; dis-

minuir el consumo de frituras y embutidos, evitar lo más posible alimentos procesados, así como el exceso de sal; disminuir los refrescos embotellados y los dulces; tomar al menos ocho vasos de agua por día y media hora de caminata diaria. Ayuda a seleccionar y combinar alimentos con el fin de prevenir enfermedades y recomienda los mejores métodos de cocción y preparación. Su distribución es gratuita, aunque el analfabetismo real o funcional impide su amplia aplicación.

Ventajas comparativas de la agricultura nacional

Se distinguen dos ventajas comparativas de la agricultura nacional: la ubicación geográfica y la diversidad climática que posee el país. Honduras está en una posición geográfica privilegiada que le confiere la posibilidad de acceder a los mercados de México, Estados Unidos y Canadá. También, le permite servir de base de distribución en Centroamérica. Posee condiciones para construir puertos de aguas profundas en ambos litorales.

Honduras posee una interesante diversidad climática y variedad de ecosistemas. Las condiciones climáticas incluyen las islas semi-secas del Caribe; en el Norte, las condiciones tropicales húmedas; y las condiciones tropicales secas del Sur, mientras que los ecosistemas abarcan diferentes tipos de bosques e importantes recursos marino-costeros.

Bibliografía

Anguiano, R. (1804). *Anuario Estadístico 1804*. Tegucigalpa, Honduras.

Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) y Sistema de Integración Centroamericana (SICA) (2007). *Política Agrícola Centroamericana, 2008-2017*. Tegucigalpa, Honduras.

Cruz, D. (2006). *Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Honduras*. FAO. Tegucigalpa, Honduras.

FAO y Gobierno de Honduras (2010). *Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria*. Tegucigalpa, Honduras.

Global Water Partnership (2011). *Situación de los Recursos Hídricos en Centro América*. Tegucigalpa, Honduras.

INCAP (2013). *Guía Alimentaria para Honduras*. INCAP, FAO, Visión Mundial. Tegucigalpa, Honduras.

La Gaceta (2012). Ley Fundamental de Educación, Decretos 262-2011. Miércoles 22 de febrero de 2012 Número 32,754. Tegucigalpa, Honduras.

Menchú, M.T. y H. Méndez (2012). *Análisis de la Situación Alimentaria en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras.

Palerm, J.; Florez Payarez, E.; y H. Nusselder (2013). *Perfil Ambiental País de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras.

Secretaría de Agricultura y Ganadería (2001). *Política para la Equidad de Género en el Agro Hondureño*. UPEG, ASDI, PNUD, PAGS. Tegucigalpa, Honduras.

SERNA (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Tegucigalpa, Honduras.

The World Bank (2015). *Corredor Seco Food Security Project*. Tegucigalpa, Honduras.

The World Bank (2013). *Improving Nutrition Through Multisectorial Approaches*. Tegucigalpa, Honduras.

Universidad Nacional Autónoma de Honduras (2016). *Seguridad Alimentaria y Nutricional en Honduras 1999-2015*. Tegucigalpa, Honduras.

World Trade Organization (2016). *Trade Policy Review Body on Honduras*. WT/TPR/S/336. Tegucigalpa, Honduras.

Seguridad alimentaria y nutricional en México:

Grandes retos para el Siglo XXI

Familia de Quintana Roo y una muestra de la gran diversidad de alimentos que se encuentran en el mercado.

Muchas familias mexicanas complementan su dieta con alimentos sembrados para el autoconsumo. Fotografía: © Fulvio Eccardi

México

[1] Sol Guerrero Ortiz
[2] Agustín López Munguía
[3] Natalhie Campos Reales
[4] Elizabeth Castillo Villanueva
[5] Luis Herrera Estrella
[6] Sol Ortiz García

México es rico en recursos naturales y humanos, pero sus tierras de cultivo son limitadas debido a su compleja topografía. **Actualmente es un importador neto de alimentos que depende de otros países para su seguridad alimentaria y que es vulnerable al cambio climático,** en especial en las regiones desérticas y costeras. Cuenta con buenas instituciones científicas y tecnológicas pero requiere de mayores inversiones al igual que de una relación más estrecha entre el sector público y los otros sectores agrícolas. Las políticas públicas basadas en la evidencia jugarán un papel mucho más relevante para hacer frente a estos desafíos

Resumen

México ocupa el décimo tercer lugar en extensión territorial a nivel mundial. Cuenta con una enorme heterogeneidad ambiental, por su complejidad fisiográfica, su intrincada historia geológica y sus variados climas. Además, tiene una gran riqueza cultural proveniente de sus pueblos indígenas, quienes han interactuado por miles de años con la gran diversidad biológica del territorio nacional. Esta interacción ha resultado en la descripción de 5,500 especies de plantas útiles, y en la domesticación de más de 200 especies de importancia económica. La superficie de tierras agrícolas en México representa 55% de su superficie total, mientras que 14% corresponde a los terrenos cultivables, limitados tanto por los climas secos, como por las pronunciadas pendientes de su orografía. En relación con la seguridad alimentaria y nutricional, México ocupa el décimo quinto lugar en el Índice de Sostenibilidad Alimentaria y el décimo en agricultura sostenible (Food Sustainability Index, 2016), por lo que aún tiene áreas de oportunidad importantes para atender los retos de los próximos 50 años. El país cuenta con vastos recursos naturales, capacidad agropecuaria diversificada, infraestructura institucional operativa y competencia en desarrollo científico, tecnológico y de innovación. Existen políticas de Estado enfocadas a la atención de los principales problemas agrícolas, de nutrición y de medio ambiente. Sin embargo, estas son implementadas por lo general de forma fragmentada y con poca continuidad, bajo un esquema incipiente de transversalidad.

Los grandes retos que la nación enfrenta para su seguridad alimentaria y nutricional requieren de la coordinación de diversos sectores y acciones encaminadas a implementar estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático. Asimismo, estos retos precisan del fortalecimiento de programas de conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y de los recursos genéticos. Además, es urgente potenciar la inversión efectiva para el desarrollo del campo a través de alianzas entre los sectores público y privado y la academia, con el fin de generar innovaciones que den respuesta a las necesidades de los diferentes estratos involucrados en la producción alimentaria.

I. Características nacionales

a. Tamaño físico, inventario de tierras cultivables, heterogeneidad ambiental y del paisaje

La República Mexicana se encuentra en el hemisferio norte del continente americano; la mayor parte de su territorio se encuentra en América del Norte y el resto en América Central. Tiene litorales tanto en el este –Golfo de México y Mar Caribe– como en el oeste –Océano Pacífico y Golfo de California–. La superficie continental de México tiene una extensión de 1'959,248 km² y el área insular es de 5,127 km², lo

cual da una superficie total de 1'964,375 km². La superficie marítima cuenta con una extensión de 5'109,168 km² que corresponden al mar patrimonial (mar territorial, zona contigua y zona económica exclusiva).

La superficie de tierras agrícolas en México es de 55% de su superficie total, mientras que los terrenos cultivables están limitados tanto por los climas secos, como por las pendientes pronunciadas de su orografía, a 14% del total del territorio (Banco Mundial, 2016). Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA 2014, SAGARPA-INEGI), la superficie agrícola total de las unidades de producción es de 27.5 millones de hectáreas (ha), que representan 25.2% de las 109.3 millones de la dimensión total de dichas unidades. Los 81.8 millones de hectáreas restantes corresponden a superficie de agostadero (para ganado), enmontada o en descanso.

México cuenta con una enorme heterogeneidad ambiental, debido a su gran complejidad fisiográfica y a su intrincada historia geológica y climática. La fisiografía del territorio mexicano es resultado de la interacción de cinco placas tectónicas: Norteamericana, del Pacífico, Rivera, de Cocos y del Caribe (Ortega *et al*., 2000). Su acción conjunta ha originado siete sistemas montañosos, dos grandes llanuras costeras y una altiplanicie. Además, la forma de embudo del territorio mexicano –ancho en el norte y estrecho en el sur–, los sistemas montañosos que convergen hacia el sur y el sureste, la acción de los vientos alisios y la oscilación estacional del cinturón subtropical de alta presión, contribuyen a un patrón climático diverso, de tal manera que todos los climas quedan representados en el país (Vidal-Zepeda, 2005): desde muy secos en el norte, subhúmedos y muy húmedos al sur, hasta fríos en los picos de las montañas más altas (>4 000 m de altitud) (Espinosa *et al*., 2008). Adicionalmente, por su posición geográfica, México está considerado como la zona limítrofe entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical. Esta transición permite el flujo de especies de una región a otra (Luna-Vega, 2008) y todos estos factores tienen como resultado un incremento de la diversidad de taxones presentes en el país.

b. Características demográficas y tendencias futuras

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Intercensal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015), el total de la población mexicana es de 119'530 753 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1.4%. Acorde a las proyecciones de población del Consejo Nacional de Población (CONAPO) 2016, la esperanza de vida de los mexicanos es de 75.2 años.

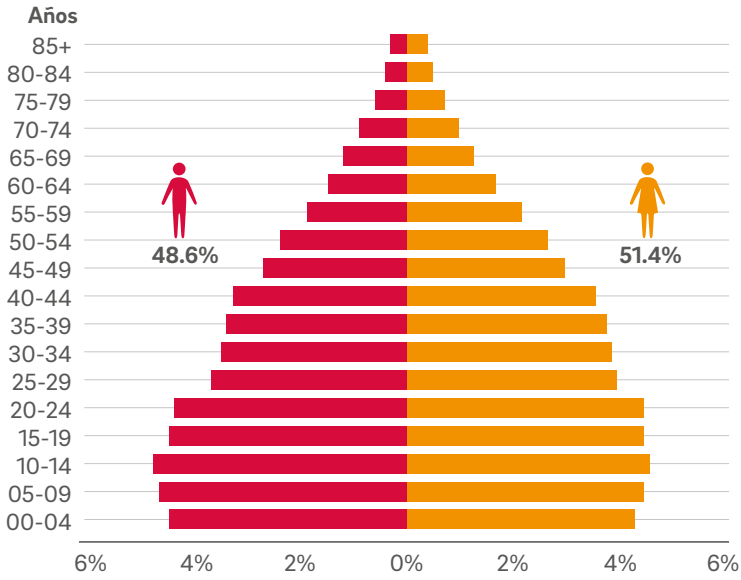
La pirámide poblacional de 2015 es más ancha en el centro y se reduce en la base, esto significa que la proporción de niños ha disminuido y se ha incrementado la de adultos. En 2015 la población menor de 15 años representa 27% del total, mientras que el grupo de 15 a 64 años constituye 65% y la población en edad avanzada representa 7.2%. En la **Figura 1** se muestra, además, la proporción de hombres y mujeres.

Esta situación indica que la población en edad laboral tiene más peso en términos relativos, lo cual significa para México una oportunidad de crecimiento económico. Es lo que se ha dado en llamar bono demográfico, que ocurre cuando el volumen de personas en edad de trabajar es mayor respecto del número de dependientes económicos;

[1] Sol Guerrero Ortiz, Fellow, Cornell Alliance for Science, solgo.guerrero@gmail.com **[2] Agustín López Munguía,** Departamento Ingeniería Celular y Biocatálisis, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, agustin@ibt.unam.mx **[3] Natalhie Campos Reales,** Secretaría Ejecutiva de la CIBIOGEM, CONACYT; Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, ncampos@conacyt.mx **[4] Elizabeth Castillo Villanueva,** Secretaría Ejecutiva de la CIBIOGEM, CONACYT; Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, ecastillo@conacyt.mx **[5] Luis Herrera Estrella,** Grupo de Ingeniería Metabólica, Unidad de Genómica Avanzada, Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO) del Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Irapuato, lherrerae@cinvestav.mx **[6] Sol Ortiz García,** Coordinadora del capítulo. Secretaria Ejecutiva de la CIBIOGEM, CONACYT; Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, sortiz@conacyt.mx

así, las familias pueden ahorrar más o la inversión productiva aumentar considerablemente, aunque para ello debe haber un contexto económico que lo favorezca. En este sentido, el aprovechamiento del bono demográfico requiere el cumplimiento de varios requisitos. Por ejemplo, inversión previa en educación, estructuras adecuadas para incorporar a todas estas personas al trabajo y condiciones laborales que garanticen la estabilidad necesaria para favorecer el ahorro. Algunos especialistas en demografía consideran que, si no se actúa pronto, México perderá la posibilidad de aprovechar este bono demográfico, y advierten también la necesidad de aprovechar el bono de género, es decir, incorporar un mayor porcentaje de mujeres al campo laboral (Alba *et al.*, 2007; Giouguli, 2016).

Figura 1. Pirámide Poblacional 2015 (INEGI, 2015)



c. Modalidades agrícolas

De los 27.5 millones de hectáreas de superficie agrícola, 81.5% corresponde a terrenos sembrados o plantados, mientras que el restante 18.5% no lo está. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en 2016 se sembró un total de 21'938,184 de hectáreas (SIAP, 2016a).

De la superficie agrícola, 20.3% es de riego (5.6 millones de hectáreas) y el 79.7% restante es de temporal (21.9 millones de hectáreas). Los resultados de la ENA (2014) indican que 66.3% de las unidades de producción de riego que tienen entre 0.2 y 5 ha, ocupan 14.3% de la superficie agrícola, mientras que 31.3% de las unidades con más de 5 ha (comercial), cubre 85.6%. En relación con las unidades de producción de temporal, destaca que 70.5% de las que miden hasta 5 ha (autoconsumo) ocupan 20% de la superficie agrícola, mientras que 6.1% de las que tienen más de 20 ha (comercial) cubre 49.9%. Según el Diagnóstico del Sector Rural y Pesquero realizado en 2012 (FAO-SAGARPA, 2012), las unidades productivas agrícolas se clasifican en seis estratos como se muestra en la **Tabla 1**, de manera que coexisten unidades rentables, dinámicas y altamente tecnificadas, al lado de pequeños productores que en promedio cuentan con superficies de menos de 5 ha con baja productividad.

Tabla 1. Clasificación de las Unidades Productivas Agrícolas (UPA) en México

Estrato		Número de Unidades	%
E1	Familiar de subsistencia sin vinculación al mercado	1,192,029	22.4
E2	Familiar de subsistencia con vinculación al mercado	2,696,735	50.6
E3	En transición	44,370	8.3
E4	Empresarial con rentabilidad frágil	528,355	9.9
E5	Empresarial pujante	448,101	8.4
E6	Empresarial dinámico	17,633	0.3
	Total	**5,325,223**	**100**

En México, el uso de las semillas mejoradas se encuentra poco extendido entre los productores, ya que solo 29% de las unidades de producción las emplea, mientras que 82% utiliza semilla criolla. Sin embargo, es importante señalar que, en términos de superficie, 68% del área sembrada de los cultivos anuales usa semillas mejoradas. Solamente 0.2% corresponde a semilla transgénica.

i. Cultivos alimenticios importantes

México tiene una gran riqueza cultural proveniente de sus pueblos indígenas, quienes han interac-

tuado por miles de años con la gran diversidad biológica del territorio nacional. Esta interacción ha resultado en la descripción de 5,500 especies de plantas útiles (Caballero y Cortés, 2012), y en la selección y modificación (domesticación) de más de 200 especies (Casas *et al*., 2007). Las especies históricamente más importantes fueron el frijol, el chile, la calabaza y primordialmente el maíz, cuya domesticación y mejoramiento genético son actividades que probablemente se remontan a más de 10 mil años (Miranda-Colín, 2000).

Se considera que el cultivo más importante de México es el maíz con sus 64 razas o variedades nativas (Sánchez *et al*., 2000) y numerosas variedades mejoradas. Se siembra principalmente en las zonas sub-húmeda tropical, templada húmeda y sub-húmeda (Fernández-Suárez *et al*., 2013). Para el año 2014, la superficie cultivada de maíz fue de 7.4 millones de hectáreas, donde 82.5% de esta superficie es de temporal, dependiente de la lluvia. La producción de ese año alcanzó los 23.13 millones de toneladas (t). Aunque las tierras que cuentan con riego representan solo 17.5% de la superficie total cosechada de maíz, los rendimientos promedio por hectárea son considerablemente más altos; en riego fue de aproximadamente 8.0 toneladas/hectárea, mientras que en cultivo de temporal el promedio fue de 2.3 toneladas/hectárea (FIRA, 2015).

En cuanto a otros productos agrícolas, de los 52 cultivos principales, la producción en 2015 resultó 4.7% mayor a la obtenida en 2012, debido principalmente a los aumentos en las cosechas de frutales (14.4%), cultivos agroindustriales (7.9%), hortalizas (11.6%) y granos (2.3%). Por cultivo destacan los incrementos de arroz palay (32%), trigo (13.3%), maíz (11.9%), espárrago (66.1%), brócoli (34.1%), lechuga (30.3%), cebolla (21%), manzana (100%) y caña de azúcar (11.3%; SAGARPA, 2016a). Por la superficie sembrada sobresalen entre los cultivos anuales –además del maíz–: frijol, sorgo, trigo, cebada, algodón y chile. Entre los cultivos perenes despuntan: café, caña de azúcar, naranja, alfalfa, mango, limón, aguacate, plátano y cacao (ENA, 2014).

ii. Producción pecuaria

En México existe producción de bovinos y caprinos (para leche y carne), porcinos y ovinos (para carne), aves (para carne y huevo) y abejas (para miel). También se consideran como parte de la producción pecuaria a la acuicultura (cría de peces) y a la cunicultura (cría de conejos).

Durante 2015 se logró una producción récord de carne con 6.2 millones de toneladas (en canal), lo que significa 276 mil t (4.6%) más que las obtenidas en 2012, debido al aumento en la cría de porcino (6.8%), aves de corral (6%) y bovino (1.3%). También hubo un incremento significativo en la obtención de huevo, leche, miel (14.5, 4.7 y 5.1%, respectivamente), y en la producción acuícola (11% de 2014 a 2015). Por todo lo anterior, México se ha posicionado como un importante productor de proteína de origen animal en el mundo, ocupando el séptimo lugar (SAGARPA, 2016a).

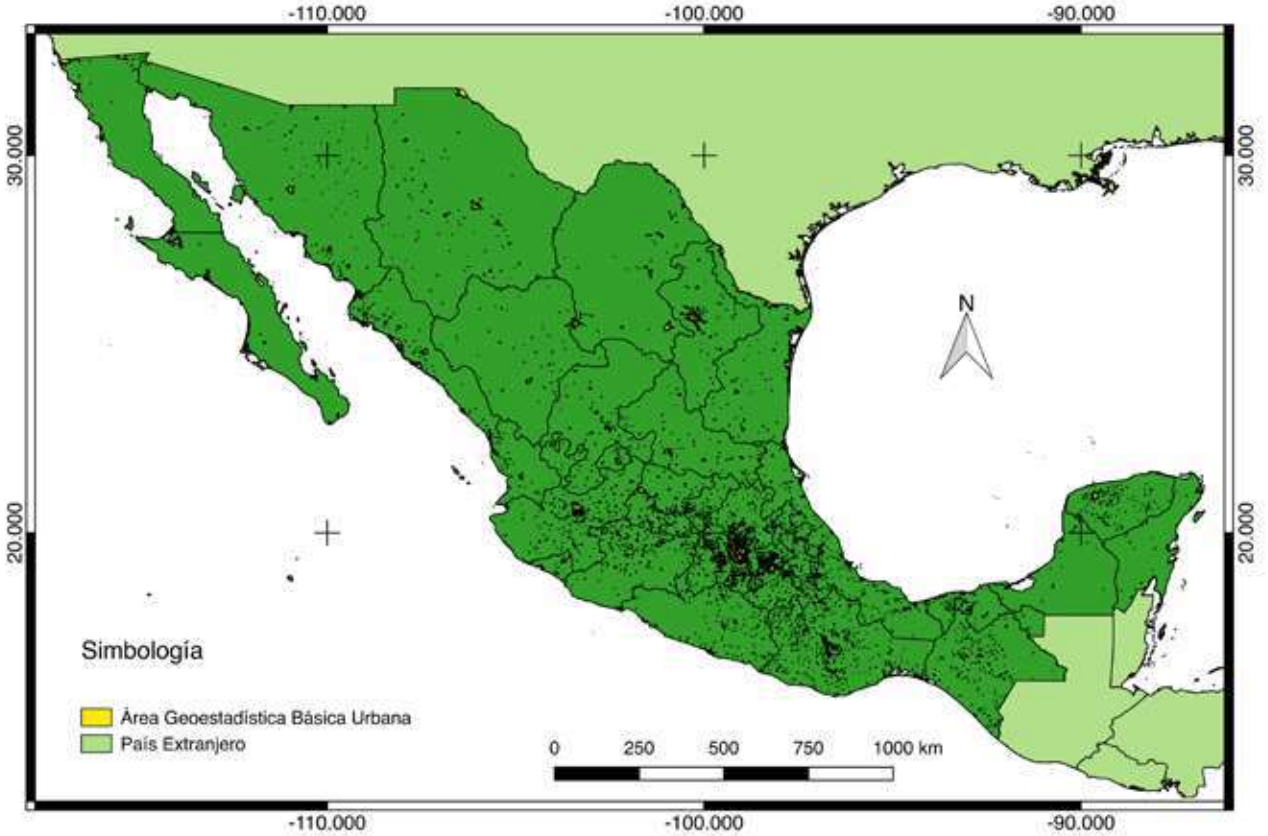
d. ¿Es autosuficiente el país en cuanto a agricultura?

La seguridad alimentaria siempre ha sido una prioridad en las políticas del Estado mexicano. Sin embargo, año con año la seguridad alimentaria es muy vulnerable a variaciones por cuestiones climáticas, de política agrícola interna y condiciones económicas internacionales.

México había sido un exportador neto antes de la década de los 80, pero se convirtió en un importador de alimentos y productos a finales del siglo XX. Desde mediados de los 90 y hasta 2008-2010, las importaciones agrícolas se incrementaron en 201%. La autosuficiencia para maíz, trigo, soya, algodón, arroz, carne de cerdo, res y pollo, ha declinado en los últimos años (UNCTAD, 2013). Es hasta el año 2015 cuando se logra un balance comercial positivo por exportaciones agrícolas (SIAP, 2016).

La balanza comercial agroalimentaria reportada por la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en 2015 indica un saldo superavitario para México. Los principales productos de exportación, para los cuales el país es autosuficiente, son hortalizas y frutas con 28 y 25% del valor total de las exportaciones (primordialmente jitomate, pepino, limón, aguacate, chile, fresas y *berries*, plátano y sandía). Sin embargo, el país es deficitario en cereales, carne, semillas y oleaginosas, los cuales se importan principalmente de Estados Unidos de América (EUA) (SAGARPA, 2016b).

Figura 2. Mapa de México que muestra la extensión territorial de las localidades urbanas (área geoestadística básica urbana; construido a partir de INEGI, 2016)



La producción nacional de maíz blanco –que se destina al consumo humano– se considera suficiente para satisfacer la demanda nacional. El consumo per cápita de maíz en México es aproximadamente 10 veces mayor que el de EUA (Serna-Saldívar y Amaya-Guerra, 2008), y en 2014 se produjeron más de 23.13 millones de toneladas de este maíz (FIRA, 2015). Sin embargo, la producción de maíz amarillo –que se utiliza principalmente como forraje y en la industria– es insuficiente. En promedio se importan anualmente más de 10 millones de toneladas, la gran mayoría de EUA (FIRA, 2015). Lo mismo ocurre con la soya que se consume en el país, ya que 91.9% se importa, representando cerca de 3.9 millones de toneladas que se destinan para nutrición animal.

e. Tendencia hacia la urbanización

En México, el crecimiento urbano que hace referencia a los cambios en el área, población y densidad de las ciudades, se puede describir en tres etapas: 1) de 1900 a 1940, caracterizada por un fuerte predominio rural y un crecimiento urbano relativamente lento; 2) de 1940 a 1980, con un tránsito acelerado al predominio urbano con altos niveles de concentración; y 3) de 1980 a la actualidad, con un crecimiento urbano más moderado y diversificado al interior del país (CONAPO-SEDESOL, 2012). La población urbana se distribuye entre un conjunto de 384 localidades, que conforman el Sistema Urbano Nacional (SUN), las cuales son de diferente tamaño y van en un contínuum desde pequeñas ciudades (entre 15 y 99 mil habitantes), ciudades intermedias (entre 100 y 999 mil habitantes) y aquellas de gran tamaño (un millón o más de habitantes) (Sobrino, 2011).

Mientras que en 1950 poco menos de 43% de la población vivía en localidades urbanas, en 1990 se incrementó a 71% y, para 2010, casi 3/4 partes de la población (más de 86 millones) habita en alguna de las ciudades que conforman el SUN (**Figura 2**; Islas-Rivera *et al*., 2011). Claramente, Mé-

xico ha transitado de ser un país rural y agrario, a uno preponderantemente urbano, mediante el crecimiento demográfico de las ciudades debido a la migración de la población rural e indígena hacia las grandes urbes y las ciudades intermedias (Rosas-Rangel, 2009).

f. Impactos de la migración

México ha experimentado un desplazamiento masivo de mano de obra rural a las ciudades del país y de EUA. Se estima que entre 1990 y 2002, la población rural mexicana que trabajaba en EUA aumentó de 7 a 14% (Mora *et al*., 2005). La migración rural se ha incrementado; en 1995, el flujo de personas captado por la Encuesta sobre Migración en la Frontera Norte de México (EMIF-Norte) fue de 276.8 mil personas, mientras que en 2007 fue de 542.1 mil (máximo histórico al sumar 12.6 millones), descendiendo en 2009 a 328.3 mil personas por la crisis de EUA. Actualmente, las estimaciones de la organización Pew Hispanic Center (PHC) indican que hay 11.1 millones de migrantes mexicanos (Arrazola-Ovando y López-Arévalo, 2012).

La edad promedio de los trabajadores agrícolas migrantes está por arriba de los 30 años y poseen baja escolaridad. La mayoría elige la agricultura como nicho laboral, pues carece del dominio del idioma inglés y, en algunos casos, tiene un incipiente manejo del español –creciente participación de población indígena, principalmente del estado de Oaxaca–, y porque ya cuenta con un cierto nivel de especialización en las actividades agrícolas. También predomina la migración masculina frente a la femenina, en parte debido al endurecimiento de las políticas migratorias de los EUA (Zúñiga-Herrera, y Arroyo-Alejandre, 2006). Aun así, las mujeres que migran son principalmente contratadas para desempeñar actividades de limpieza y trabajo doméstico (Rojas-Rangel, 2009).

Estos flujos migratorios (del campo a las ciudades o al extranjero) provocan que la dinámica en las comunidades rurales de origen de los migrantes se vea modificada. Por ejemplo, el acceso de las mujeres a la tenencia de la tierra ha venido en aumento como resultado de la migración de los hombres (SIAP, 2016). En el mejor de los casos, la migración puede contribuir a mejorar las condiciones de vida de las comunidades expulsoras gracias al uso de las remesas y la transferencia de conocimientos (que aporta el migrante a la comunidad). Sin embargo, cuando la migración es más duradera, puede privar a las zonas rurales de mano de obra y dar lugar a la pérdida de competencias (Chávez y Campos, 2013).

g. Principales cultivos de exportación/ importación y mercados

De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), México figura entre las naciones que más productos agrícolas exportan. Debido a su variedad y calidad, las exportaciones agroalimentarias generaron un ingreso económico de 26,714 millones de dólares en 2015, superando incluso el ingreso generado por remesas, por exportación petrolera y por el turismo extranjero. Además, durante ese mismo año, las exportaciones sobrepasaron las importaciones por un saldo comercial positivo de 960 millones de dólares, situación que no se había logrado en 20 años.

Las principales exportaciones se dividen en cuatro tipos según el bien:

1. Agroindustriales: Corresponden a 51.4% de las exportaciones; en esta clasificación se encuentran productos como confitería, tequila, cerveza, pan, chocolate, frutas en conserva, azúcar y jugos de frutas.
2. Agrícolas: Corresponden a 40.9% de las exportaciones; se encuentran aquí el aguacate (México es líder mundial en la producción de esta fruta), jitomate, pepino, limón, chile, fresa, calabacita, plátano, zarzamora, cebolla, sandía y frambuesa.
3. Ganaderas y apícolas: Corresponden a 4.3% de las exportaciones; consideran productos como carne de porcino, carne de bovino y miel.
4. Pesqueras: Corresponden a 3.4% de las exportaciones; incluyen langosta, camarón, atún, sardina, cangrejo y ostra.

Los principales países a los que México exporta sus productos son: EUA, Japón, Canadá, Guatemala, Venezuela, Países Bajos, Reino Unido, Alemania, España y Colombia. Además, la existencia

de una red de 11 tratados de libre comercio con 45 países le genera a México un mercado potencial de 1,462 millones de personas, lo que incentiva la búsqueda de nuevas oportunidades y mejores condiciones para las ventas de productos de origen agrícola, pecuario y pesquero.

México importa en promedio más de 10 millones de toneladas de maíz anualmente (FIRA, 2015). Para 2015, las importaciones de este grano fueron de 11.97 millones de toneladas. Además, en ese mismo año, el país también importó otros productos como trigo (4.2 millones de toneladas), soya (3.9 millones de toneladas), arroz palay (876 mil t), carne de porcino (750 mil t), carne de ave (481 mil t), manzana (310 mil t), sorgo grano (220 mil t), cebada (168 mil t) y avena grano (142 mil t), entre otros. Las importaciones provienen principalmente de EUA, China, Canadá, India, Brasil, Argentina, Rusia y Australia (SIAP, 2016).

h. Principales retos agrícolas

En México, el problema central del sector agrícola es que este no se ha desarrollado sustentablemente. Esto es consecuencia de un bajo crecimiento de la actividad agropecuaria y pesquera, de la persistencia de la pobreza de las familias rurales, de la degradación de los recursos naturales en el sector, del entorno económico desfavorable y de la existencia de un débil marco institucional para generar políticas que contribuyan al desarrollo del sector. Existe un bajo desarrollo de capacidades técnico-productivas y empresariales. A esto se suma una innovación tecnológica deficiente, limitado financiamiento para actividades agrícolas y pesqueras. El entorno económico es desfavorable, con precios internacionales distorsionados y acceso limitado a mercados (FAO-SAGARPA, 2012).

En 2016 tuvo lugar en México la Cumbre de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica; como resultado del segmento de alto nivel, se adoptó la Declaración de Cancún, en la cual se reconoce la importancia de integrar la biodiversidad en distintos sectores de la actividad humana. Para el ámbito agrícola, la COP-13 reconoció la importancia de la diversidad biológica para la seguridad alimentaria, la nutrición, salud y bienestar humanos, así como su contribución a los procesos ecosistémicos y mitigación del cambio climático.

II. Entorno institucional

a. Sistemas Nacionales de Investigación Agrícola

México tiene un sistema de investigación y desarrollo que se puede dividir en infraestructura para investigación básica (o libre) e investigación aplicada (o dirigida), así como en programas de capacitación en agronomía, agricultura y biotecnología, desde el nivel técnico hasta programas de posgrado en aspectos básicos y aplicados. La SAGARPA cuenta con programas de apoyo para proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que ayudan tanto a instituciones académicas como a empresas. La SAGARPA también cuenta con un sistema de educación e investigación integrado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ocho centros de investigación regionales, cinco Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria y 38 campos experimentales; un centro de investigación y de posgrado (Colegio de Postgraduados), el cual, a su vez, cuenta con siete campus en diferentes estados de la República y dos universidades dedicadas a la formación de recursos humanos a nivel de licenciatura y posgrado: la Universidad Autónoma de Chapingo (UACh) y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Además de los principales centros de investigación agrícola mencionados, se encuentran: el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero y el Instituto Nacional de Pesca; entre los Centros Públicos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), está el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY). Todas estas instituciones planifican, organizan, generan y transmiten conocimientos científicos y producen una planta de profesionales, docentes, investigadores y técnicos, que orientan el aprovechamiento racional, económico y social de los recursos agropecuarios y la innovación tecnológica agroalimentaria.

En México está el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que realiza programas de mejora de los cultivos que indican en su nombre, para generar materiales adaptados a diferentes regiones del mundo, particularmente para América Latina y África. El CIMMYT es pro-

bablemente la única institución en México que implementa marcadores moleculares y genómicos para el mejoramiento genético.

Por otra parte, el CONACYT tiene varios programas de financiamiento para proyectos de investigación que apoyan los programas de investigación en instituciones académicas, algunos de los cuales atienden aspectos agronómicos y pecuarios. Además, el CONACYT cuenta con varios fondos sectoriales, incluido uno con la SAGARPA para la investigación y desarrollo en las áreas agrícola y pecuaria. La Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) también tiene un programa para el desarrollo de la bioseguridad y la biotecnología que apoya la investigación de organismos genéticamente modificados (GM), incluyendo cultivos.

Si bien existen numerosos programas de apoyo a la investigación científica y el desarrollo tecnológico, se carece de un plan que integre dichos programas, fijando de manera clara las áreas prioritarias y las metas deseables para periodos de al menos 10 años. Es también importante que se hagan más transparentes los mecanismos para otorgar los apoyos, sobre todo los manejados por la SAGARPA.

i. Capacidades de investigación que requieren mayor desarrollo

Se requiere fortalecer de manera urgente la cantidad y calidad de programas de mejoramiento genético de plantas y animales, incrementando el número de investigadores que trabajen en dicha área y que, además, sean capaces de incorporar las nuevas estrategias moleculares y genómicas que permiten acelerar el mejoramiento genético. La cifra de investigadores ha decrecido en los últimos años y los programas pasaron de ser altamente competitivos en las décadas de los 60 y 70, a ser poco competitivos y productivos en las últimas dos décadas, a pesar de algunos éxitos importantes pero aislados.

Si bien hay trabajos valiosos en el área de fitopatología en diversas instituciones, estos son poco efectivos para traducirse en sistemas de diagnóstico eficaz para los productores. La mayoría de los análisis se mandan hacer al extranjero o son realizados por laboratorios comerciales nacionales que usan kits de diagnóstico importados de otros países. Por lo tanto, es necesario fortalecer programas de investigación en el área de fitopatología no solo para detectar y caracterizar los patógenos que afectan a los principales cultivos del país, sino también para desarrollar kits de diagnóstico que identifiquen y diferencien los patotipos locales.

Aunque en México existe una infraestructura humana y física importante en el área de la biotecnología, esta infraestructura es insuficiente para abordar de manera efectiva todos los problemas de los principales cultivos agrícolas del país.

En el área de la biología animal se tiene un retraso más significativo que en la parte agrícola, ya que hasta hace poco se carecía de laboratorios que trabajan en las técnicas más modernas de reproducción e ingeniería genética en especies ganaderas. En 2015 se dio prioridad al desarrollo de la investigación y transferencia de tecnología pecuaria para desarrollar proyectos como el Centro de Referencia Genómica Pecuaria en Morelia, Michoacán, un laboratorio de referencia y de vanguardia tecnológica en materia genómica. Se espera que su operación marque un nuevo rumbo para la ganadería ya que, a través de su plataforma de análisis de ADN, permitirá incursionar en la selección genómica para mejorar las características del ganado en menor tiempo (SAGARPA, 2016a).

En el área de la salud animal se cuenta con investigadores competentes y con proyectos de investigación relevantes, pero no con los programas y los esquemas para diseñar y producir vacunas para las principales enfermedades de los animales que se producen en el país. Si bien hay varios grupos iniciando proyectos que utilizan las nuevas tecnologías de edición genómica, es urgente que México fortalezca sus programas en esta área para aprovechar de manera integral el gran impacto que pueden tener tanto en el mejoramiento genético vegetal como animal.

ii. Áreas de fortaleza local

Entre los centros de investigación más destacados en la biología molecular y la genómica de las plantas, se puede mencionar al Instituto de Biotecnología y al Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM; a la Unidad Irapuato y el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO), del Centro de Investigación y Estudios Avan-

zados (CINVESTAV); al CICY; al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica; y, entre las universidades estatales, a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, la Universidad Autónoma de Morelos y la Universidad Autónoma de Nuevo León. Existen otras universidades e institutos tecnológicos que tienen algunos grupos de investigación que hacen trabajos importantes en el área, pero son esfuerzos aislados más que programas institucionales.

En México, las principales fortalezas son: el estudio de la biología molecular de los procesos de desarrollo en plantas, las respuestas a factores ambientales y la asociación con simbiontes, bacterias fijadoras de nitrógeno y las micorrizas. También hay varios grupos destacados trabajando en el desarrollo de biofertilizantes y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, trabajos que, en algunos casos, han generado productos que son comercializados por algunas empresas nacionales. Un ejemplo de ello es la empresa Biofábrica Siglo XXI, S.A. de C.V. que comercializa biofertilizantes desarrollados en el Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM.

Un área en la que México destaca de manera particular es la de la genómica de cultivos agrícolas, tanto en el uso de los análisis transcriptómicos para examinar procesos biológicos de las plantas, en la respuesta a factores ambientales adversos, así como en la secuenciación y caracterización de genomas de cultivos originarios del país. El LANGEBIO en Irapuato, Guanajuato, ha destacado en esta área al haber secuenciado el genoma del maíz palomero, el genoma del frijol común, el genoma del chile y del aguacate, entre otros.

iii. Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

Los diferentes centros de investigación en México cuentan con programas de colaboración tanto a nivel nacional como internacional. Muchas instituciones mexicanas tienen convenios de colaboración principalmente con instituciones americanas y europeas. En el caso del área agrícola, se puede destacar el programa UC-Mexus que otorga becas y donativos para investigación colaborativa entre investigadores de instituciones mexicanas con aquellos de las diferentes sedes de la Universidad de California, así como diversos programas de colaboración mediante convenios del CONACYT con universidades americanas y europeas que aportan fondos para visitas recíprocas con la finalidad de establecer programas de colaboración.

Las Redes Temáticas del CONACYT promueven la colaboración interdisciplinaria para atender problemas complejos en temas de interés nacional de manera articulada entre actores de la academia, Gobierno y sociedad. Estas redes agrupan a personas con interés de colaborar para atender un problema prioritario nacional. Cada red está coordinada de manera colegiada por un Comité Técnico Académico (CTA) en cinco áreas principales: Ambiente, Conocimiento del Universo, Desarrollo Sustentable, Desarrollo Tecnológico, y Energía, Salud y Sociedad. A partir de 2017 se reorientaron las actividades de los 27 Centros de investigación Pública del CONACYT para integrar 10 consorcios de investigación y desarrollo industrial, algunos de ellos enfocados al sector agroalimentario (Adesur-Acapulco para industria agroalimentaria; Agro-Hidalgo, Pachuca orientado a investigación y desarrollo; Intel-Nova, Aguascalientes y Mérida). Se prevé en 2018 contar con 18 consorcios consolidados.

iv. Acceso y mantenimiento a las bases de datos que monitorean los sistemas agrícolas

El SIAP, órgano desconcentrado de la SAGARPA, está a cargo de los sistemas de recolección, integración, muestreo, evaluación cuantitativa, organización, análisis y difusión de información estadística y geoespacial sobre el sector agroalimentario, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables, así como de integrar y actualizar el correspondiente acervo documental. Además, pone a disposición de la población una plataforma para realizar búsquedas en estas bases de datos. La SAGARPA también impulsa el uso de la tecnología a través de aplicaciones para documentar la información que deriva de las actividades agropecuarias, para lo que ha diseñado aplicaciones de libre acceso en dispositivos móviles que facilitan el acceso a la información del sector.

b. Universidades e institutos de investigación

i. Desarrollo científico e infraestructura

En cuanto a la infraestructura para investigación en México, los centros de investigación más com-

petitivos del país tienen equipamiento y facilidades similares a las de instituciones americanas o europeas. El CONACYT cuenta con un programa de apoyo para fortalecer a los centros de investigación mediante la adquisición de equipos o plataformas de última generación, incluyendo la compra de secuenciadores de ADN, microscopios y equipos de espectrometría de masas, entre otros.

ii. Capacidades en la investigación inter y transdisciplinaria, modelaje

Esta infraestructura, junto con el entrenamiento de personal a nivel de doctorado y posdoctorado en el extranjero, ha permitido un desarrollo constante de las capacidades científicas del país. Sin embargo, en México se tiene registrados a cerca de 30 mil investigadores, lo cual representa un universo muy pequeño para un país de 120 millones de habitantes, y más si se compara con el número de científicos por cada mil habitantes de países desarrollados. Esto hace urgente que se promueva la creación de nuevos centros de investigación y desarrollo tecnológico para incorporar a los jóvenes que se están formando a nivel de maestría y doctorado, tanto en instituciones nacionales como extranjeras, para que puedan desarrollar sus capacidades en un ambiente que fomente la investigación transdisciplinaria, elemento que está desarrollado aún de manera marginal. Adicionalmente hay un gran número de universidades e institutos tecnológicos del país que ofrecen programas de licenciatura en carreras relacionadas con agronomía, zootecnia y biotecnología.

c. Desarrollo de la fuerza de trabajo capacitada y el estado de los sistemas nacionales educativos

En México existen varias decenas de programas de maestría y doctorado en especialidades agropecuarias y biotecnológicas, entre los que destacan algunos que son competitivos a nivel internacional, como son los que ofrece el Instituto de Biotecnología de la UNAM, los de biotecnología de plantas del CINVESTAV en Irapuato, los del CICY y los del Instituto Potosino de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Programas más clásicos, pero también de excelente calidad, son ofrecidos por el Colegio de Postgraduados, las Universidades Autónomas de Chapingo y Antonio Narro. Más de 150 alumnos de maestría y doctorado se gradúan cada año en estas áreas.

d. Contribuciones de los sectores público y privado

Se puede mencionar que son pocas las empresas mexicanas en el ámbito agropecuario o de biotecnología agrícola que tienen programas de investigación propios. Las compañías nacionales productoras de semillas tienen sus propios programas de mejoramiento genético y desarrollan sus propias variedades e híbridos. Sin embrago, las empresas semilleras nacionales capturan solamente entre 5 y 10% del mercado de semillas, mientras que las multinacionales controlan más de 90% del mercado de los principales cultivos que se producen en el país, incluyendo el maíz, el sorgo, el tomate y el chile, entre otros (COFECE, 2015). El sector público contribuye con la mayoría de los programas de investigación, sin embargo, existen muy pocos casos de transferencia tecnológica de instituciones académicas al sector privado o productivo. Esto se debe a múltiples causas, entre las cuales se podrían mencionar: la falta de cultura de la protección a la propiedad intelectual, el desinterés de los investigadores de llevar sus trabajos más allá de generar una publicación, el desconocimiento por parte del sector privado sobre la importancia de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación para ganar competitividad a nivel nacional e internacional, lo que se ve reflejando en un bajo nivel de inversión en estos rubros y la disociación entre resultados de investigación y necesidades productivas. Esto, a pesar de que existen varios incentivos por parte del CONACYT, la SAGARPA y otras dependencias del Gobierno Federal, así como de los gobiernos estatales que otorgan financiamiento completo o parcial para que las empresas desarrollen sus propios programas de investigación o para costear los de entidades académicas públicas o privadas.

e. Perspectivas futuras

A pesar de las carencias que aún tiene México para fortalecer sus programas de mejoramiento genético de plantas y animales, la generación de vacunas, la ingeniería genética de cultivos agrícolas y

de ganado, entre otras áreas estratégicas para el desarrollo del país, es claro que se cuenta con la infraestructura humana y material para despegar rápidamente en estos dominios. Para ello, se requiere la implementación de una política de Estado que defina las áreas estratégicas de oportunidad y los planes a corto, mediano y largo plazos para impulsar, consolidar y alcanzar competitividad internacional en los sectores que impactan el desarrollo agropecuario del país. Para ello, se necesita un plan estratégico que contemple un incremento de la inversión del Gobierno Federal de 0.5% que se invierte actualmente en ciencia, tecnología e innovación a por lo menos 1% de Producto Interno Bruto. Este plan deberá incluir las estrategias para facilitar y promover la transferencia tecnológica de instituciones académicas a las empresas, así como incentivar la participación de los científicos y tecnólogos en la creación de nuevas empresas de base tecnológica.

III. Características de los recursos y el ecosistema

a. El agua y los desafíos para los próximos 50 años

En México, los sistemas acuáticos continentales tienen una gran importancia desde el punto de vista ecológico (**Figura 3**). La ubicación geográfica y el relieve del país son dos factores que inciden directamente sobre la disponibilidad del recurso agua. Para propósitos de administración de las aguas nacionales, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha definido 731 cuencas hidrológicas. Los ríos y arroyos constituyen una red hidrológica de 633 km de longitud (**Figura 3**). Respecto a las aguas subterráneas, el territorio se divide en 653 acuíferos (CONAGUA, 2014; Toledo, 2010).

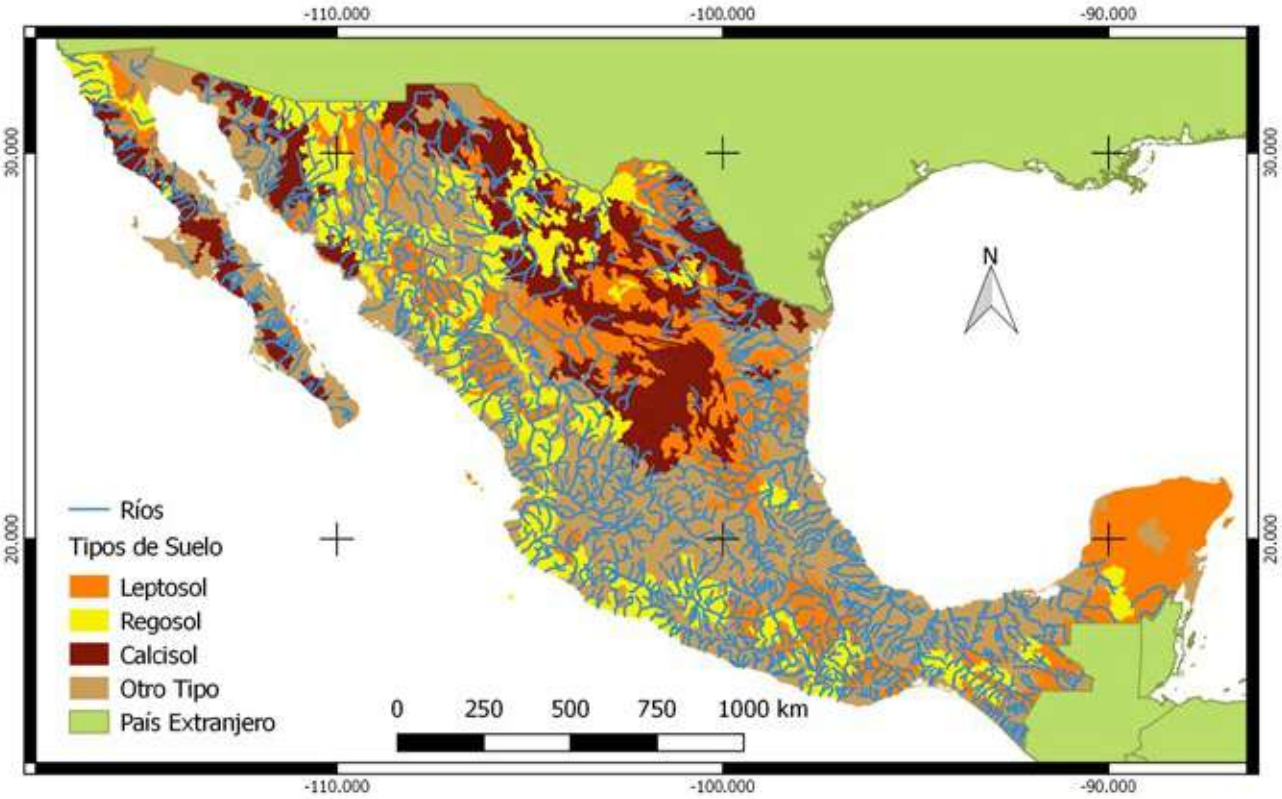
México recibe aproximadamente 1'489,000 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación al año. Se estima que 71.6% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, mientras que 22.2% escurre por los ríos o arroyos y el 6.2% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Respecto del consumo de agua en el país, el sector agrícola utiliza 76.7% del recurso; en abastecimiento público se emplea 14.2%; en energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad), 4.9%, y en la industria, 4.2% (CONAGUA, 2015). El agua renovable per cápita, disponible a nivel nacional es de 3,736 m^3/hab/año (en un rango de entre 19,078 m^3/hab/año y 150 m^3/hab/año). Sin embargo, como resultado del crecimiento poblacional, el agua renovable per cápita a nivel nacional, disminuirá de 3,736 m^3/hab/año a 3,253 m^3/hab/año para 2030 (SEMARNAT, 2012; CONAGUA, 2015). Se estima que en algunas regiones solo se alcanzarán niveles cercanos a los 1000 m^3/hab/año, lo que el índice Falkenmark (OECD, 2013) califica como una condición de escasez. En mayor riesgo estarán aquellas regiones donde los niveles sean menores a 500 m^3/hab/año, lo que considera condición de absoluta escasez (CONAGUA, 2015). Para reducir la decreciente tendencia en la disponibilidad de agua per cápita en México es urgente que se implementen sistemas de riego y se evite el riego a cielo abierto.

Además, la escasez de agua puede verse potenciada por el impacto del cambio climático. En algunas regiones del norte, el aumento de temperatura disminuiría la humedad residual en el suelo durante los meses secos. Si para 2050 hay un incremento en la temperatura de entre 2 y 3°C, la humedad en el suelo podría reducirse a la mitad de la actual. Tal condición tendría serias implicaciones para la agricultura de la región, pues demandaría mayores extracciones de agua y, con ello, mayor sobreexplotación de los mantos acuíferos (Magaña-Rueda, 2006).

b. Suelo

En México existe una gran variedad de suelos que se han formado a lo largo de miles de años debido a la interacción del clima, la orografía de origen volcánico, el tipo de roca madre y los seres vivos (**Figura 3**) (SEMARNAT, 2012; Toledo, 2010). Debido a la importancia de los suelos en la estrategia alimenticia mundial, su fertilidad es un asunto prioritario. México carece propiamente de una estrategia nacional integral de suelos. Sin embargo, existen programas operados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la SAGARPA y la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), que

Figura 3. Mapa que muestra los principales tipos de suelo presentes en México (construido a partir de CONABIO, 2001), complementado con la red hidrográfica (CONABIO, 1998)



brindan apoyo económico y técnico a los productores, para realizar obras de conservación, restauración de suelos, manejo de tierras y control de la erosión (SEMARNAT, 2012).

En México se encuentran 26 de los 32 grupos de suelos reconocidos (IUSS, 2007). Domina el grupo de los leptosoles en 25% del territorio, que se caracteriza por ser de poca profundidad y de alta pedregosidad (**Figura 3**); son propios de las zonas serranas y áridas, y resultan poco aptos para la agricultura. El siguiente grupo en importancia es el de los suelos regosoles (19%), los cuales son muy someros y se ubican en zonas áridas (**Figura 3**). También en zonas áridas tienen presencia los calcisoles (18%), que tienen contenidos calcáreos y presentan pastos, hierbas y arbustos, lo que los hace aptos para la ganadería de pastoreo; pueden utilizarse en agricultura de temporal con cultivos tolerantes a la sequía, pero para aprovechar su potencial agrícola requieren de riego (CEDRSSA, 2015).

Los suelos del país están degradados en 64%, principalmente por erosión hídrica y eólica, pero sufren también pérdida de nutrientes, materia orgánica y organismos microscópicos, así como compactación, acidificación y otros procesos adversos, por ser utilizados continuamente (Hernández-Rodríguez *et al*., 2009).

c. Retos en energía

Una de las iniciativas más importantes y significativas en los últimos 25 años, por su peso histórico, político y cultural, además de sus profundas consecuencias económicas y sociales, es la Reforma Energética de México. Dicha reforma busca consolidar políticas públicas y estrategias para fortalecer al sector energético nacional que se encuentra en una etapa de grandes desafíos, cambios y transformaciones (Sánchez-Cano, 2014). En los últimos años, Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) han sufrido abandono y deterioro en su infraestructura a

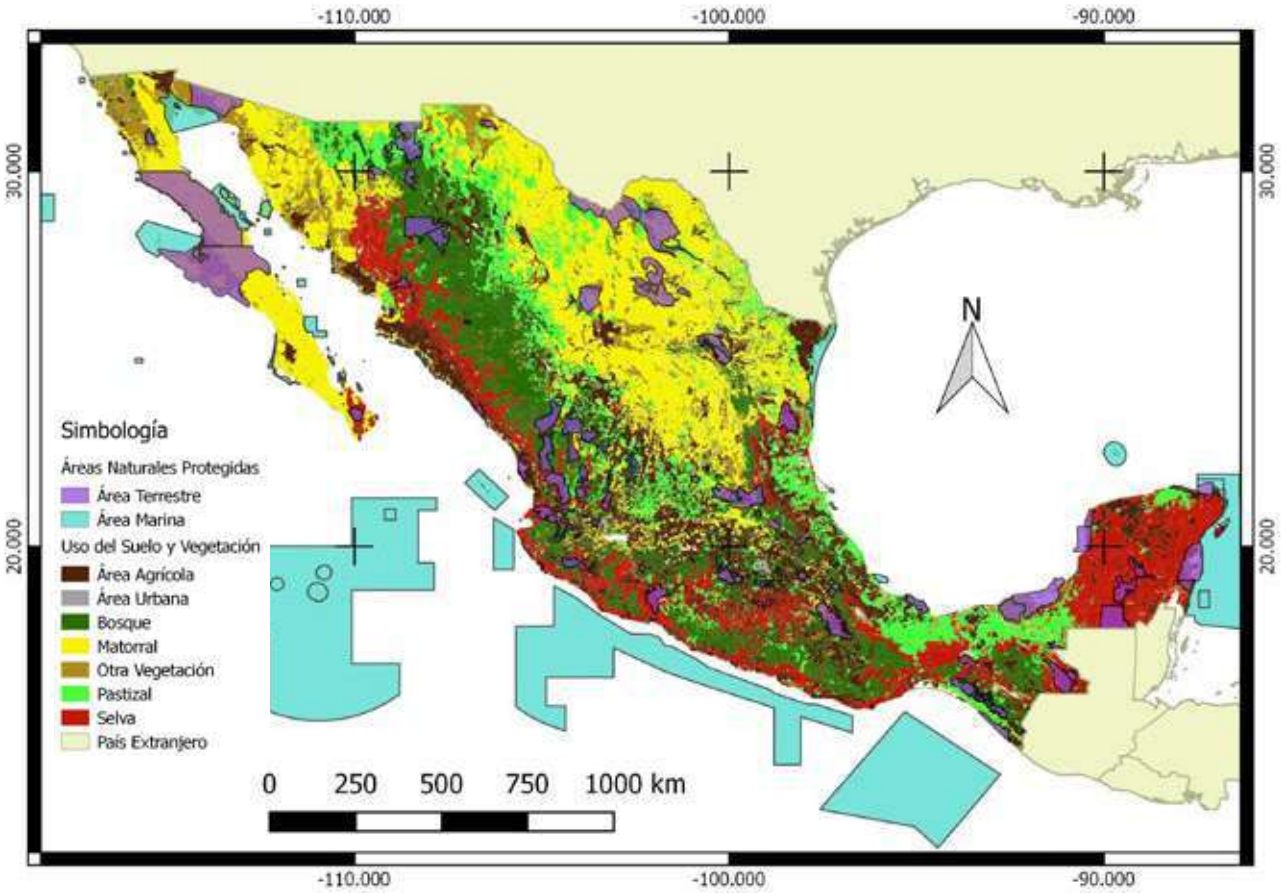
tal grado que, a pesar de que México tiene gas en el subsuelo, aquel se importa; tiene petróleo, pero importa sus derivados: gasolina, diésel, turbosina, gas licuado de petróleo (LP) y petroquímicos (SENER, 2014).

El informe anual de PEMEX muestra que la extracción de petróleo continúa disminuyendo (se ubica en 2.5 millones de barriles diarios) y enfrenta grandes dificultades para su estabilización (Sánchez-Cano, 2014). En materia de energía eléctrica también se presentan grandes retos, ya que las poblaciones de más de 100 mil habitantes registran una electrificación superior a 99%, pero en las localidades más pequeñas y marginadas (con menos de 2,500 habitantes) esta cifra es de 93.5% (Sánchez-Cano, 2014). Aunado a esto se estima que la demanda de energía en 2050 será 112% mayor (OECD, 2012).

d. Conflictos y desafíos de la biodiversidad

México cuenta con una gran diversidad de ecosistemas dada su ubicación, relieve, climas e historia evolutiva, lo que lo coloca entre los primeros cinco lugares a nivel mundial en biodiversidad. Esta megadiversidad ofrece muchas oportunidades de desarrollo y, a su vez, una gran responsabilidad para su conservación y uso sustentable. Como en el resto del mundo, el principal mecanismo de conservación *in situ* de la biodiversidad son las Áreas Naturales Protegidas (**Figura 4**). El país tiene un Sistema Nacional de Áreas Protegidas con una superficie superior a los 17 millones de hectáreas, en las que se alojan 45 reservas de la biosfera, 66 parques nacionales, 40 áreas de protección de flora y fauna, 18 santuarios, ocho áreas de protección de los recursos naturales y cinco monumentos nacionales (CONANP, 2017).

Figura 4. Mapa de la República Mexicana con información de los principales tipos de uso de suelo y cobertura vegetal (construido a partir de INEGI, 2013). Sobrepuestas, se encuentran las Áreas Naturales Protegidas terrestres y marítimas (CONANP, 2017)



i. Conflictos asociados con la sobreexplotación de recursos naturales

La destrucción del hábitat y la sobreexplotación de flora y fauna (extracción ilícita y mal manejo) son las principales causas de pérdida de la biodiversidad. Por ejemplo, en México existen aproximadamente 500 especies de importancia pesquera (CONABIO, 2014), pero la extracción se ha concentrado en pocas especies. Solo ocho pesquerías comerciales representan más de 40% del volumen de producción y del valor de la captura nacional (INAPESCA, 2014). Además, se estima que 22.5% del total de pesquerías del país están sobreexplotadas, 63.3% han llegado a sus límites de captura y solo 14.2% todavía tienen potencial de producción (CONABIO, 2006). El excesivo esfuerzo pesquero está conduciendo a la desaparición de numerosas especies marinas. Ejemplo de esta problemática es el caso de la vaquita marina (*Phocoena sinus*) que se encuentra en peligro de extinción debido a la sobreexplotación de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), que tiene demanda en el mercado internacional.

Otro ejemplo de sobreexplotación en México es el caso de las cactáceas. Al tener múltiples usos existe una alta demanda, la cual se ha abastecido con la extracción de individuos y semillas de su hábitat natural, afectando las poblaciones y colocando a muchas especies en situación de riesgo (Becerra, 2000). México cuenta con 913 taxones de cactáceas (especies y variedades), de los cuales 57% son endémicos y 30% se encuentran en alguna categoría de riesgo (Jiménez-Sierra, 2011).

ii. Pérdida de la diversidad génica

Actualmente, los recursos fitogenéticos constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria y son elementos clave para el mejoramiento de los cultivos agrícolas a través del mejoramiento genético convencional y mediante técnicas modernas de biotecnología. Todas las naciones dependen en gran parte de los recursos fitogenéticos de otros países para la alimentación y el desarrollo agrícola sostenible (Debouck *et al*., 2008). El 15.4% de las especies que se consumen como alimento en el mundo es originario de México (CONABIO, 2006) por ser centro de origen y diversificación, por ejemplo, maíz, chile, frijol, calabaza, jitomate, aguacate, nopal tunero, cacao, henequén, vainilla, tabaco y algodón, entre otros (Ramírez *et al*., 2000). Sin embargo, las políticas de producción agrícolas y pecuarias del país no han favorecido de manera directa la conservación de esta riqueza, debido principalmente a la ausencia de incentivos que promuevan la diversificación de los cultivos agrícolas, y a la dificultad de generar mercados de productos de razas nativas.

e. Tendencias forestales

México tiene 65.6 millones de hectáreas de bosques de clima templado y selvas que abarcan de 30 a 35% del territorio nacional (CONABIO, 2014). La superficie forestal se integra por 51.1% de bosque y 49.9% de selva. La CONAFOR estima que alrededor de 21.6 millones de hectáreas de bosques tienen potencial para la producción comercial sostenible. La remoción anual de madera es de 56 millones de metros cúbicos, de los cuales 64.3% corresponde al consumo de leña, 23.2% a la producción de madera industrial no autorizada y 12.5% a la autorizada (CONAFOR-FAO, 2009; FAO, 2010). Los principales retos para el sector forestal en México son: disminuir la deforestación –el país ocupa uno de los primeros lugares en tasas de deforestación en el mundo– y aumentar la superficie reforestada; eliminar la tala ilegal; aprovechar con manejo sustentable el potencial de la producción maderable del bosque nativo; aumentar la producción sostenida de madera a través del impulso a las plantaciones forestales comerciales, como la agroforestería y el sistema silvopastoril (CONAFOR-FAO, 2009).

f. Impactos potenciales del cambio climático

En México se han observado diversas señales del cambio climático como son: i) el aumento de la desertificación en las regiones del norte del país; ii) aumento extremo de la temperatura; por ejemplo, en la Ciudad de México se ha incrementado en aproximadamente 4°C; iii) tormentas intensas, así como largos periodos de calor, y iv) pérdida de bosques y desaparición de glaciares nacionales ubicados en los volcanes Pico de Orizaba, Popocatépetl e Iztaccíhuatl.

g. Resiliencia a eventos extremos

México se encuentra sujeto a una gran variedad de fenómenos naturales que pueden causar desas-

tres. Al formar parte del Cinturón de Fuego del Pacífico es afectado por una fuerte actividad sísmica y volcánica. Dos terceras partes de su territorio tienen un riesgo sísmico significativo y existen 14 volcanes que se consideran activos (CENAPRED, 2001). Además, la ubicación del país en una región intertropical, lo hace vulnerable al azote de huracanes, que se generan tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico. Las tormentas que se producen durante la temporada de lluvias pueden ser intensas y ocasionar inundaciones y deslaves. De manera contraria, la escasez de precipitación pluvial afecta diversas regiones lo que, a su vez, puede dar lugar a sequías que impacten negativamente en la agricultura, la ganadería y la economía en general. Asociados a la escasez de lluvia, están los incendios forestales, que ocasionan pérdidas de la cobertura vegetal y daños diversos (CENAPRED, 2001). Aunque la sequía es el fenómeno de mayor frecuencia, la inundación es el que más puede afectar al sector agrícola cuando se presenta en zonas altamente productivas (SIAP, 2016).

La vulnerabilidad ante desastres naturales puede depender de muchas variables. Por ejemplo, una zona con una pendiente mayor a 25%, que está de frente a los vientos o lluvias (orientación de la ladera), con poca cobertura de suelo, infraestructura pobre y baja infiltración, se considera más vulnerable y con menos capacidad de recuperación ante un evento natural extremo (Altieri *et al*., 2011). Según un análisis reciente, los 20 municipios con menor resiliencia en el país se localizan en cuatro estados: Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero (CENAPRED, 2015).

h. Perspectivas futuras

La conservación y el manejo adecuado de la biodiversidad edáfica y biológica son fundamentales para el manejo adecuado e incremento de la fertilidad del suelo, y posibilitar la producción de alimento de forma sustentable sin comprometer los recursos naturales. Urge implementar programas de investigación para establecer sistemas de propagación *in vitro* que permitan satisfacer la demanda de las especies en riesgo, así como fortalecer las acciones de inspección y vigilancia en ANP. El Programa Estratégico Forestal 2025 desarrollado por la CONAFOR debe también estar articulado con los demás esfuerzos, como la Agenda del Agua 2030, la cual busca consolidar de manera definitiva el despliegue de una política de sustentabilidad en materia hídrica (CONAGUA, 2011).

La Reforma Energética incentiva la inversión en fuentes alternas de energía como la eólica y solar, lo que aunado a la implementación del marco normativo para mitigar el cambio climático que incluye la Ley General de Cambio Climático (INECC, 2016), apoyará soluciones para paliar la alta vulnerabilidad de la región.

Existen diferentes estrategias para reducir el impacto de los desastres naturales y generar resiliencia. Regular los asentamientos urbanos y mejorar la infraestructura puede disminuir las pérdidas generadas por los desastres. Otras acciones incluyen la reforestación, ya que los bosques interceptan los vientos y pueden tener un efecto protector. Además, los bosques maduros, cuyas raíces alcanzan mayor profundidad y anclaje, retienen el suelo, lo cual es importante para evitar derrumbes. La presencia de vegetación secundaria también aminora el nivel de erosión del suelo, así como las barreras y terrazas protegen el suelo de la erosión por escorrentía. La construcción de zanjas de infiltración o canales de drenaje son clave para desviar el exceso de agua, evitar inundaciones y disminuir la erosión y los derrumbes (Altieri *et al*., 2011). La conservación de manglares y arrecifes coralinos contribuye a evitar desastres costeros, y las prácticas agrícolas inteligentes de intensificación sustentable disminuyen la presión de ampliar la frontera agrícola

IV. Tecnología e innovación

a. El papel de la Biotecnología

Es evidente que los alcances de la biotecnología moderna abarcan prácticamente todos los sectores de la industria, muy particularmente de la industria alimentaria, química y farmacéutica. La biotecnología puede tener un papel preponderante en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias en México. Para ello se debe considerar que la biotecnología ofrece un amplio rango de plataformas tecnológicas con diferentes aplicaciones y no se restringe a la producción de organismos transgénicos o GM.

i. La agricultura vegetal

En el caso de la agricultura, el cultivo de tejidos para la propagación de especies cultivables como la papa, el agave y especies productoras de flores todavía no ha sido aplicado en su máximo potencial en México. Existen algunas empresas exitosas que propagan, por ejemplo, agave azul para la industria tequilera; sin embrago, aún existe un mercado abierto para muchos cultivos importantes. Se debe considerar la aplicación de marcadores moleculares y estrategias genómicas para hacer los programas de mejoramiento genético de los cultivos más ágiles y efectivos para reducir el tiempo y costo de la producción de nuevas variedades. Los marcadores moleculares son utilizados pero de manera incipiente en los programas de mejoramiento de instituciones públicas, mientras que algunas empresas productoras de semillas comerciales de maíz y otros cultivos inician el uso de estos marcadores y los dobles haploides en sus programas de mejoramiento. Varios laboratorios cuentan con secuenciadores de DNA con la capacidad de descifrar y anotar genomas de plantas; en este aspecto cabe destacar los programas de investigación del LANGEBIO que ha encabezado los programas de secuenciación de los genomas del frijol, el chile y el aguacate. Sin embargo, el uso de información genómica para programas de mejoramiento genético está apenas en sus inicios en México y solo lo ha establecido el CIMMYT para el mejoramiento del maíz y el trigo.

Existen esfuerzos de investigación y desarrollo de bacterias promotoras del crecimiento de plantas y de aquellas que mejoran la utilización de fertilizantes, conocidas como biofertilizantes. Esta área, aunque utilizada desde hace ya varias décadas, ha cobrado mayor relevancia en los últimos años por la urgente necesidad de reducir la aplicación de fertilizantes y plaguicidas. El estudio de los microbiomas de plantas, para entender cuáles consorcios de microorganismos pueden tener mayor influencia en la productividad y la resistencia a factores bióticos y abióticos, tiene un enorme futuro para desarrollar inoculantes más efectivos y específicos para cada cultivo que impacten en la productividad y reduzcan la aplicación de agroquímicos. Varios laboratorios en diferentes instituciones públicas de México ya están iniciando programas de investigación en el estudio de microbiomas de plantas estratégicas para la agricultura mexicana como son el maíz y el frijol.

La ingeniería de plantas en México ha tenido un auge relativo desde hace más de dos décadas, ya que el número de grupos de investigación para modificar genéticamente a diferentes especies vegetales ha ido en crecimiento durante ese tiempo. Si bien la mayoría de los grupos trabaja con plantas modelo, existen varios con la capacidad de hacer modificaciones genéticas en maíz, tomate, papa y frijol, entre otros cultivos. Dos de las limitantes para el desarrollo de la agricultura en México son: la deficiencia en programas de mejoramiento genético que usan las herramientas biotecnológicas más modernas y la dificultad regulatoria para aprobar el uso de transgénicos.

ii. La agricultura pecuaria

El mayor impacto actual en el sector pecuario se refiere a las aplicaciones de la biotecnología relacionadas con la salud animal. En las últimas décadas se ha desarrollado una amplia gama de productos terapéuticos de origen biotecnológico para el tratamiento de enfermedades en el medio veterinario, así como de auxiliares para su prevención. Dentro de los primeros se incluyen proteínas, anticuerpos, enzimas e incluso diversos procedimientos de terapia génica, mientras que los segundos incluyen kits de diagnóstico para identificar genes o proteínas marcadores de potenciales padecimientos o infecciones, así como vacunas. En general, el mercado de salud animal en México está controlado por 10 empresas transnacionales que se disputan un mercado de US$ 1,490 millones de dólares (FiercePharma, 2016). Este mercado corresponde principalmente a vacunas para las tres especies pecuarias más importantes en el país: aves, bovinos y cerdos, aunque existe igualmente un mercado importante en productos para mascotas. Las empresas en México se han establecido teniendo como estrategia la asociación con las compañías transnacionales, aunque a nivel estatal se han creado diversos organismos regulatorios como, por ejemplo, CANIFARMA.

Después del desarrollo de la insulina, la hormona de crecimiento fue el segundo producto de la biotecnología moderna. Esta proteína, en su variante para diversos animales (somatotropina bovina) se ha producido en diversos organismos GM,

empleándose en los sectores pecuario y acuícola. De hecho, en México se aprobó el uso de la proteína recombinante desde principios de los 90, para el incremento de la producción de leche en vacas (Bolívar, 2004).

Destaca el uso de probióticos y de estimulantes del sistema inmunológico como una alternativa ante la enorme preocupación y rechazo que la sociedad muestra ante el uso de antibióticos en la alimentación de prácticamente todas las especies. Asimismo, se cuenta con herramientas para hacer más eficientes los programas de mejoramiento genético, que incluyen la obtención del genoma y más concretamente métodos para el mapeo de factores de resistencia o de genes con propensión a enfermedades o a determinados defectos o características de los animales.

En este último aspecto, desde el siglo pasado existe la posibilidad de modificar genéticamente animales para mejorarlos. Sin embargo, la oposición a su introducción en el mercado alimentario, y la compleja regulación siguen siendo la gran limitante. En los últimos 30 años se han desarrollado más de una docena de animales GM incluyendo cerdos, vacas y salmón. Dada la situación que priva a nivel internacional este sector no ha sido desarrollado en México, o al menos no hay hasta la fecha ningún producto que haya sido sometido a instancias regulatorias. Es conveniente señalar que la enzima fitasa es producida por algunas empresas en México para ser agregada a los alimentos balanceados para monogástricos, entre otras aplicaciones.

Es importante señalar el potencial que representan las técnicas modernas de edición genómica como TALEN y CRISPR-CAS, de impacto en todos los ámbitos que afecta la biotecnología. En este caso se trataría de una edición genética que podría prescindir de introducir un gen ajeno al hospedero (McNutt, 2015; Hall, 2016).

Al igual que en otros sectores, la biotecnología moderna en el sector pecuario ha venido a dar un impulso muy importante a la industria ya establecida. A principios del siglo XXI se estimaba que en las primeras décadas se duplicaría el mercado de productos biotecnológicos del sector, con valor ya de varios miles de millones de dólares, proveniente de 2,500 productos disponibles para el tratamiento de casi 200 enfermedades específicas en animales. Sin embargo, el potencial más importante en el sector sigue limitado a la postura de un grupo de la sociedad que rechaza el consumo de animales GM.

iii. Plagas y enfermedades

Tanto en México como en la mayor parte de los países donde se ha autorizado la siembra de plantas modificadas genéticamente, las proteínas provenientes de *Bacillus thurigiensis* han permitido el control de las plagas de insectos más importantes de los cultivos comerciales. En términos ambientales, todos los reportes señalan las ventajas ambientales de insecticidas biológicos específicos, como las proteínas Cry, en relación con los pesticidas de amplio espectro referidos en *Primavera Silenciosa*, título del libro publicado hace medio siglo por Rachel Carson, en el que puso en evidencia el papel tóxico a la salud y al medio ambiente de los plaguicidas organofosforados, particularmente el DDT. De ese entonces a la fecha, se han detectado más de 450 tipos de artrópodos resistentes a uno o varios plaguicidas. Afortunadamente para los productores y para el medio ambiente, un nuevo paradigma en el control de plagas surgió con el uso de la biotecnología moderna y el desarrollo de plantas GM conteniendo los genes de las proteínas Cry (Heckel, 2012).

Después de dos décadas de uso de proteínas insecticidas en plantas GM en México (principalmente algodón) y en todo el mundo (algodón, maíz, soya y canola) se ha podido cuantificar el beneficio que representan los miles de litros de plaguicidas que se han dejado de utilizar como resultado del uso de plantas GM resistentes a insectos.

En casi todos los cultivos de algodón en el mundo, incluyendo México, se ha observado la eliminación de las plagas más devastadoras (Heliothis/Helicoverpa), demostrando que las proteínas Cry en las plantas GM, promueven servicios de biocontrol a la agricultura, e incluso permiten regresar a las semillas originales (Lu *et al*., 2012; SENASICA, 2016). Los beneficios económicos son evidentes, particularmente en países en vías de desarrollo, calculándose por ejemplo que, en 2015, casi la mitad de los ingresos derivados de la siembra de plantas GM se dio entre campesinos de estas naciones (Brookes y Barfoot, 2017). En el caso específico de México, tras 20 años de siembra de

algodón GM, la ganancia para los productores se estima en US$ 500 millones de dólares, sin tomar en cuenta el beneficio para la salud y el medio ambiente al evitar el uso de agroquímicos tóxicos. El insecticida que no se ha utilizado, ha evitado aplicar entre 0.21 y 0.85 kg/ha de ingredientes activos de plaguicidas. Otra ventaja indirecta asociada con la reducción de plagas es la presencia de micotoxinas en plantas infectadas. En el caso de México esta ventaja aún no aplica, dado que no hay siembra de otros cultivos GM resistentes a insectos.

En México, varios cultivos clave son afectados desde el punto de vista económico y social por plagas muy dañinas, como las del limón –una bacteria responsable del Huanglongbing (HLB)– o del café –el escarabajo barrenador, *Hypothenemus hampei*–. Es prioritario incorporar al control biológico herramientas de la biotecnología moderna como el uso del RNA de interferencia (RNAi), que será una vía de urgente tránsito en la lucha contra las plagas y enfermedades que impactan la agricultura.

Para el escarabajo colorado de la papa, una plaga que afecta a este cultivo en todo el mundo, existe ya una estrategia basada en esta herramienta molecular. Destacan aquí igualmente desarrollos en América Latina como el de variedades de frijol resistentes al virus dorado, transmitido por la mosquita blanca, por parte de la empresa estatal de Brasil. En México, el principal reto sigue siendo la reducción de la cantidad de plaguicidas empleados en la agricultura, y particularmente en el maíz para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) contra el cual se aplican anualmente 3,000 t de ingrediente activo. Le siguen otros lepidópteros como el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y el gusano elotero (*Helicoverpa zea*) para cuyo control también se realizan de una a tres aplicaciones de insecticida cada temporada (Blanco *et. al.*, 2014).

b. Perspectivas para los productos agrícolas novedosos

Dentro de las tecnologías que se han desarrollado en México usando la modificación genética de plantas, destacan la producción de plantas tolerantes a la sequía por un grupo del CINVESTAV en la Ciudad de México, así como la producción de plantas que requieren menos fertilizantes y herbicidas para su óptima productividad, desarrolladas por investigadores del CINVESTAV en Irapuato.

La estrategia para generar plantas con mayor tolerancia a la sequía está basada en incrementar el contenido de trealosa, un disacárido que se ha asociado en muchos sistemas biológicos con la tolerancia a la pérdida de agua. El aumento de la concentración en plantas fue poco exitoso mediante la sobreexpresión de los genes que codifican las enzimas encargadas de su síntesis, por lo que el grupo de la Dra. Beatriz Xoconostle en el CINVESTAV de la Ciudad de México usó una estrategia para reducir la expresión de los genes que destruyen la trealosa, con lo que logró aumentar el nivel de esta en plantas de maíz, con lo que adquirieron una mayor tolerancia a la sequía.

Para el caso de crear cultivos que requieren menos fertilizantes se utilizó una estrategia novedosa basada en resolver el principal problema del uso de los fosfatos como fertilizante para promover el crecimiento de los cultivos. El problema principal es que los fosfatos reaccionan rápidamente con los cationes presentes en las partículas del suelo y se fijan fuertemente por adsorción quedando indisponibles para que las raíces de las plantas los absorban. Los fosfatos son la única forma química del fósforo que las plantas pueden usar. Para resolver el problema del fosfato, el grupo de investigación del Dr. Luis Herrera en el CINVESTAV Irapuato utilizó los fosfitos en lugar de los fosfatos, ya que aquellos no reaccionan con los cationes de las partículas del suelo y, por lo tanto, son mucho más accesibles para ser absorbidos por las raíces y, potencialmente, un fertilizante mucho más adecuado. El problema es que las plantas no pueden metabolizar el fosfito y por lo tanto no se pueden nutrir de esa fuente de fósforo. Para poder usarlo como fertilizantes se modificaron genéticamente las plantas para que el fosfito absorbido por la raíz fuera convertido en fosfato, es decir, convertir una molécula no metabolizable en un nutriente. Al implementarse, este sistema se puede fertilizar de manera selectiva al cultivo GM, con lo que se puede ahorrar hasta más de 50% del fertilizante y disminuir además el uso de los herbicidas para controlar el crecimiento de las malezas, ya que como son incapaces de utilizar los fosfitos como fuente de fósforo, no podrán crecer rápidamente y por lo tanto no afec-

tarán la productividad de los cultivos. Estos dos ejemplos son una muestra del potencial que tiene la investigación en biología molecular y la biotecnología de las plantas en México.

c. Oportunidades y retos para las nuevas tecnologías de manejo

Por razones de costo y para reducir los daños ambientales y ecológicos causados por la agricultura es fundamental reducir el consumo de agua y de agroquímicos. Mejores sistemas de riego y el uso de variedades mejoradas, incluyendo las genéticamente modificadas, representan una gran oportunidad para incrementar la productividad agrícola disminuyendo el impacto ecológico. Sin embargo, para lograrlo es necesario que se establezcan políticas públicas a largo plazo mediante fondos para promover el uso de sistemas de riego eficientes y el uso de semilla mejorada para todos los cultivos. Por ejemplo, el uso de los cultivos genéticamente modificados por diferentes razones ha estado paralizado por más de 20 años, muy a pesar de haberse aprobado una ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados hace más de 10 años.

d. Desarrollo de la acuicultura / recursos marinos

De entre los países que realizan actividades pesqueras, México pasó del 30° lugar en aportación a la captura total, como promedio del periodo 1950-1980, al 17° durante los últimos 20 años, y en la actualidad produce cerca de 1.5% del volumen total del planeta. Por otra parte, en relación con la acuacultura, se produjeron cerca de 151 mil t de productos cultivados en aguas marinas, dulceacuícolas y salobres, lo cual coloca a México en el 25° lugar a nivel internacional (CONAPESCA, 2010). Sin embargo, es importante resaltar que existen diferencias en la productividad a nivel regional. Las entidades del litoral del Pacífico son las que más contribuyen a la producción total en volumen de productos pesqueros y acuícolas, con un porcentaje promedio de 80%, seguido por el litoral del Golfo y el Caribe con 18 y 2.0% de Aguas Interiores, respectivamente (DOF, 2014).

En 2012, la actividad pesquera y acuícola aportó aproximadamente 0.18% al PIB. Estas actividades son fundamentales en la generación de alimentos con alto valor proteico para el consumo humano y por su contribución a la microeconomía. La producción nacional pesquera y acuícola en 2012 fue de 1.68 millones de toneladas, de las cuales 85% corresponden a la pesca y 15% a la acuacultura. En el país, seis especies aportan 69% del total del valor de la producción pesquera: camarón, tilapia, túnidos, pulpo, sardina y trucha (DOF, 2014).

El 79.7% del volumen acuícola lo aportan tres especies: mojarra, camarón y ostión. Existe un registro de 9,230 Unidades de producción acuícola con una superficie total de 115,910 ha, destacando que en 75% de esta área se cultiva solo camarón (CDRSSA, 2015b). Además, en los últimos diez años, la acuacultura en México ha presentado una tasa de crecimiento promedio de 3.4% y se identifica como una alternativa real para disminuir la presión sobre los recursos pesqueros silvestres. Aun así, la actividad acuícola tiene enormes retos de mejoramiento genético, de sanidad, calidad e inocuidad, y de elaboración y producción de dietas balanceadas que deben ser resueltos si se pretende su desarrollo sostenido, a fin de no depender de la importación de insumos (DOF, 2014) ni de la sobreexplotación de esta actividad.

V. Aumentar la eficiencia de los sistemas alimentarios

a. Perspectivas para los aumentos en la producción agrícola basados en la tecnología

En 2008, el JRC (European Union Joint Research Center) llevó a cabo un estudio sobre desarrollo biotecnológico en el mundo, tanto en el sector público como en el privado. Predijo que para 2015 habría 91 nuevos caracteres conferidos a las plantas ya en el mercado. Estos caracteres traerían protección ante plagas y enfermedades, resistencia a factores climáticos y propiedades nutrimentales adicionales, como la eliminación de caracteres tóxicos, en todo el mundo. Para 2014 solo había 16 nuevos caracteres en el mercado, fundamentalmente agronómicos y desarrollados por el sector privado.

¿Qué ha pasado con todas las expectativas relacionadas con mejoras a la calidad nutrimental, la

seguridad alimentaria y la inocuidad de los cultivos? Un estudio en 2012 entre quienes desarrollan tecnología en este sector concluye que, en promedio, cuesta US$ 136 millones de dólares y alrededor de 13 años llevar un producto al campo. Esto a pesar de las mejoras tecnológicas y la eficiencia en los procesos de transformación. Pero el costo y el tiempo involucrados en el proceso regulatorio se ha incrementado en 50% en la última década, dificultando la comercialización, aunque muchos de los desarrollos son del sector público y no implican pagos de regalías al productor.

Es de esperar que, vía la modificación de caracteres agrícolas, se dé un impacto indirecto en el efecto que tienen factores tales como la disponibilidad de agua y la temperatura. Si bien la agricultura de precisión está favoreciendo un uso muy controlado del agua y de nutrimentos en los cultivos, es probable que sean cambios en las propiedades fisiológicas de las semillas los que tengan un mayor impacto en la productividad a corto y mediano plazos. Es así como se encuentran reportes sobre el diseño de plantas más eficientes a partir de la modulación de la expresión de ciertos genes. En el caso del maíz, por ejemplo, la regulación de la expresión del gen *Plastochron1* que codifica para un citocromo c incrementa el rendimiento en biomasa y en semilla, alargando la duración de la división celular (Sun *et al*., 2017). Lo mismo puede suceder a través de modificaciones que logren una fotosíntesis más eficiente, o un mayor aprovechamiento del carbono.

b. Necesidades de infraestructura

Actualmente, México cuenta con más de 3 mil almacenes agrícolas, 1,133 centros de sacrificio animal, 89 puntos de venta de alimentos al mayoreo, 65 puertos pesqueros, 26,727 km de vías férreas, 389,345 km de red carretera y 3,093 presas para riego agrícola (SIAP, 2016). A pesar de esto, hace falta invertir en infraestructura para conectar los ejes troncales de distribución y hacer más eficiente la operatividad y la capacidad de los puertos. Asimismo, a nivel local se necesita consolidar las redes de acopiamiento de productos, de forma tal que se disminuyan los intermediarios y sean los productores quienes reciban los ingresos directos del proceso de comercialización.

También se requiere una mayor inversión para la reactivación del ferrocarril como medio más económico de trasporte de los productos agrícolas. Por último, se necesita invertir en infraestructura para hacer un uso eficiente del agua en el sector agrícola y contar con sistemas de riego por goteo, y de captación de agua de lluvia y niebla.

c. Estrategias para el uso de los alimentos y la minimización del desperdicio

Se considera que la industria alimentaria abarca 22% del total de la industria manufacturera a nivel nacional (COMECYT-FUMEC, 2009). Los estados con el mayor número de unidades económicas de alimentos procesados son: el Estado de México, Puebla, Oaxaca, la Ciudad de México y Veracruz (Terán-Durazo, 2015). La mayoría de empresas de alimentos se centra en la elaboración de productos de panadería y tortillería (31%); en segundo lugar se encuentran las industrias especializadas en el sacrificio, empacado y procesamiento de ganado y aves (22%), seguidas por aquellos establecimientos dedicados a la elaboración de productos lácteos (12.6%).

En cuanto al desperdicio de alimentos, se estima que en México se desaprovecha 37.26% de estos, equivalentes a 10.4 millones de toneladas al año, generando una pérdida de más de 100 mil millones de pesos. Algunas de las causas del desperdicio pueden ubicarse en la cadena de valores, por falta de certificaciones, ausencia de estándares de calidad, administración ineficiente, malas prácticas, sistemas inadecuados de empaques, transporte, distribución y almacenaje, o por falta de capacitación. También el consumidor es responsable del desperdicio, debido a compras excesivas o al manejo inadecuado de la mercancía (FAO, 2015). Para enfrentar este problema, el Consejo Nacional de la Cruzada contra el Hambre 2016 presentó varias estrategias para reducir las pérdidas de alimentos: la conformación del Grupo Técnico de Pérdidas y Mermas de Alimentos, la ejecución del proyecto "Creación de Cadenas Productivas en las Costas de México", el apoyo a la investigación de soluciones técnicas y prácticas al desperdicio de alimentos, y la distribución de los alimentos recuperados en las zonas más pobres del país, con apoyo de la Asociación de Bancos de

Alimentos de México, integrada por 60 bancos en 29 estados (SEDESOL, 2016). Se deberá evaluar cuidadosamente la implementación de estas estrategias y su efectividad.

d. Conflictos entre la producción de alimentos y de energía

El conflicto que surge dada la necesidad de lograr la autosuficiencia alimentaria incrementando la producción de alimentos y la búsqueda de fuentes alternas de energía renovable a partir de materias primas agrícolas, es de naturaleza global (Ajanovic, 2011; Graham-Rowe, 2011). Sin embargo, el conflicto se hace particularmente crítico en un país como México, donde el maíz constituye la base de la dieta, pero al mismo tiempo, junto con la caña de azúcar, es la mejor opción para la producción de biocombustibles de primera generación. A esto se agrega el hecho de que el crecimiento económico del país –por décadas sostenido por las exportaciones petroleras– se ha visto fuertemente afectado por la reducción de la capacidad de producción, debido al agotamiento de los pozos más importantes, y por la caída del precio internacional del barril de petróleo.

A pesar de la necesidad de sustituir de forma paulatina la energía fósil por la renovable, en busca de un equilibrio entre el uso del suelo para el abasto alimentario y el dedicado a la producción de insumos energéticos, el Congreso de la Unión expidió el 1 de febrero de 2008 la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos, que desde la óptica gubernamental pretendía proteger la soberanía y la seguridad alimentarias y evitar el riesgo de desabasto. Sin embargo, se trata de un instrumento controversial, ya que paradójicamente inhibe la promoción de bioenergéticos y ha limitado la adopción en México de modelos de abasto energético sustentable. A esta situación se añade no solo el bajo precio del petróleo en el mercado internacional, sino también el desarrollo de técnicas de recuperación vía fracturación hidráulica (*fracking*) que han dado independencia energética a los EUA, aunque desde el punto de vista de la sustentabilidad esta tecnología represente un retroceso.

En principio, la ley pretendía fomentar el desarrollo del mercado, la promoción de esquemas de participación y la libre competencia en este sector. Se creó la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos, conformada por la Secretaría de Energía (SE), la SAGARPA y la SEMARNAT, confiándoles a las dos primeras la expedición de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y de permisos y, a la tercera, la atención de los pasivos ambientales provocados por la producción, transporte y comercialización de bioenergéticos. Finalmente, la ley contempla los procedimientos, infracciones y sanciones relacionadas con el sector (Ampudia, 2008; Quadri, 2012).

Todo esto ha dado lugar a un complicado sistema de requisitos, con altos costos de transacción para los productores de insumos con propósitos energéticos (maíz, caña, rastrojos, oleaginosas, etcétera), desalentando el desarrollo y la innovación tecnológica. Es importante recordar en esta sección el bloqueo que hasta ahora se ha aplicado a la siembra de maíz GM de alto rendimiento, sin el cual se mantiene –en el mejor de los casos– la productividad que permiten las variedades criollas. Con la finalidad de obtener un permiso para la producción de biocombustibles a partir del grano de maíz, la SAGARPA expide un permiso únicamente cuando existen inventarios excedentes de producción interna del grano para satisfacer el consumo nacional. Para cultivos agrícolas distintos al maíz se requiere dar un aviso de siembra a la SAGARPA, así como manifestar que se cultivará exclusivamente en terrenos con uso de suelo agrícola y no se realizará el cambio de uso de suelo forestal a agrícola. Un hecho adicional es que en México existe una limitada disponibilidad de tierra para cultivo (aproximadamente 33%).

Se ha señalado que esta ley dio lugar a una norma inconstitucional, ya que afecta el derecho de propiedad y la libertad de industria de los productores de insumos agrícolas para bioenergéticos, así como de aquellos que los comercializan y consumen. En resumen, los altos costos de transacción generados por el régimen de NOM y de permisos previos, sumado a la imposibilidad jurídica de recurrir a los organismos GM para incrementar la productividad –aunque no fuese más que para uso industrial– han impedido que tanto el sector alimentario como el de los energéticos sustentables se desarrollen adecuadamente en el país. Indirectamente, se han favorecido proyectos

destinados a la producción de biocombustibles solo a partir de jatrofa, palma de aceite y sorgo como materias primas. Hace falta urgentemente una política clara y programas para promover estrategias alternas con el fin de producir biocombustibles con microalgas u otros organismos fotosintéticos que no competirían por superficies cultivables como el maíz o la caña de azúcar.

VI. Consideraciones relativas a la salud pública

a. Enfermedades transmitidas por los alimentos

Existe un amplio espectro de enfermedades de salud pública, siendo la gastroenteritis y la diarrea los síntomas más frecuentemente asociados con su padecimiento y atribuibles a diversos patógenos microbianos que incluyen bacterias, virus y diversos parásitos. Se habla, en cifras extraoficiales, de alrededor de 5 millones de casos de esta naturaleza al año. La susceptibilidad, severidad y letalidad de estas enfermedades depende de diversos factores, dentro de los que destacan el estado inmunológico de la persona, su condición nutricional, edad y algunos otros factores específicos para cada afección. Como es de suponer, las poblaciones más susceptibles son particularmente los niños menores de cinco años, mujeres embarazadas, personas de la tercera edad y, finalmente, aquellos que por alguna razón se encuentran inmunodeprimidos. Complicaciones adicionales pueden surgir cuando se padece de otras enfermedades, señaladamente de las asociadas al llamado síndrome metabólico y la diabetes.

De acuerdo con el Centro de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades, perteneciente a la Secretaría de Salud, en 2015 se registraron 5'345,571 casos de enfermedades infecciosas intestinales, mientras que hasta la semana 51 de 2016 el número disminuyó a 4'822,218 (Boletín Epidemiológico 2016). Entre los años 2011 y 2015, la mediana semanal de nuevos casos de trastornos intestinales fue de 62,311 casos. Las estadísticas incluyen padecimientos tales como el cólera, tifoidea, paratifoidea, salmonelosis, shigelosis, las infecciones mal definidas, la amibiasis intestinal, los abscesos hepáticos amebianos, las causadas por protozoarios, giardiasis y helmintiasis, principalmente. La diarrea es la afección más común asociada con la intoxicación por alimentos (salmonelosis, *E. coli*, estafilococos, etcétera), aunque existen padecimientos más peligrosos, como es el caso de la listeriosis, el botulismo, la toxoplasmosis y la hepatitis A, para la cual la edad es el componente más importante de morbilidad y mortalidad, pues se incrementa de manera directamente proporcional con este factor.

Los estados de la República con mayor incidencia de enfermedades gastrointestinales, en orden de importancia, son: la Ciudad de México, Jalisco, seguidos de Veracruz, Nuevo León y Chiapas. En contraparte, las entidades con menor afectación por estos trastornos digestivos son: Campeche, Tlaxcala y Quintana Roo, aunque se trata de datos totales que no toman en cuenta el tamaño de la población.

b. Sobrepeso y obesidad

Al igual que la mayor parte de los países del mundo, México vive una severa crisis causada por el sobrepeso y la obesidad, a grado tal que en 2016 la Secretaría de Salud emitió una emergencia epidemiológica por diabetes y obesidad dada la magnitud y trascendencia del problema. Las cifras son tan alarmantes como en el resto del planeta: según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2012), 71.2% de la población adulta de nuestro país (alrededor de 55'372,611 personas) padecía sobrepeso u obesidad, en tanto que 9.2% (7'154,888 personas) tenía diabetes. En concreto, 10 millones de mexicanos han sido diagnosticados con diabetes, ocupando el 9° lugar a nivel mundial. Sin embargo, la cifra puede ser mayor, ya que seis de cada 10 diabéticos, nunca se habían medido el azúcar en sangre sino hasta llegar a consulta, llevados por algún síntoma asociado. Se trata de una de las principales causas de muerte en el país, con un incremento logarítmico en la tasa de mortalidad, habiendo pasado de 2.0 a 70.9 defunciones por cada 100 mil habitantes, de 1930 a 2008. Se estima por parte de la Secretaría de Salud que, en la actualidad, fallecen al año

98 mil mexicanos por causa de la diabetes, dada su asociación con otras enfermedades como la hipertensión, neuropatía, nefropatía y aterosclerosis, siendo la diabetes la principal causa actual de ceguera, ya que dos de cada cinco diabéticos acaban padeciéndola. Los costos en el Sistema de Salud son muy altos si se considera que 14% de los diabéticos requieren de diálisis, 30% de los que generan pie diabético terminan con una amputación y 10% desarrollan neuropatías.

Es de conocimiento común que 90% de los casos de diabetes están asociados a malos hábitos alimenticios e inactividad física. En nuestro país la situación se agrava por la propensión del mexicano al consumo de azúcar refinada, principalmente a través de los refrescos (Hert *et al*., 2014). En efecto, México ocupa el primer lugar en el consumo de refrescos con 163 litros (l) al año per cápita, 40% por arriba del de EUA, en donde el consumo per cápita es de 118 l. El consumo se triplicó entre 1999 y 2006. Se estima que siete de cada 10 niños en comunidades rurales, ingieren el primer alimento del día acompañado de un refresco (Ávila-Nava *et al*., 2017).

Dado que una cuarta parte de la ingesta de calorías de los mexicanos proviene de los refrescos, las estrategias y campañas tendentes al cambio de hábitos de consumo se han enfocado preferencialmente a las bebidas azucaradas, muy particularmente entre la población infantil. Esto representa un serio conflicto social y económico, ya que este problema de salud pública está asociado con un cultivo que da sustento a más de dos millones de mexicanos que viven de la cosecha y el procesamiento de la caña de azúcar. En efecto, México es autosuficiente en azúcar de caña con una producción promedio de 52 ml toneladas/año (2004-2014), pero con serios problemas comerciales con los EUA en materia de exportación de excedentes. Este año (2017), incluso antes de ser revisado el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), la cuota de exportación de azúcar refinada hacia los EUA ha sido recortada sustancialmente, por lo que México solo podrá exportar azúcar no refinada. Por otro lado, la industria embotelladora de refrescos es una de las más poderosas dentro del sector alimentario y económico en el país (Clark *et al*., 2012).

c. Cambios esperados en el patrón actual de consumo (e implicaciones en la importación de alimentos)

Hacia la comprensión y el incentivo de cambios de actitud hacia el consumo. Emergencia de una nutrición personalizada

A partir del 1 de enero de 2014, en México se decidió aplicar un impuesto a las bebidas azucaradas de $1/l (peso mexicano por litro). En un artículo publicado en el *British Medical Journal*, después de un año de aplicar esta medida, investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública, en colaboración con investigadores de la Universidad de Carolina del Norte, llegaron a la conclusión de que las compras de refrescos embotellados se redujeron 6% con respecto al mismo periodo en 2014 (Colchero *et al*., 2016). Encontraron, además, que la reducción fue más importante entre familias de escasos recursos. Este estudio es pionero en la cuantificación del efecto de este tipo de políticas, llegándose a la conclusión de que, aunque el cambio es moderado, es fundamental mantener la aplicación y cuantificación del programa, particularmente para detectar de qué manera se ajustan los consumidores a la medida. La política debía acompañarse de una intensa campaña para evitar el acceso a bebidas azucaradas en las escuelas e introducción de bebederos de agua simple. Sin embargo, no hay aún datos relativos al cumplimiento e impacto de estas medidas.

La "Paradoja Hispánica", término acuñado por Kyriakos Markides para describir un fenómeno epidemiológico observado desde hace 30 años entre los hispanos en los EUA, trata del hecho de que los hispanos poseen una mayor longevidad, a pesar de pertenecer a un estatus socioeconómico desfavorable y de las dificultades de acceder al sistema de salud (Anonymous, 2015). El editorial se refiere a un reporte del Centro para el Control de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de los EUA, en el que se confirman las diferencias entre los hispanos y la población blanca. Los hispánicos mostraron un riesgo 24% inferior de padecer cualquiera de las 15 principales causales de muerte entre los habitantes blancos, primordialmente cáncer y enfermedades cardiacas. Esto no libra a la población del padecimiento de diabetes que, junto con enfermedades del hígado y muerte

por homicidio, son sustancialmente mayores entre latinos que entre los blancos, como lo es también el problema de obesidad. El artículo concluye señalando el hecho de que las autoridades sanitarias no pueden ignorar la salud de los hispanos, particularmente considerando la tendencia actual hacia una medicina personalizada y los factores de riesgo asociados con cada población. A este respecto, estudios específicos del Instituto Nacional de Medicina Genómica en México han dado a conocer factores genéticos de riesgo de diabetes asociados a los mexicanos. Se refieren a mutaciones específicas que no se observan en la población europea o asiática, o incluso en la de regiones del norte del país, pero sí en la indígena cora y maya, y en menor medida entre los zapotecas y otomíes.

Cuando se analiza la correlación que existe entre el diferencial de peso entre las poblaciones de México y EUA, y su evolución desde la firma del TLCAN, surge la pregunta de si en términos de salud pública este es un buen tratado para México. El porcentaje de mujeres obesas en 1988 era de 10% en México, contra 25% en los EUA; para 2006 pasó a ser de 32 y 35% en ese mismo orden (Young & Hopkins, 2014), es decir, se perdió la ventaja en materia de salud que daba su dieta a las mexicanas antes del TLCAN. La población hispánica, a pesar de constituir 11% de la población en EUA, contribuye con 33% del consumo de frijoles que, junto con el maíz, constituyen la base de la dieta del mexicano. En el consumo per cápita, los hispanos consumen de 4 a 5 veces más frijoles que la población blanca. Todavía se requieren estudios para determinar las causas que contribuyen a esta correlación.

En el caso del maíz, el consumo de tortilla en México disminuyó 30 kg anuales per cápita en la última década, fenómeno que se inició a partir de la eliminación del subsidio gubernamental al precio de esta, de acuerdo con información de industriales del ramo. En 1997, cuando se decidió eliminar el subsidio a la tortilla, el consumo anual promedio de este alimento era de 120 kg per cápita. Una década después, cada mexicano ingiere en promedio 90 kg de tortilla al año, es decir, 25% menos. Uno de los principales elementos de los que disponen las autoridades de Salud en México para contender con el problema de diabetes y obesidad es la recuperación de la dieta tradicional, con el rescate de cereales, vegetales, frutas y, en general, los platillos que la conforman. El hecho de que la cocina mexicana haya sido recientemente reconocida por la UNESCO como patrimonio de la humanidad, aunado con las innumerables evidencias del impacto benéfico de sus ingredientes en la salud, permite dar credibilidad y sustento a cualquier campaña de salud para los mexicanos.

VII. Consideraciones políticas

a. Programas públicos y subsidios en el sector agropecuario mexicano (distorsiones creadas por los subsidios y otras políticas agrícolas obsoletas)

En 1940, el Estado adoptó un papel preponderante en la regulación de las relaciones económicas, políticas y sociales para el campo, enfocando su actuar a procesos asistencialistas. La política agropecuaria de los años 1970-80 se basó en aumentar las intervenciones gubernamentales directas a través de precios de garantía y subsidios para la adquisición de créditos, insumos y consumo de alimentos dirigidos principalmente a productores de granos y oleaginosas. Se otorgaron apoyos para su almacenamiento, distribución y procesamiento, así como subsidios a los precios de la tortilla de maíz. La protección comercial mediante la aplicación de licencias de importación derivó en un pobre desempeño del sector agropecuario, ocasionando actividades de rentismo, desempleo e ineficiencia productiva (Yúnez, 2010). Estas políticas generaron distorsiones y discrecionalidad de los apoyos, limitando el acceso a determinados sectores de la población.

A raíz de la reforma constitucional de 1992, se modificó el Artículo 27 y se publicó una nueva Ley Agraria con dos propósitos: i) delimitar la expansión de la frontera agropecuaria debido al reparto de tierras y crecimiento de los minifundios, y ii) promover el mercado de las tierras pertenecientes al ejido debido al estancamiento productivo (Taylor *et al.*, 2007). Para ello se establecieron nuevos esquemas regulatorios con el objetivo de reducir el gasto público y administrativo del Estado, lo que reorientó las políticas federales en la materia. Al prevalecer los minifundios, la heterogeneidad de

condiciones en las unidades agrícolas productivas y las diferencias en el desarrollo de las entidades federativas, el sector resintió la falta de acceso a mercados, el retraso tecnológico, la baja productividad, bajos ingresos y el fenómeno de la migración del campo a la ciudad (FAO-SAGARPA, 2012). Como consecuencia, las políticas de fomento agrario se han diversificado a lo largo de los años hacia la atención de las necesidades de las unidades productivas, canalizando diferentes apoyos y subsidios (SAGARPA, 2017; FIRA, 2015).

En los años 90 se promovieron programas de combate a la pobreza rural y uso sustentable de los recursos naturales y se diseñaron políticas públicas para facilitar la transición del sector al contexto de libre mercado, en concordancia con la entrada en vigor del TLCAN. La Agencia de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) y sus diversos programas operan desde 1991 mediante subsidios a productores y compradores, principalmente de granos y oleaginosas. El Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) fue constituido en 1994 como un sistema para dar certeza a productores de bajos ingresos y eliminar las distorsiones ocasionadas por los apoyos de garantía. Su principal objetivo fue la reorganización de las actividades y la reconversión de cultivos, para transitar hacia variedades más competitivas y disminuir la dependencia en los cultivos básicos. Su intencionalidad incluyente restó precisión al instrumento. Debido a la falta de claridad en sus objetivos, el programa fue utilizado con interpretaciones en la transferencia de recursos para apoyar el ingreso corriente de los productores rurales, o bien, para fortalecer aspectos productivos de las unidades agrícolas. Los apoyos públicos privilegiaron las transferencias que atenuaran los efectos de la competencia internacional sobre los productores nacionales, siendo beneficiados mayoritariamente propietarios ejidales de superficie agrícola de temporal. Desafortunadamente, se mantuvieron la atomización del recurso en minifundios y el bajo desempeño de las unidades productivas agrícolas que recibieron apoyo.

La falta de precisión, problemas de focalización, apoyos poco pertinentes y la ausencia de articulación con otras políticas públicas del sector limitaron fuertemente los resultados (FAO-SAGARPA, 2015a). Algo similar sucedió con otros programas debido a su aplicación modular; la implementación generó desigualdades entre productores beneficiados y efectos negativos sobre los no-beneficiados, polarizando aún más al campo (Taylor *et al.*, 2007). La apuesta del Estado hacia un uso más eficiente de los recursos por aumentos en inversión y créditos bancarios no ha sucedido en su totalidad. Las evaluaciones a los programas de garantías indican que los sujetos de crédito han sido principalmente productores de los estratos de más altos ingresos, debido a que estos tienen menor dificultad para aportar los requerimientos de garantía que solicitan las instituciones de financiamiento (FAO-SAGARPA, 2015b). Persiste la estratificación productiva con sectores muy pobres que prefieren migrar del campo y continúa el proceso de reorientación de la oferta agrícola nacional hacia la producción de cultivos más competitivos para aprovechar las tendencias del mercado mundial. Positivamente, aquellos productores de autoconsumo que aplicaron los programas de forma concurrente lograron mejores desempeños (FAO-SAGARPA, Componente PROCAMPO y Componente Garantías).

A partir de 2001, un nuevo marco legal fomentó la concurrencia de programas para mejorar su eficacia e interrelación. El principal instrumento de política vigente es el Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC, 2012), que conjunta las políticas públicas en materia de desarrollo rural. Estructurado en nueve vertientes, bajo un esquema de corresponsabilidad intersecretarial, impulsa 10 proyectos estratégicos regionales multisectoriales alineados al Programa Nacional de Desarrollo y aprovecha el Sistema Nacional de Apoyos a los Programas Inherentes a la Política de Fomento al Desarrollo Rural Sustentable, contando con enfoques productivos, competitivos y sociales.

b. Promoción de la agricultura sensible a la nutrición para proveer dietas saludables y sostenibles, vinculada al uso de los recursos y costo de los alimentos

El acceso a la alimentación en México está catalogado en un nivel moderado de inseguridad alimentaria. A nivel nacional, 23.3% de la población tiene carencias en el acceso a la alimentación y, en zonas rurales, alcanza 32%. La Cruzada Nacional

contra el Hambre (2014) reconoce que la privación de alimentos es producto de un entorno socioeconómico complejo, multidimensional, que requiere de un enfoque integral y múltiples instrumentos de política pública en materia de alimentación, salud, educación, vivienda, servicios e ingresos.

En 2014 se creó el Programa Integral de Desarrollo Rural (PIDER) con el objetivo de atender los problemas de inseguridad alimentaria que padece un alto porcentaje de la población rural del país, a partir de la reagrupación de programas previos (CONEVAL, 2015). Su objeto es "contribuir a erradicar la carencia alimentaria en el medio rural mediante la producción de alimentos con un enfoque sustentable de la población en pobreza extrema en zonas rurales marginadas y periurbanas, con el propósito de que dicha población produzca alimento con un enfoque sustentable". En este marco, la SAGARPA y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) otorgan apoyos para estimular la agricultura familiar, proyectos productivos y servicios de asistencia. Por otra parte, se impulsa el componente del Programa Especial de Seguridad Alimentaria (PESA), colaboración FAO-SAGARPA orientada a lograr la seguridad alimentaria y nutricional de las familias de localidades rurales de alta y muy alta marginación. En 2016 se pusieron en marcha 26,036 proyectos productivos en beneficio de 207,762 familias de 8,594 localidades rurales en 923 municipios del país, con el apoyo de 332 Agencias de Desarrollo Rural (ADRS) y 12 Equipos Técnicos Multidisciplinarios (PESA-85; SAGARPA, 2016a). Habrá que evaluar los resultados obtenidos para determinar la efectividad de estos programas y definir si se deben continuar y extender en futuras administraciones.

c. Políticas que fomentan la investigación tecnológica

El gasto en investigación y desarrollo agropecuarios representa marginalmente 0.016% del PIB total. El gasto federal hacia la agricultura corresponde tan solo a 10.2% del presupuesto total asignado al PEC en investigación, desarrollo y transferencia de tecnología (CEDRSSA, 2017). La evaluación más reciente del CONEVAL indica un bajo efecto de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico en la productividad y su escasa aplicación a los procesos productivos. La limitada aplicación de innovaciones y conocimiento se suma a que no hay vinculación efectiva con las demandas y necesidades de los productores. En general, las políticas públicas en este ámbito se desarrollan de manera fragmentada y los objetivos de los programas existentes son demasiado amplios e imprecisos, lo que dificulta la eficacia de la inversión pública para investigación y desarrollo tecnológico en el sector (CONEVAL, 2015). Aun así, los componentes del PIDER abarcan el Desarrollo Integral de Cadenas de Valor para promover aspectos productivos y de asistencia técnica y capacitación, y la Extensión e Innovación Productiva para actividades de extensionismo en entidades federativas, vinculación con instituciones nacionales y extranjeras, capacitación y extensión de educación agropecuaria.

El CONACYT destina recursos a la investigación básica y aplicada a través de los fondos institucionales y del Fondo Sectorial CONACYT-SAGARPA para mantener el componente de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico Agrícola, orientado a solucionar problemas en la producción, industrialización o comercialización de productos, integrar la biodiversidad y modernizar la producción de cultivos agrícolas con maquinaria y equipo (SAGARPA, 2016a). Existen otros programas enfocados a enriquecer la competitividad y articulación de las cadenas de producción agrícola a través del mejoramiento de las capacidades técnicas y de investigación, así como del máximo aprovechamiento de entidades vinculantes, como el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable (SNITT), el Sistema Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Rural Integral (SNCATRI), las Redes Temáticas del CONACYT y las fundaciones PRODUCE, que promueven la vinculación entre las instituciones de investigación y los productores usuarios. Sin embargo, la falta de claridad de estos programas, la indefinición de prioridades estratégicas y la opacidad en los mecanismos para otorgar los apoyos, limitan su efectividad.

A partir de los diagnósticos sectoriales (CONEVAL, 2017) se observa que el estancamiento depende, entre otras cosas, de la mala calidad genética de las semillas y la baja inversión en innovación para mejorar las cadenas de valor. El programa Modernización Sustentable de la Agricultura

Tradicional (MasAgro) es un proyecto de investigación y desarrollo rural de la SAGARPA y el CIMMYT que promueve una intensificación sustentable de la producción de maíz y trigo en México. MasAgro desarrolla investigación y capacidades dirigidas a incrementar la rentabilidad y estabilidad de los rendimientos del maíz y del trigo. El Programa también busca aumentar el ingreso de los agricultores y la sustentabilidad de sus sistemas de producción mediante esquemas de investigación colaborativa, el desarrollo y la difusión de variedades de semillas adaptadas, y de tecnologías y prácticas agronómicas sostenibles.

Las opciones tecnológicas incluyen el desarrollo de estrategias productivas e innovaciones que utilizan biotecnología moderna. Estas últimas aplicaciones son sujeto de regulación a través de la LBOGM, la cual establece que se destinarán recursos a través del FONDO CIBIOGEM para impulsar proyectos de investigación, desarrollo e innovación en biotecnología, encaminados a resolver necesidades productivas específicas del país y que beneficien directamente a los productores nacionales (LBOGM, 2005).

d. Políticas que fortalecen los recursos humanos

En los años 90 se promovió la asistencia técnica privada con la absorción de costos entre el Gobierno y los productores. Este modelo de tercería necesita el desarrollo de servicios profesionales con personal capacitado y habilidad para fomentar la participación de los productores. En 2016 se contó con una plantilla de 3,836 extensionistas, beneficiando a 150 mil productores de 31 estados de los estratos E1, E2 y E3 (SAGARPA, 2016a). A través del Objetivo 2, el PEC "Fomenta la formación de capital humano de alto nivel, asociado a las necesidades de desarrollo del sector rural", por lo que se cuenta con el Programa de Educación e Investigación para el desarrollo de capacidades en educación y la formación de profesionistas en labores agropecuarias. Se ha buscado también consolidar la participación estratégica de las mujeres en el sector agrícola con programas de inclusión social y equidad de género. De 2011 a 2015, la participación de la mujer en labores productivas fue de 19.7% y su acceso a la tenencia de la tierra ha venido lentamente en aumento. Programas como PROMETE (Fondo para el apoyo a la productividad de la mujer emprendedora) están dirigidos a fomentar la participación femenina en proyectos productivos (SAGARPA, 2016b). Otros programas como PROSPERA educación, PROSPERA inclusión social, Jornaleros agrícolas y desarrollo de capacidades en educación, también se orientan a la capacitación de recursos humanos.

e. Políticas que rediseñan la ecología agrícola (uso de suelo, bioeconomía, etcétera)

El componente PESA da continuidad a los programas para el fomento de proyectos de ecología agrícola. Los beneficiarios reciben paquetes de apoyo a huertos y granjas familiares, capacitación y servicios técnicos proporcionados de manera directa, procurando un enfoque agroecológico. Los recursos se focalizan al desarrollo de huertos familiares y proyectos de agricultura de traspatio, que benefician a mujeres y personas de la tercera edad en condiciones marginales. Por medio del componente Agricultura Familiar, Periurbana y de Traspatio se incentiva la producción de alimentos en 57 zonas urbanas y periurbanas de 20 entidades federativas y se han entregado paquetes hortícolas, avícolas y cunícolas, para la producción de alimentos, principalmente de autoconsumo.

A través del componente Desarrollo Integral de Cadenas de Valor se apoya a proyectos en productos como miel, café, limón, tuna, nogal, mango, papaya, plátano, maíz, frijol, hortalizas, ovinos, bovinos (carne y leche), tilapia y camarón, entre otros, beneficiando a personas en condiciones de pobreza de zonas rurales de alta o muy alta marginación.

Se cuenta con tres componentes para el desarrollo regional sustentable y protección a la vida silvestre. A través de estos programas se otorgan apoyos económicos a personas que residen en localidades asentadas en áreas naturales protegidas, regiones prioritarias y zonas de influencia, para realizar proyectos, estudios técnicos y cursos de capacitación, que tengan como objetivo la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, o bien la generación de unidades de manejo para vida silvestre. El enfoque pretende aprovechar 20 especies autorizadas y conservar los hábitats de otras especies en peligro (CEDRSSA, 2017).

f. Políticas que promueven el consumo de alimentos saludables

México tiene una larga historia de implementación de programas y políticas orientadas a mejorar la nutrición de grupos vulnerables (Baquera *et al*., 2001). Al respecto, la Secretaría de Salud hace una intensa difusión de campañas de nutrición y buena alimentación. Las principales políticas nacionales están orientadas a la producción y consumo de alimentos, con programas de subsidios a los productos alimenticios de la canasta básica, tortillas y leche. Se promueven intervenciones directas para la suplementación complementaria de micronutrientes y educación nutricional para grupos vulnerables. Se implementan programas de desarrollo humano y apoyo alimentario, abasto social de leche (LICONSA) y desayunos escolares a través del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF).

La Cruzada Nacional contra el Hambre conlleva la coordinación de 70 programas federales en 19 dependencias para la asignación de recursos con cobertura nacional, y tiene como objetivos: reducir el hambre de las personas en pobreza multidimensional extrema, a partir de una alimentación y nutrición adecuadas; eliminar la desnutrición aguda y mejorar los indicadores de peso y talla de la niñez; aumentar la producción de alimentos y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agrícolas; minimizar las pérdidas postcosecha y de alimentos durante su almacenamiento, transporte, distribución y comercialización; y promover la participación comunitaria para la erradicación del hambre. Además, se presta especial cuidado a la inocuidad de los alimentos que consume la población mediante las acciones que realizan la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, SSA) y el Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, SAGARPA).

g. Ventajas comparativas del país en agricultura

La posición geográfica de México, la diversidad de climas y su amplia extensión territorial, proveen una gran variedad de cultivos y especies de aprovechamiento agrícola, pesquero y pecuario. Con la infraestructura y recursos humanos disponibles, el país ocupa el 12° lugar en la producción mundial de alimentos, el 13° en cultivos agrícolas y el 11° en producción ganadera (SAGARPA, 2016b). Si bien existen limitaciones en las unidades agrícolas de producción, en su conjunto el sector productivo es altamente competitivo con una cartera diversificada de alimentos y productos frescos de alta calidad.

h. Aspectos de comercio internacional

Actualmente México cuenta con un superávit comercial agroalimentario favorable y un comercio exterior anual agroalimentario creciente. El país mantiene liderazgo en mercados internacionales agrícolas y agroindustriales con un buen potencial de crecimiento, principalmente en cerveza, aguacate, jitomate, tequila, carne de bovino, hortalizas y frutas. El sector de exportaciones agroalimentarias es dinámico, ya que se tienen 11 tratados de libre comercio con 45 países, llegando a cerca de 1,462 millones de personas, y constantemente se buscan nuevos nichos de mercado para mejorar las ventas de productos agrícolas, pecuarios y pesqueros. De acuerdo con estándares internacionales, el Estado fomenta las políticas sanitarias con el propósito de aumentar la oferta y la competitividad de los productos agropecuarios mexicanos y reducir las limitantes para acceder a los mercados nacionales e internacionales.

i. Retos de mercado

El crecimiento de la población será el principal motor de la demanda mundial de productos básicos agrícolas durante los próximos años; con una prospección de 8.1 mil millones de habitantes para 2025, la demanda de alimentos deberá satisfacerse con mejoras en la eficiencia, ampliando aquellas opciones productivas que generen tan solo pequeñas expansiones en la base de producción (OCDE-FAO) y provean de mayor eficacia en el uso y aprovechamiento de la superficie de siembra de los cultivos y hatos ganaderos. Esto pondrá a prueba las alternativas tecnológicas disponibles al sector agropecuario para alcanzar las metas de sustentabilidad y abasto de mercados.

Según los indicadores de la FAO, las proyecciones de precios de los productos agrícolas van en descenso, con tendencia a estabilizarse a mediano plazo. Será conveniente contar con tecnologías

agrícolas que den valor agregado a los productos. En ese sentido, los retos continúan enfocándose en aumentar la productividad del sector, mantener la competitividad y la calidad de los alimentos que se exportan y, al mismo tiempo, combinar los objetivos sociales con los productivos para un uso sustentable de los recursos naturales y la conservación de la diversidad biológica.

VIII. Conclusiones

a. Algunos escenarios nacionales potenciales para la producción agrícola en los próximos cincuenta años

México enfrenta enormes retos para su seguridad alimentaria y nutricional, retos que solo podrá resolver mediante la acción coordinada de diversos sectores que inciden en la problemática productiva. Por un lado, la necesidad de implementar estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático, considerando además programas de conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y los recursos genéticos para la agricultura y la alimentación. Por otro lado, la urgencia de potenciar la inversión efectiva para el desarrollo del campo, mediante alianzas entre los sectores público y privado y la academia, con el fin de generar innovaciones que den respuesta a todos los problemas productivos de los diferentes estratos involucrados en la producción alimentaria. Se requiere, además, impulsar decididamente programas educativos y de capacitación técnica y científica para atraer a los jóvenes al campo, y que las actividades asociadas a este sean realmente una fuente de trabajo digna. Todo esto asociado con políticas agrícolas transexenales que permitan dar continuidad y seguimiento a los programas eficaces y adecuar aquellos que requieran mejoras. Todo esto en un contexto regulatorio que incentive la innovación y dé seguridad a la inversión y el fortalecimiento de prácticas agrícolas que aseguren la independencia alimentaria de forma sustentable y el abasto de un mercado competitivo, a precios justos para los productores y accesibles para toda la población.

b. Acciones prioritarias para lograr y preservar la sustentabilidad agrícola

México cuenta con vastos recursos naturales, capacidad agropecuaria diversificada, infraestructura institucional operativa y competencia en desarrollo tecnológico. Existen políticas de Estado enfocadas a la atención de los principales problemas agrícolas, de nutrición y de medio ambiente, implementadas por lo general de forma modular bajo un incipiente esquema de transversalidad. Será deseable dar a conocer las estrategias nacionales de concurrencia de políticas públicas y articular su implementación, para dar mayor claridad y certeza regulatoria, impulsar sinergias y acciones institucionales conjuntas y aprovechar las ventajas con que cuenta la nación, para alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria y sustentabilidad que demanda la sociedad mexicana.

Bibliografía

ALIANZA (2016). *Catálogo de Buenas Prácticas para la Reducción de Riesgos de Desastre.* Alianza para la Reducción de Riesgos y Recuperación ante Desastres, conformada por Ayuda en Acción México, Fomento Social Banamex, Oxfam México, el Programa de Apoyo a la Reducción de Riesgos de Desastres en México (PMR) del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y World Visione Mexico.

Alba F., Banegas I., Giourguli S. y de Oliveira O. (2007). El bono demográfico en los programas de las políticas públicas de México (2000-2006): un análisis introductorio, en Consejo Nacional de Población, *La Situación Demográfica de México, 2006*. Distrito Federal, Consejo Nacional de Población.

Ajanovic A. (2011). Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? *Energy*, 2011, vol. 36, issue 4, pp. 2070-2076.

Altieri M. A., Funes F., Henao A., Nicholls C., León T., Vázquez, L., y Zuluaga G. (2011). *Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos.* Documento de trabajo de la Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático.

Ampudia, M. S. (2008). La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Un análisis económico de una falla de gobierno. *Revista Derecho Ambiental y Ecología*. Centro de Estudios Jurídicos y Ambientales. Recuperado de http://www.ceja.org.mx/revista.php?id_rubrique=215

Anonymous (2015). The Hispanic Paradox. *The Lancet*. Vol. 385, May 16: p 1918.

Arrazola-Ovando E., y López-Arévalo J. (2012). Crisis en el sector rural y migración mexicana. Comunicación V Premio José Luis Sampedro. XVI Reunión de Economía Mundial. España.

Ávila-Nava A. *et al*. (2017). Food combination based on a pre-hispanic Mexican diet decreases metabolic and cognitive abnormalities and gut microbiota dysbiosis caused by a sucrose-enriched high fat diet in rats. Molecular Nutrition & Food Research, 61, 1.

Banco Mundial, 2016. Recuperado de http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.ARBL.ZS?locations=MX&view=chart

Baquera *et. al*. (2001). Políticas y programas de alimentación y nutrición en México, *Salud Pública de México*, vol. 43, no. 5, pp. 464-477.

Becerra R. (2000). Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. CONABIO. *Biodiversitas*, 32:1-5.

Blanco C. *et. al.* (2014). Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. *Journal of Integrated Pest Management,* Open Access 5(4). Recuperado de DOI: http://dx.doi.org/10.1603/IPM14006

Boletín Epidemiológico (2016). Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Sistema Único de Información. Secretaría de Salud. No 52, Vol. 33, Semana 52. 25-31 de diciembre de 2016.

Bolívar F.G. (2004). *Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna.* El Colegio Nacional.

Brookes G and Barfoot P. (2017). *GM Crops. Global and socioeconomical impacts 1996-2015.* PG Economics Ltd, Dorchester UK.

Caballero, J. y Cortés, L. (2012). *Base de Datos Etnobotánicos de Plantas de México (BADEPLAM).* Jardín Botánico Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Casas A., Otero-Arnaiz A., Pérez-Negrón, E. y Valiente-Banuet, A. (2007). *In situ* management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100:1101-1115.

CENAPRED (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.* Secretaría de Gobernación, Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ciudad de México, México.

CENAPRED (2015). *Índice de Resiliencia a Nivel Municipal.* Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos, Subdirección de Estudios Económicos y Sociales, Centro Nacional de Prevención de Desastres (documento preliminar). Ciudad de México, México.

CEDRSSA (2015a). *Recurso Suelo: Elementos para la definición de una política pública en México.* Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sostenible y la Soberanía Alimentaria. Reporte No. 24. Recuperado de http://www.cedrssa.gob.mx/?doc=3046 (07/07/2017).

CDRSSA (2015b). *La acuacultura.* Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados, LXII Legislatura.

CEDRSSA (2017). *El Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable en la cuenta Pública 2016: Análisis y comentarios.* Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Cámara de Diputados, Junio de 2017.

Clark S.E., Hawkes C., Murphy S.M., Hansen Kuhn K.A. & Wallinga D. (2012). Exporting obesity: US farm and trade policy and the transformation of the Mexican consumer food environment. *International Journal of Occupational and Environmental Health.* Jan-Mar 18(1) pp. 53-65.

COFECE (2015). Comisión Federal de Competencia Económica. Reporte sobre las condiciones de competencia del sector agroalimentario. Recuperado de https://www.cofece.mx/cofece/index.php/prensa/historico-de-noticias/reporte-sobre-las-condiciones-de-competencia-en-el-sector-agroalimentario

Colchero M.A., Popkin B.M., Rivera J.A. & Ng S.W. (2016). Beverage purchases from stores in Mexico under the excise tax on sugar sweetened beverages: observational study. *British Medical Journal,* 352:h6704. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1136/bmj.h6704

COMECYT-FUMEC (2009). Estudio de Tendencias y Oportunidades para el Sector de Alimentos Procesados del Estado de México. Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia.

CONABIO (1998). *Hidrografía Catálogo de metadatos geográficos.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONABIO (2001). *Mapa de suelos dominantes de la República Mexicana. Catálogo de metadatos geográficos.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONABIO (2006). *Capital natural y bienestar social.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONAFOR-FAO (2009). *Competitividad del Sector Forestal de México Tendencias y Perspectivas.* DOI: 10.13140/RG.2.2.11871.87201

CONAGUA (2011). *Agenda del Agua 2030.* Subdirección General de Programación, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México, México.

CONAGUA (2014). *Estadísticas del agua en México.* Ciudad de México, México.

CONAGUA (2015). *Atlas del Agua en México 2015.* Subdirección General de Programación, Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México, México.

CONANP (2017). Áreas Naturales Protegidas. Información Espacial. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONAPESCA (2010). *Políticas de Ordenamiento para la Pesca y Acuacultura Sustentables, en el marco de Programa Rector de Pesca y Acuacultura.* Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, 56 pp.

CONAPO-SEDESOL (2012). *Catálogo: Sistema Urbano Nacional 2012.*

CONAPO (2016). Proyecciones de Población. Recuperado de http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484

CONEVAL (2015). S-258 Evaluación de Diseño: Programa Integrar de Desarrollo Rural SAGARPA. Recuperado de http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Documents/Evaluaci%C3%B3n%20de%20Dise%C3%B1o/S-258%20Programa%20Integral%20de%20Desarrollo%20Rural.pdf

CONEVAL (2017). Evaluación del Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018; Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Recuperado de http://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Paginas/Evaluaciones_Programas_Sectoriales.aspx

Cruzada Nacional contra el hambre (2014). Recuperado de http://sinhambre.gob.mx/

DOF (2014). PROGRAMA Institucional del INAPESCA 2013-2018. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356331&fecha=14/08/2014

Encuesta Nacional Agropecuaria (2014). SAGARPA INEGI. Boletín Especial. Recuperado dehttp://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2015/especiales/especiales2015_08_8.pdf

ESANUT (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Recuperado de http://ensanut.insp.mx/ http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf

Espinosa, D., Ocegueda, S., Aguilar, C., Flores, O., Llorente-Bousquets, J., y Vázquez, B. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México,* vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 33-65.

FAO (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales.* Informe Nacional, México.

FAO-SAGARPA (2012). *Diagnóstico del Sector Rural y Pesquero: Identificación de la Problemática del Sector Agropecuario y Pesquero de México, 2012.*

FAO (2015). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe.* Boletín #2. Recuperado de http://www.fao.org/3/a-i4655s.pdf

FAO-SAGARPA (2015a). *Componente PROCAMPO. Evaluación Nacional de Resultados 2013,* noviembre 2015. Recuperado de http://www.fao-evaluacion.org.mx/evaluacion/library/files/Informe%20PROCAMPO.pdf

FAO-SAGARPA (2015b). *Componente Garantías. Evaluación Nacional de Resultados 2013,* noviembre 2015. Recuperado de http://www.fao-evaluacion.org.mx/evaluacion/library/files/Informe%20Garant%C3%ADas.pdf

Fernández S. R., Morales Ch. L. A., y Gálvez M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista fitotecnia mexicana,* 36, 275-283.

FiercePharma (2016). Recuperado de http://www.fiercepharma.com/special-report/boehringer-ingelheim-vetmedica-top-10-animal-health-companies

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) (s/f). Recuperado de https://www.fira.gob.mx

FIRA (2015). *Panorama Agroalimentario: Maíz 2015.*

Fondo de las Naciones Unidas para la Población (2012). Population Issues. Recuperado de http://www.unfpa.org/issues/

Gil-Méndez, J. (2007). La migración como factor de cambio en el espacio agrícola de localidades rurales ubicadas en el Valle de Ixtlán, Michoacán, en *Revista de Investigaciones México-Estados Unidos CIMEXUS,* Vol. II, No. 2, julio diciembre 2007, ININEE, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.

Giourguli S. (2017). Perdió México su bono demográfico, la esperanza es el bono de género. Entrevista de la Agencia Informativa CONACYT. Julio 2016. Recuperado de http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/humanidades/8938-perdio-mexico-su-bono-demografico-la-esperanza-es-el-bono-de-genero

Graham-Rowe D. (2011). Beyond food versus fuel. *Nature*, 474, S6-S8.

Hall S. (2016). New Gene editing techniques could transform food crops –or die on the vine. *Scientific American.* Marzo de 2016.

Heckel D. (2012). Insecticide resistance after Silent Spring. *Science*, Vol. 337, 6102, pp. 1612-1614337. Septiembre.

Hernández Rodríguez, A., Ojeda Barrios, D., Vences Contreras, C., y Chávez González, C. (2009). Situación actual del recurso suelo y la incorporación de abonos orgánicos como estrategia de conservación. *Synthesis: Aventuras del pensamiento,* 49, 1-6.

Hert K. A. *et al*. (2014). Decreased consumption of sugar-sweetened beverages improved selected biomarkers of chronic disease risk among US adults: 1999 to 2010. *Nutrition Research,* 34, pp. 58-65.

IICA (2012). *70 años de Historia.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. ISBN: 978-92-9248-401-9. México.

INAPESCA (2006). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo.* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca, Ciudad de México, México.

INAPESCA (2014). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo.* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca, Ciudad de México, México.

Índice de Sostenibilidad Alimentaria 2016. Recuperado de http://foodsustainability.eiu.com/country-ranking/

INECC (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. *Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde.* Sección Cambio Climático. Ciudad de México, México.

INEGI (2013). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala: 1:250000.* Edición: 2a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2015). Balanza comercial de mercancías de México, Información revisada enero-junio, 2015.

Islas-Rivera, V.M., Moctezuma-Navarro, E., Hernández-García, S., Lelis-Zaragoza, M. y Ruvalcaba-Martínez, J.I. (2011). *Urbanización y motorización en México.* Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica No. 362.

IUSS (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos* No. 103. Grupo de Trabajo WRB, FAO. Roma, Italia.

Jiménez-Sierra, C. L. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria,* Volumen 12 Número 1.

Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (2005). Artículo 28. *Diario Oficial de la Federación.*

Lu Y *et al*. (2012). Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature*. DOI:10.1038/nature 11153.

Luna-Vega, I. (2008). Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas. *Revista Mexicana de Biodiversidad,* 1(1), 217-242.

Magaña-Rueda, V.O. (2006). *Informe sobre escenarios futuros del sector agua en México bajo cambio climático para las climatologías del 2020, 2050 y 2080.* 3ª Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Ciudad de México, México.

Martínez-Campos, S.A. y Alcalá-Sánchez, I.G. (2012). *La migración campo-ciudad, un grave problema social y educativo.* Primer Congreso Internacional de Educación, Chihuahua, Chihuahua, México.

McNutt M. (2015). Breakthrough to genome editing. *Science*, Vol. 350, 6267, 1445.

Miranda-Colín, S. (2000). Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agricultura Técnica en México,* 26:3-15.

Navarro-Chávez J.C.L., y Ayvar-Campos F.J. (2013). Competitividad, Migración y Desarrollo Rural: Una caracterización del caso mexicano. *CIMEXUS*, 4(1), 11-28.

OECD (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction,* OECD Publishing. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en (10/07/2017).

OECD (2013). *Water Security for Better Lives.* OECD Studies on Water, OECD Publishing.

Recuperado de http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/water-security_9789264202405-en#page1 (07/07/2017).

OCDE-FAO. *Panorama General, Perspectivas Agrícolas 2016-2025.*

Oliver-Morales I.M. (2016). *Financiamiento Pecuario: Llave del Éxito.* LXXX Asamblea General Ordinaria, Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas. Baja California, México.

Ortega, F., Sedlock, R.L. y Speed, R.C. (2000). Evolución tectónica de México durante el Fanerozoico. En Llorente, J., González., E. y Papavero, N. (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México,* vol. II. UNAM, CONABIO, México, pp. 3-59.

Programa Especial Concurrente, *DOF*, 2 de mayo 2014.

Quadri de la Torre G. (2011). Biocombustibles, ¿pero qué necesidad? *El Economista,* 5 de agosto de 2011.

Rojas-Rangel T. (2009). La crisis del sector rural y el coste migratorio en México. *Iberoforum: Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana,* 4(8).

SAGARPA (2016a). *4° Informe de Labores, 2015-2016.*

SAGARPA (2016b). *Atlas Agroalimentario 2016.* Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

SAGARPA (2017). Programas de Apoyo y Fomento. Recuperado de http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/Paginas/default.aspx

Sánchez- Cano J. E. (2014). Los Retos del Sector Energético Mexicano Frente al Siglo XXI. *Perfiles de las Ciencias Sociales,* 1(1).

Sánchez J, J., Goodman, M.M. & Stuber, C.W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the Races of maize of México. *Economic Botany.* 54(1): 43–59.

SEDESOL (2016). *Desperdicio de Alimentos en México: Infografía.* Cruzada Nacional Sin Hambre, Secretaría de Desarrollo Social. Recuperado de http://www.sedesol.gob.mx/boletinesSinHambre/Informativo_02/infografia.html

SEMARNAT (2012). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental.* Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). Ciudad de México, México. Recuperado de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf (07/07/2017).

SENASICA (2016). Acuerdos de declaratoria de zonas libres de plagas reglamentadas del algodonero. Recuperado de http://publico.senasica.gob.mx/?doc=30372

SENER (2014). *Estrategia Nacional de Energía 2014-2028.* Secretaría de Energía. Ciudad de México, México.

Serna-Saldívar, S.O. y Amaya-Guerra, C.A. (2008). El papel de la tortilla nixtamalizada en la nutrición y la alimentación. En: *Nixtamalización del Maíz a la Tortilla: Aspectos Nutrimentales y Toxicológicos.* Rodríguez-García, M.E., Serna-Saldívar, S.O., y Sánchez-Sinencio, F. (eds.). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. pp. 105-151.

SIAP (2016a). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la Producción agrícola 2016.* Recuperado de http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/

SIAP (2016b). *Atlas Agroalimentario 2016.* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Ciudad de México, México.

SINAPROC (2017). *Plan de Contingencias para temporada de incendios forestales.* Sistema

Nacional de Protección Civil. Ciudad de México, México.

Sobrino J. (2011). *La urbanización en el México contemporáneo.* Reunión de Expertos Sobre: "Población, Territorio y Desarrollo Sostenible": Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas.

Sun X *et. al*. (2017). *Nature Communications.* 16 de marzo. DOI: 10.1028/ncoms14752.

Taylor J. Yúnez A. y González A. (2007). *Informe consolidado: Estudios sobre Políticas Públicas para el Sector Rural en México.* Proyecto del Banco Interamericano de Desarrollo para la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Recuperado de https://goo.gl/Cce3jN

Terán-Durazo, G. (2015). *El Sector de los Alimentos Procesados en México.* Análisis Actinver, Estudios Sectoriales y Regionales, Departamentos de Análisis Económico, Cuantitativo y Deuda.

Toledo, V. M. (Editor) (2010). *La biodiversidad de México: inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural.* Fondo de Cultura Económica: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, ISBN: 9786074555318 e ISBN: 6074555311.

UNTAC (2013). *United Nations Conference on Trade and Development. Mexico's agriculture development: perspectives and Outlook*. 184 pp.

Vidal-Zepeda, R. (2005). *Las regiones climáticas de México.* Instituto de Geografía, UNAM, Ciudad de México, México.

Young R. & Hopkins A. (2014). Review of the Hispanic paradox: time to spill the beans. *R.J. Eur. Respir. Review.* 23: 439-449.

Yúnez, A. (2010). Las políticas públicas dirigidas al sector rural: el carácter de las reformas para el cambio estructural. En: *Los grandes problemas de México, Economía Rural XI,* 1ª. Edición, El Colegio de México, pp. 23-62.

Zúñiga-Herrera, E. & Arroyo-Alejandre, J. (2006). *Los procesos contemporáneos de la migración. Migración México-Estados Unidos: Implicaciones y retos para ambos países.* México, CONAPOUG-COLMEX-CIESAS-Casa Juan Pablos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al **Lic. Gerardo Sotomayor Serrano** por su apoyo para la edición de textos y corrección de estilo.

Box 5

Mejora de la eficiencia en la producción a pequeña y mediana escalas: Uso de la simbiosis microbiana

Michael F. Allen, Catedrático Distinguido, Universidad de California, Riverside

Los avances agrícolas del siglo XX se han asociado en gran medida al monocultivo a gran escala basado en la producción agrícola, pero las nuevas tecnologías que se aprovechan en las simbiosis microbianas pueden aplicarse también en la producción a pequeña y mediana escalas y ofrecer una amplia gama de nuevas oportunidades para el siglo XXI. Por ejemplo, se ha practicado la aplicación de micorrizas (mutualismos planta-hongos) en la silvicultura para inocular plántulas de árboles y en sistemas de cultivo para inocular legumbres durante más de una generación. Hoy, una revolución tecnológica en miniatura y un mayor conocimiento en cuanto a la migración genética natural –en particular, la "transferencia horizontal de genes" y las interacciones microbio-gen-ambiente– se combinan para dar origen a un conjunto de nuevas tecnologías. Por otra parte, estos nuevos métodos pueden mitigar los crecientes costos, tanto económicos como ambientales, del uso de combustibles fósiles. Estos nuevos métodos están cambiando la productividad del uso espacial y temporal de la tierra y la asignación de recursos –por ejemplo, riego, fertilización– en los campos y las regiones. Estos avances también abren un abanico de oportunidades para la introducción de diversas características que mejoran la producción, al mismo tiempo que aumentan la sostenibilidad de los sistemas que van desde huertos a campos migratorios o itinerantes.

A medida que aprendemos más sobre el funcionamiento de los microbios en los ecosistemas y sobre la estructura de los genes en los microbios, comprendemos y aprovechamos mejor las múltiples interacciones que conforman la complejidad de la vida.

Un ejemplo: multicultivos y agricultura itinerante. En las regiones mayas de las tierras bajas de México y Centroamérica, los pequeños claros de tierra de una hectárea se talan cortando y quemando el bosque estacional tropical. El nuevo claro abierto con este método de tala y quema, además de los otros que se despejaron uno o dos años antes, se plantaron con milpa –una combinación de maíz, frijoles y calabaza– intercalados con otros cultivos como chile y henequén. La combinación de la milpa es especialmente interesante porque los frijoles trepan por los tallos del maíz, mientras que la calabaza forma una capa vegetal y evita la invasión de la maleza. Es importante destacar que todos estos cultivos forman mutualismos micorrízicos arbusculares con hongos del orden Glomales, un antiguo grupo de hongos que data del período geológico silúrico. Debido a que la asociación no es específica de una especie, los hongos glomaleanos conectan la mayoría de las plantas en la milpa y se extienden a claros cercanos de plantas. Un estudio de caso práctico que ocurrió después de la erupción del volcán Monte Santa Helena reveló que las leguminosas habían sido colonizadores iniciales y se habían asociado con nódulos de color rojo brillante, lo que indicaba la fijación activa de N_2 (los nódulos rojos indican la presencia de leghemoglobina, que elimina el O_2 e impide la inhibición de la fijación de N_2). Cuando se inocularon con hongos glomaleanos (de forma artificial o naturalmente), otras plantas también se establecieron y formaron claros más complejos, además de que todas las plantas de la nueva parte aumentaron su producción. En la milpa, cuando los frijoles son parte de estas parcelas, los nódulos de rizobio correspondientes fijan el N_2 atmos-

férico y proporcionan nitrato para la síntesis de proteínas de las plantas huésped. Estos hongos se desarrollan con el bosque sucesional, pero se pierden con rapidez después de la producción de la milpa. Por lo tanto, la integración de un bosque de sucesión con el sistema de milpa rotativa itinerante aprovecha el sistema estructural que ha instaurado un sistema de producción estable durante milenios (Figura 1).

Figura 1. Una parcela de plantas de micorrizas arbusculares y un ecosistema de milpa. Se muestran las esporas de hongos de micorrizas arbusculares de un bosque estacional tropical en México (panel superior). Estos hongos conectan las leguminosas que fijan el nitrógeno atmosférico (N_2) en formas utilizables, lo que no sólo mejora el crecimiento de ese individuo (centro izquierdo), sino también el de los que se encuentran cerca (centro derecho). Este intercambio se produce en los campos de milpa en las Américas, aunque rara vez se le reconoce (panel inferior).

La formación de la micorriza puede aumentar drásticamente la producción de raíces y ramificaciones, y estas redes de hifas micorrízicas producen compuestos que se degradan lentamente, especialmente una clase de glicoproteínas llamadas glomalinas, que inician y contribuyen a la formación de agregados (Figura 2). Estas hifas y los agregados que forman son muy característicos y se pueden reconocer utilizando incluso microscopía simple.

Se desarrollaron talleres con objeto de explotar aún más este sistema. En un principio, se dirigieron a estudiantes de posgrado y posdoctorado en Argentina y, después, a estudiantes universitarios en México, quienes más tarde impartieron sus propios talleres en una escuela secundaria técnica local. En estos talleres se usaron materiales y procedimientos simples y económicos, apropiados para los terrenos familiares de los estudiantes. El objetivo de los talleres era proporcionar métodos sencillos para el mejor manejo de la micorriza de suelo con la finalidad de explotar sus propiedades y aumentar la productividad de los cultivos.

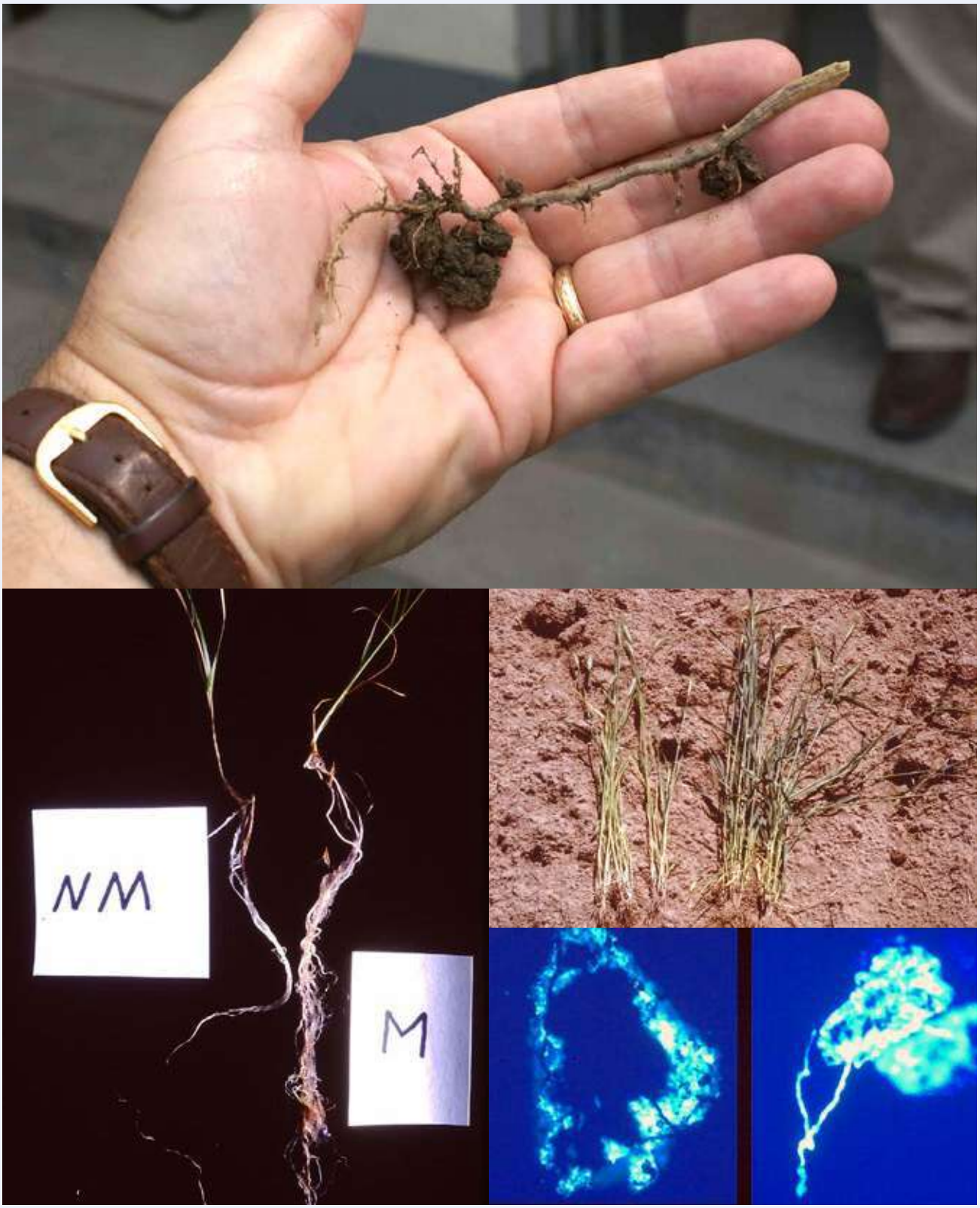


Figura 2. Crecimiento de la raíz en respuesta a las micorrizas arbusculares de un pasto nativo (izquierda) y trigo (mitad intermedia superior). Estos hongos no sólo transfieren nutrientes al huésped, sino que estimulan la formación de agregados mediante la producción de glomalina (extremo inferior derecho), una clase de glicoproteína capaz de formar hasta 25% de materia orgánica estable en el suelo y fomentar la formación de los agregados, que son tan importantes para evaluar un suelo saludable (superior).

Otros hongos micorrízicos cuentan con una capacidad natural para tolerar metales pesados y otros contaminantes. Por ejemplo, se encontró un aislado de *Pisolithus* sp. que favorece el crecimiento de pinos en escombros contaminados con metales pesados. Estos pinos podían aprovecharse para fabricar productos de madera y los hongos mutualistas los protegieron de los metales (Figura 3).

Figura 3. *Pisolithus* sp. integrando una ectomicorriza con un pino carrasco (Alepo) huésped en residuos tóxicos repletos de metales pesados en España. Esta asociación podría reforzar el restablecimiento de las plantaciones forestales y se ha utilizado en muchos continentes.

Apenas estamos empezando a comprender la ecología de los simbiontes microbianos. Otro hallazgo importante es que muchos genes cruciales se transportan en plásmidos, incluidos los genes para la especificidad del huésped entre los rizobios que infectan las verduras. Los plásmidos son elementos genéticos extranucleares que se mueven de forma horizontal entre las colonias (además de su transmisión vertical de una generación a la siguiente).

Existe una enorme reserva de características genéticas importantes en las tierras silvestres a nivel mundial y, mayormente, en las Américas. Estas características representan un considerable potencial económico debido a sus efectos en las transformaciones de los nutrientes, en la resistencia a las enfermedades, la tolerancia a la sequía, el secuestro de carbono y la estabilidad de la producción. Muchas de estas "tecnologías" requieren de poco equipamiento y prácticamente todos los países –de hecho, la mayoría de las escuelas secundarias agrícolas– pueden desarrollar y aprovechar la aplicación de estas tecnologías a nivel local. Estamos apenas comenzando a aprovechar este impresionante recurso.

La seguridad alimentaria y nutricional: Una oportunidad para el desarrollo sostenible de Nicaragua

La vida cotidiana en el mercado popular Roberto Huembes de Managua, Nicaragua © Shutterstock

Nicaragua

[1] Jorge A. Huete-Pérez
[2] Manuel Ortega Hegg
[3] Mario R. López
[4] Mauricio Córdoba
[5] Salvador Montenegro
[6] Katherine Vammen
[7] María J. Cortez
[8] Ivania A. Cornejo

Posibilitando la participación de las universidades públicas en el desarrollo de cultivos transgénicos apropiados, **Nicaragua podría aprovechar los beneficios de la biotecnología agrícola** mediante un enfoque de desarrollo sostenible

Resumen

La economía de Nicaragua depende de su agricultura, que representa la principal fuente de ingresos de miles de familias en las zonas rurales, donde se concentra la pobreza. A pesar de los reiterados esfuerzos que se han puesto en práctica para aumentar la productividad agrícola, Nicaragua tiene los rendimientos más bajos en la mayoría de los cultivos importantes de Centroamérica. Existen muchos factores que contribuyen a la baja productividad en Nicaragua, entre ellos, las plagas y enfermedades emergentes, una baja fertilidad del suelo, una pobre calidad de las semillas y el cambio climático. Se prevé que este afecte de manera desproporcionada a los pequeños agricultores en el país, quienes de por sí ya enfrentan numerosas amenazas en su producción agrícola.

Los pequeños agricultores y la agricultura familiar se perciben como instrumentos para la reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible de Nicaragua. La seguridad alimentaria exigirá mejorar la productividad de los recursos hídricos y del suministro de alimentos. El rendimiento de cultivos podría aumentar mediante un mayor riego. Por otra parte, estas prácticas –junto con los cambios de temperatura y las precipitaciones– pueden afectar el equilibrio hídrico del suelo y afectar la productividad de los recursos hídricos a largo plazo.

Es indispensable contar con apoyos técnicos, financieros e institucionales para promover la producción agrícola y la seguridad alimentaria en Nicaragua, principalmente para enfrentar de forma eficaz los brotes de plagas y enfermedades, así como los fenómenos meteorológicos extremos. La biotecnología agrícola podría ser una plataforma tecnológica clave para fomentar la economía sostenible y mejorar la seguridad alimentaria. Algunas de las nuevas variedades de importancia para Centroamérica podrían desarrollarse para resistir sequías, inundaciones, nuevas plagas y enfermedades, y otros problemas derivados del cambio climático.

Dado que en Nicaragua la mayor parte de la investigación y la innovación se lleva a cabo en universidades públicas, un impulso a su capacidad de investigación les permitirá desempeñar un papel más importante en las innovaciones tecnológicas para la agricultura, incluyendo la investigación de cultivos genéticamente modificados para la seguridad alimentaria. Posibilitando la participación de las universidades públicas en el desarrollo de cultivos transgénicos apropiados, Nicaragua podría aprovechar los beneficios de la biotecnología agrícola mediante un enfoque de desarrollo sostenible.

Se requiere fomentar un diálogo abierto entre los políticos, los investigadores y las comunidades, con la finalidad de que las tecnologías y los procesos de planificación respondan no sólo a las necesidades de los productores, sino también –y más importante aún– a los requerimientos de la seguridad alimentaria y nutricional.

Introducción

Nicaragua ha avanzado en las últimas dos décadas en la atención de los temas de seguridad alimentaria y nutricional. Sin embargo, son muchos los retos que tiene que enfrentar esta pequeña nación centroamericana que aún sufre los flagelos de las guerras y la polarización política arrastrada del siglo XX. Por si fuera poco, Nicaragua es constantemente afectada por fluctuaciones de lluvias excesivas, así como de sequías periódicas que afectan la agricultura como expresiones claras del impacto del cambio climático en Centroamérica.

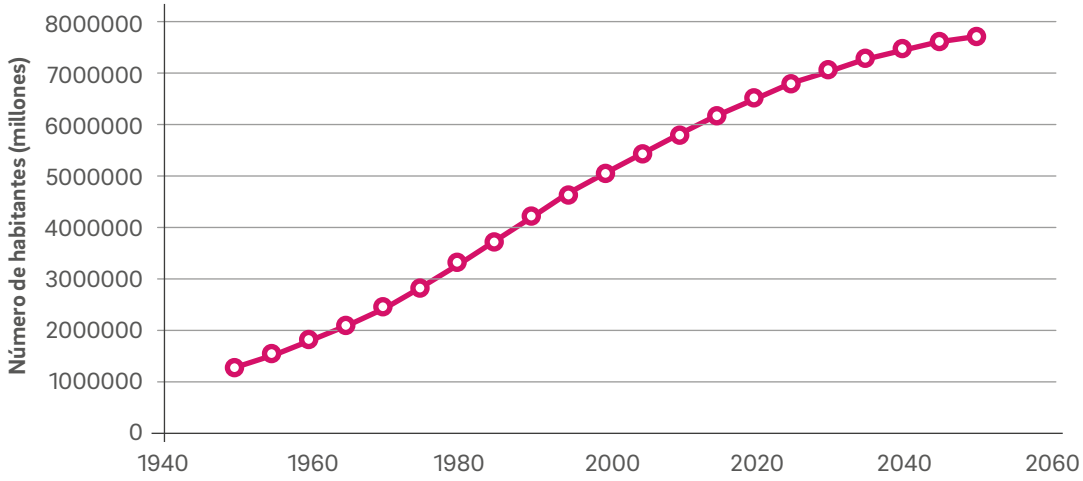
Este texto recoge la experiencia de muchas instituciones y organizaciones nacionales y se basa también en el trabajo de muchos autores nacionales y del extranjero que han aportado análisis crítico y propositivo sobre la situación actual en temas vinculados a la seguridad alimentaria y nutricional. Se incluye una presentación general del país desde el punto de vista poblacional, geográfico, socioeconómico y de ecosistemas; se describen las actividades agropecuarias más importantes para luego delinear el marco institucional disponible para la gestión de conocimiento y el estado de la investigación científica importantes para atender la problemática de manera coherente y sistemática. Seguidamente se presenta el panorama en términos del uso de la ciencia y la tecnología, haciendo énfasis particular en la agricultura, ganadería y acuicultura. Se aborda el vínculo de la seguridad alimentaria con la salud pública, específicamente lo relacionado con la nutrición, obesidad y las enfermedades transmitidas por medio de los alimentos. Los autores presentan una reflexión crítica sobre los problemas medulares de la seguridad alimentaria, su vinculación con las políticas públicas y más detenidamente sobre el rol del sector académico, las universidades y la Academia de Ciencias. Finalmente, se presentan algunas pautas sobre cómo atender los retos centrales de la seguridad alimentaria y nutricional.

Características generales y sociodemográficas

Nicaragua es el país de mayor extensión en Centroamérica con 129,494 km². Se puede dividir en tres grandes regiones: la del Pacífico, la central o montañosa y la del Caribe. La región del Pacífico se caracteriza por tierras planas de aptitud agrícola que se extienden desde la costa de ese océano a unos 75 km tierra adentro, hasta encontrarse con el monte de la cordillera volcánica de Los Maribios que pertenece al cinturón de fuego del Pacífico y que llega a Chile. En esta región se cultivan ajonjolí, maní y caña de azúcar. Otros cultivos de importancia son el maíz y la soya. La región del Pacífico también comprende los dos lagos más grandes de agua dulce de Centroamérica: el Xolotlán o Lago de Managua (1,344 km²) y el Cocibolca o lago de Nicaragua (9,000 km²). La región central o montañosa se caracteriza por picos montañosos que alcanzan hasta los 2,000 metros de altura sobre el nivel del mar, en los que se desarrollan plantaciones de café. Esta región cuenta con numerosos valles productivos cultivados con hortalizas, frijol, maíz, arroz. La región del Caribe o del Atlántico es la más extensa y cubre cerca de 45% del territorio nicaragüense y está subdividida en la región autó-

[1] Jorge A. Huete-Pérez, Coordinador del capítulo. Biólogo molecular, Universidad Centroamericana y Academia de Ciencias de Nicaragua, jorgehuete@uca-cbm.org **[2] Manuel Ortega Hegg,** Sociólogo, Universidad Centroamericana y Academia de Ciencias de Nicaragua, mortega@uca.edu.ni **[3] Mario R. López,** Economista, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua y Academia de Ciencias de Nicaragua, mariolopez2005@gmail.com **[4] Mauricio Córdoba,** Ingeniero, especialista en desarrollo territorial, Universidad Centroamericana, cgat.fctya@uca.edu.ni **[5] Salvador Montenegro,** Biólogo, especialista en recursos hídricos, Academia de Ciencias de Nicaragua, smontenegroguillen@gmail.com **[6] Katherine Vammen,** Microbióloga, bioquímica, especialista en recursos hídricos, Universidad Centroamericana y Academia de Ciencias de Nicaragua, katherine.vammen@uca.edu.ni **[7] María J. Cortez,** Ingeniera química, especialista en tecnologia de alimentos, Universidad Centroamericana, cortez@uca.edu.ni **[8] Ivania A. Cornejo,** Ingeniera en calidad ambiental, especialista en gestión ambiental y forestal, Universidad Centroamericana, iandreacornejo@gmail.com

Figura 1. Proyección del tamaño de la población nicaragüense (1950-2050)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del PNUD (2015).

noma del Atlántico norte y la región autónoma del Atlántico sur. Esta vasta zona se caracteriza por tierras bajas que son cruzadas por numerosos ríos como el Rio Grande de Matagalpa, Prinzapolca y el río Coco que desembocan en el mar Caribe.

El clima de Nicaragua es, de manera general, tropical cálido con leves variaciones de temperatura en función de la altura. Las zonas calientes son las tierras bajas que van desde el nivel del mar hasta los 750 m. En esas zonas las temperaturas al día oscilan entre los 30-33°C, en tanto las temperaturas nocturnas van de 21 a 24°C. Temperaturas más frescas se presentan en la región central de Nicaragua en elevaciones de entre 750 a 1,600 metros sobre el nivel del mar, oscilando entre 24-27°C durante el día y entre 15-21°C durante la noche, especialmente en los meses de diciembre y enero. La temperatura de algunas áreas mayores a 1,600 m puede bajar hasta los 15°C.

Las lluvias varían grandemente en Nicaragua. La región del Caribe puede recibir una media anual de entre 2,500 a 6,500 mm. Sin embargo, en la zona llamada "Corredor Seco" las precipitaciones son erráticas y menores de 600 mm al año (INETER). Esta zona presenta alta vulnerabilidad debido a largos y recurrentes periodos de sequía acompañados de altas temperaturas, lo cual hace más difícil la agricultura.

La población nicaragüense se concentra en su mayoría en el Pacífico debido a la mayor y mejor infraestructura de servicios y comercio, y en menor densidad en la región Caribe. De 1950 a 2000 Nicaragua quintuplicó su población a más de 5 millones de personas –56%, urbana y 44%, rural (UNSD, 1999)–. Una tasa de crecimiento anual de 2,8% para el período de 1995-2000 y tasas de crecimiento de 4,8% para el área urbana (por inmigración) y de 1,3% para la rural, al igual que la reducción de la mortalidad, han favorecido la urbanización de la población, lo cual se proyecta como una tendencia importante en los próximos años (**Figura 1**).

La urbanización de Nicaragua se ha venido acentuando desde los años 90. De 1970 a 1990 la población urbana se expandió a una tasa anual de 4% mientras que la población rural a solo 2,3%. Un crecimiento de la población y una relativa rápida urbanización requiere de inversiones en infraestructura en términos de agua potable, servicios básicos, instalaciones de saneamiento mejoradas, empleo y remuneraciones, salud y educación.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2015), Nicaragua cuenta con una población de 6.2 millones de habitantes, de los cuales 58.5% son urbanos. El índice de desarrollo humano (IDH) para Nicaragua en el

año 2014 fue 0.631, ocupando la posición 125 (de 187 países). EL IDH de Nicaragua está ligeramente por encima de Guatemala y de El Salvador, pero por debajo del promedio de 0.748 para el resto de los países de Latinoamérica y el Caribe. La esperanza de vida en Nicaragua es de 74.9 años.

Actualmente ha aumentado la migración de nicaragüenses como resultado del cambio climático; especialmente proviene de las poblaciones más vulnerables y rurales en donde se concentran los mayores niveles de pobreza. Aunque el sector agropecuario genera empleos, la población campesina adolece de tierras y otros medios de producción. De ahí deriva una de las causas de la tendencia histórica de las migraciones. Una forma de frenar esta migración es aumentar la productividad del trabajo en el campo rural a través del fortalecimiento de la agricultura familiar. La incidencia de la pobreza es mayor en el área rural: 68,5% y 30,5% para la pobreza y pobreza extrema, respectivamente (PNUD, 2000). La menor incidencia de pobreza está en el Pacífico; los grupos más afectados son los niños menores de 14 años que en el área rural representan 80%.

Actividades agropecuarias más importantes

Históricamente, la agricultura ha sido la principal actividad económica de Nicaragua. Esta condición tiene sus raíces desde el tiempo de la Colonia. En los años 1500, con la llegada de los españoles, los sistemas productivos indígenas prácticamente desaparecieron, pues de la población autóctona fue forzada a trabajar en las minas de oro. En los años 1600 se introdujo desde Europa la producción ganadera acompañada de cultivos tradicionales como el maíz, el añil y el tabaco. Ya a finales del siglo XVIII Nicaragua presentaba una economía agroexportadora de materias primas. Sin embargo, la incursión de Nicaragua en el mercado internacional se inició seriamente durante el *boom* cafetalero entre los años 1840 a 1940, lo cual marcó grandemente la economía del país. Ya a finales del siglo XVIII Nicaragua presentaba una economía agroexportadora de materias primas. Después de la Segunda Guerra Mundial, la agricultura nicaragüense se diversificó con nuevas razas de ganado y se introdujeron otros cultivos, principalmente en la región del Pacífico, como la caña de azúcar y el algodón. Durante los años 60 la economía continuó creciendo bajo el estímulo del mercado común centroamericano que luego se debilitó. Sin embargo, en los años 70 la economía continuó creciendo alcanzando su máximo histórico del producto interno bruto en 1974. Pero esas cifras estaban influenciadas por la inversión en la reconstrucción de la capital, Managua, después del terremoto de 1972. El crecimiento de la economía tuvo un drástico decrecimiento producto de la guerra que terminó con la dictadura somocista en 1979. Durante los años 80, la revolución sandinista, que contó con ayuda internacional, inició un proceso de reconstrucción del país en el que la educación y la salud fueron prioridades.

Según el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO, 2011), la superficie total para agricultura es de 8.6 millones de manzanas. En relación con su tenencia, 75% de la tierra está en manos de fincas mayores a 50 manzanas, en tanto las fincas mayores de 100 manzanas ostentan 56% de la tierra. Las fincas cuyo tamaño va de 0.1 a 20 manzanas tienen apenas 11% de la superficie cultivable de Nicaragua. En este último segmento se encuentra el tipo de agricultura familiar que abastece importantes alimentos a la población nicaragüense, contribuyendo sólidamente a la seguridad alimentaria de la nación (**Figura 2**).

Es valioso el papel de la agricultura en la seguridad alimentaria y, sobre todo, el papel que juegan los cereales como primera fuente de proteína y energía de la que dispone la población nicaragüense. La producción de cereales desde los años 60 hasta 2010 presenta una tendencia al aumento no solo en relación con el área sembrada sino, además, de rendimiento (**Figura 3**). En la década de los años 80, el área sembrada disminuyó por la guerra en la zona norte de Nicaragua, sin embargo, el rendimiento fue superior al observado en la década de los 70.

La participación del sector ganadero en la economía ha sido de gran desempeño en los últimos años, siendo el sector de mayor crecimiento en las exportaciones para el periodo 2011-2012 por encima del sector cafetalero, zonas francas y minería (CADIN, 2013). Del total de exportaciones para

el año 2012, el mayor crecimiento correspondió al sector de carnes y vísceras, con 66%, seguida por el sector lácteo, con 26% (**Figura 4**). Es conocido que el sector ganadero en Nicaragua se ha caracterizado por una producción extensiva de bajo rendimiento y alto impacto ambiental, representando un reto elevar su nivel tecnológico para incrementar su productividad y también en función de la preservación del medio ambiente.

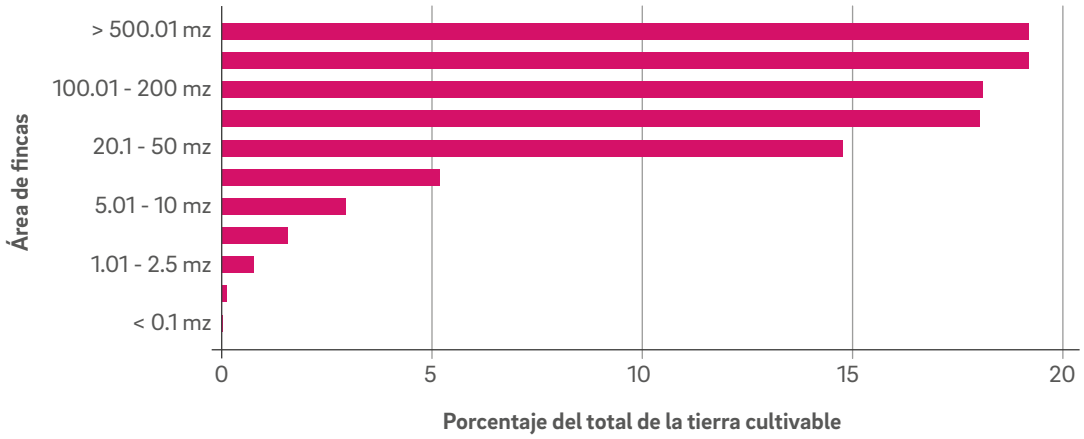
La actividad ganadera ha creado graves problemas por mal manejo y externalidades de magnitudes desastrosas para la población. Sin embargo, el problema no es la agricultura o la ganadería, que son necesarias, sino el modelo convencional de hacer agricultura.

Las exportaciones agropecuarias del país se mantuvieron por encima de los US$ 1,000 millones de dólares desde 2010 hasta 2015, siendo 2012 el año de mayor exportación (581.7 millones) y 2015 el de mayores importaciones (273.7 millones) (**Figura 5**).

Desafíos de la agricultura familiar

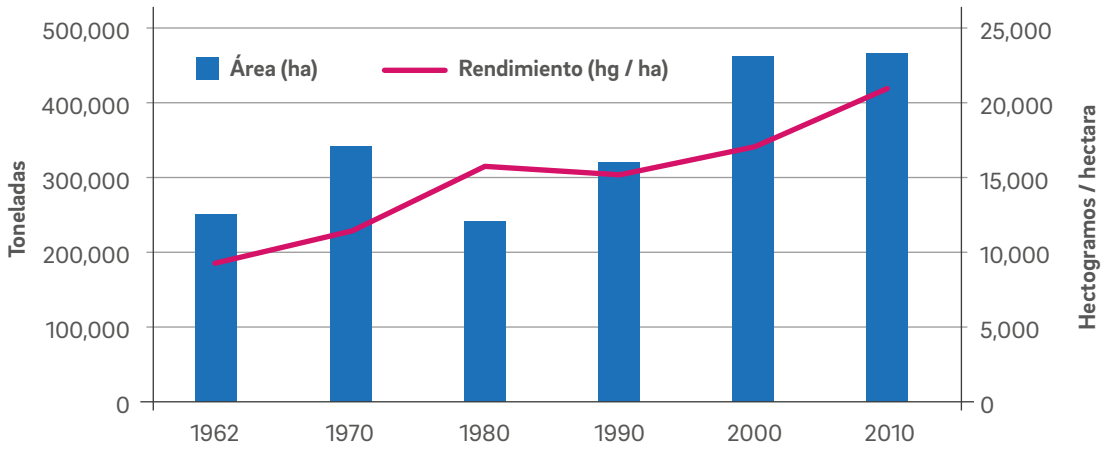
La agricultura y la ganadería constituyen el vínculo de la sociedad con la naturaleza y son el eje de la vida económica, social y cultural para la nación y sus habitantes (Morales, 2011). Se sabe que el ma-

Figura 2. Tamaño de fincas y su porcentaje del total de la tierra arable disponible



Fuente: Elaboración propia con base en el CENAGRO (2011).

Figura 3. Producción total de cereales en Nicaragua (1962-2010)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2013.

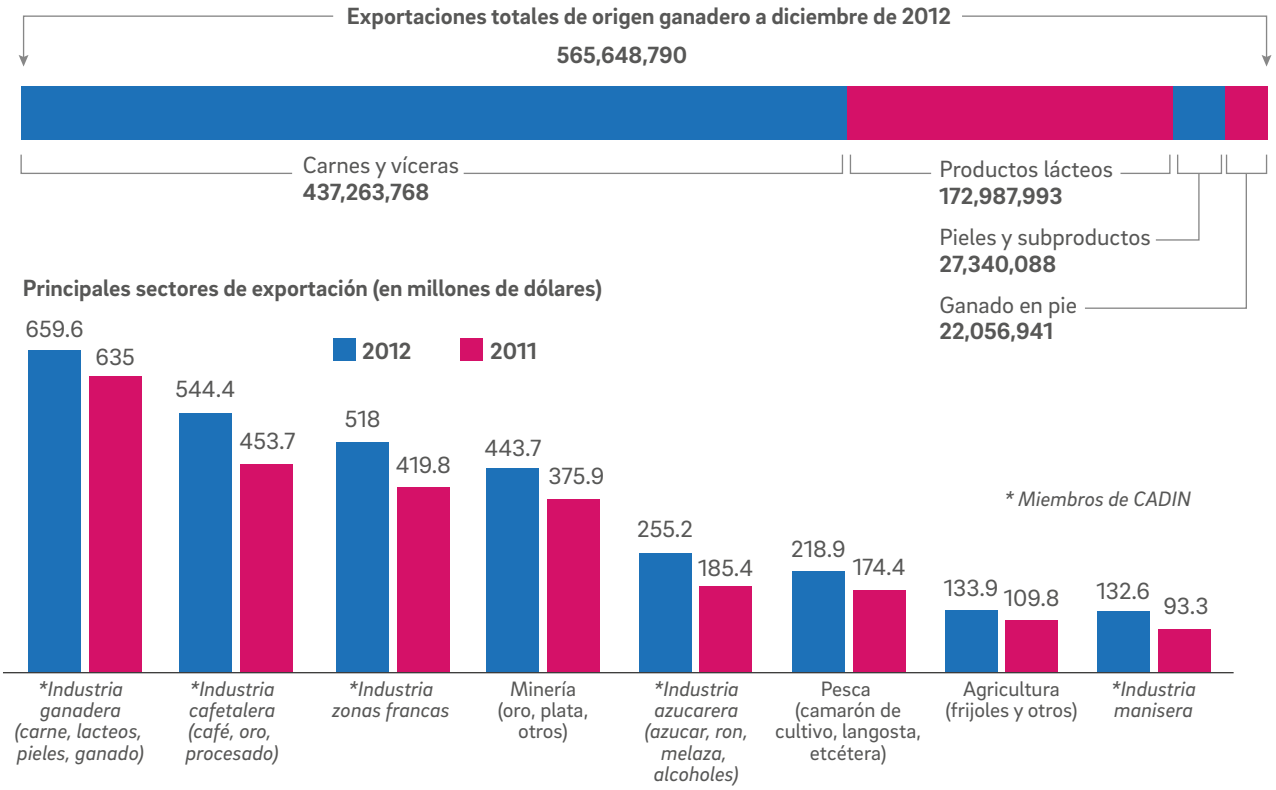
yor impacto del cambio climático principalmente se dé en la zona conocida como el "Corredor Seco". Se trata de una zona geográfica que representa 34% del territorio nicaragüense con una extensión de 41,148.03 km², pero que concentra 80% de la población nacional. Esta zona incluye los departamentos de Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Chinandega, León, Managua, Rivas, Masaya, Granada y Carazo, y de manera parcial los departamentos de Matagalpa, Jinotega, Boaco y Chontales con un total de 116 municipios (Baires *et al*., 2004).

Según Baires *et al*. (2002), la agricultura familiar representa 80% de las familias productivas de Nicaragua. Por otro lado, la agricultura familiar produce gran parte de la producción de maíz y de frijol. Estos granos básicos constituyen la base de la alimentación de la población y, por lo tanto, la autosuficiencia alimentaria del país.

Otro reto significativo es incrementar la productividad de la agricultura del país Garantizar la seguridad alimentaria es crítico para el desarrollo nacional.

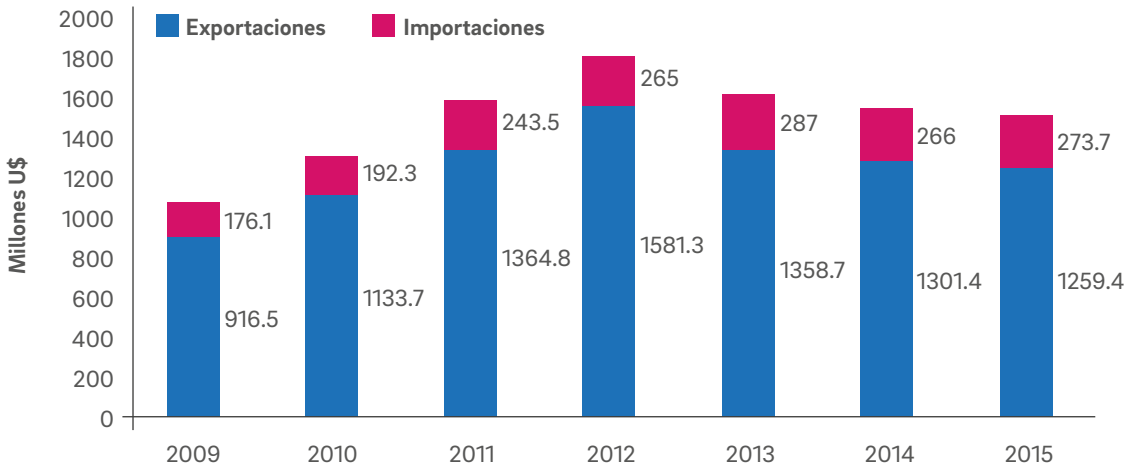
La agricultura familiar es un modelo presente en la agricultura nicaragüense que contribuye decisivamente a la soberanía alimentaria y no necesariamente con las mejores condiciones de producción. Este tipo de agricultura tiene el mayor número de fincas en una menor área de tierra, en cambio, la gran producción ocupa la mayor parte de la tierra en Nicaragua. El papel de la pequeña agricultura familiar es doblemente loable, no solo porque garantiza la soberanía alimentaria, sino porque ha conservado los suelos, el agua y la biodiversidad como garantía de su sobrevivencia. Aun bajo condiciones marginales, la agricultura familiar agropecuaria contribuye significativamente en la agricultura nacional. Esta produce rubros vitales para la diaria alimentación de la población nicaragüense, abasteciendo con más de 60% la producción de frijoles, más de 50% la de maíz, más de 40% la de carne de cerdo y con 30% o más la producción nacional de carne y leche, raíces y tubérculos, hortalizas y cacao (**Figura 6**). La participación de la agricultura familiar en el

Figura 4. Producción del sector ganadero 2011-2012



Fuente: CADIN (2013)

Figura 5. Balance de exportaciones e importaciones de productos agropecuarios (2009-2015)

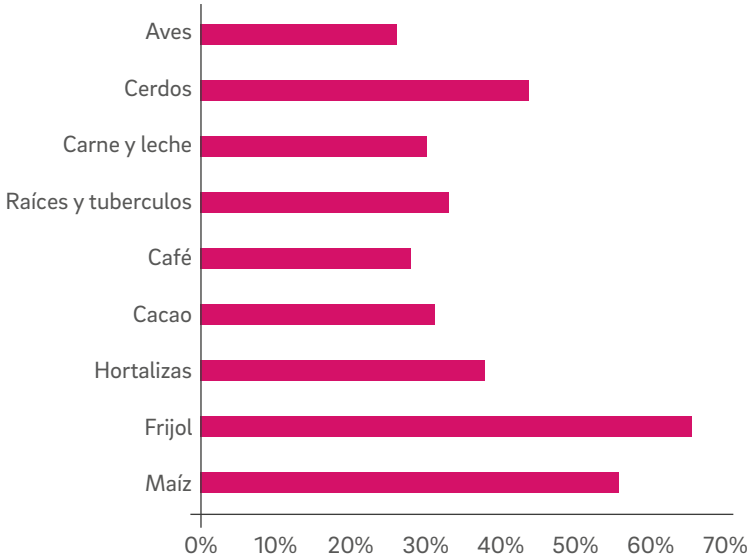


Fuente: Elaboración propia con datos de la CEPAL (2015), Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas.

sector avícola es menor, ya que ha sido adquirida en su mayoría por el capital transnacional de la industria de la alimentación.

A futuro, la aplicación de la Ley 765 de Promoción de la Agroecología y su reglamento debería incentivar el modelo de agricultura familiar y su resiliencia.

Figura 6. Porcentaje de rubros producidos por la agricultura familiar en Nicaragua



Fuente: Elaboración propia con datos de FAO, 2012.

Características ambientales y situación de los ecosistemas

Situación hídrica

El ciclo del agua deposita anualmente 311 km³ de lluvia en Nicaragua, que en promedio cubrirían los 130 mil km² de nuestro territorio con una capa de casi 2.5 m de agua de altura. Unos 60 km³ de agua logran infiltrarse y el resto se evapora regresando a la atmósfera o se escurre en forma de ríos hacia las vertientes del Pacífico y el Caribe, depositándose temporalmente en lagos y lagunas cratéricas. Los registros del sistema de estadísticas mundiales Aquastat de la FAO muestran que para el año 2014 los recursos hídricos renovables per cápita fueron de 27,056 m³/hab/año, lo que equivale a 74,126 litros por persona por día. No obstante esta abundancia hídrica nominal, el acceso de la población al agua potable y especialmente con la calidad adecuada, sigue siendo un factor limitante para el desarrollo nacional. Peor aún, el mismo sistema estadígrafo citado muestra que en 1992 los recursos hídricos renovables totales per cápita de Nicaragua totalizaron 37,886 (m³/hab/año), equivalentes a 103,79 (litros/hab/día). De

tal forma que, en solamente dos décadas (1992-2014), este indicador de la dotación diaria del agua por persona se redujo cada día para cada persona en 29,671 litros (aproximadamente 30% menos). Resulta preocupante constatar, además, una tendencia notable del incremento de esta pérdida diaria por persona progresivamente.

Los efectos de esta reducción progresiva en el acceso al agua han sido reportados en documentos como "Crisis Socio-Ambiental de Nicaragua Post sequía 2016" (Centro Humboldt, 2016).

A pesar de que Nicaragua cuenta con toda el agua de óptima calidad que pudiera necesitar para irrigar los mejores suelos agrícolas y abastecer con agua potable a toda su población con las excelentes aguas del Gran Lago Cocibolca, el país continúa dependiendo de regímenes de lluvia cada vez más impredecibles e irregulares, lo que equivale a apostar nuestra seguridad alimentaria y sostenibilidad económica nacional en un juego de azar basado en factores incontrolables influenciados por la variabilidad y el cambio climático global.

Nicaragua tiene la capacidad de implementar medidas de adaptación ante el cambio climático a nivel local, corrigiendo responsablemente los efectos causados por la ausencia de administración territorial a nivel nacional. Es bien conocido que los tensores ambientales que ya son lugar común tales como deforestación, cambios en el uso de suelos, impermeabilización en áreas de recarga hídrica, sobreexplotación de acuíferos, contaminación de cuerpos de agua por desechos sólidos y líquidos, abuso de tóxicos agroquímicos, entre otros, son causantes de erosión (hídrica y eólica), disminución de aguas subterráneas, pérdida de calidad del agua, disminución de caudales hídricos y hasta desaparición de fuentes de agua.

La necesidad de desarrollar capacidades para administrar el comportamiento del agua una vez que llega a la superficie del territorio es el objeto de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), definida por el Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership) como "un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas".

La GIRH podría servir de herramienta para el aprovechamiento y protección de las cuencas hídricas. Dicha previsión está contenida en las Leyes 620 (Ley General de Aguas Nacionales) y 699 (Ley que crea la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Hídrica de los Lagos Apanás, Xolotlán y Cocibolca y del Río San Juan, cuyo eje es la formulación del Plan de Gestión Integral de la Cuenca de los Grandes Lagos de Nicaragua. El objetivo es corregir los usos inadecuados de los suelos que nos convierten en territorios particularmente vulnerables a los efectos de la variabilidad y el cambio climático. No se trata de "reforestar" solamente, sino de planificar e implementar conjuntamente (Estado, sociedad civil, academia y todos los actores involucrados) planes integrales de desarrollo apropiados a nivel de cada cuenca hídrica, que corrijan cada problema causado a la naturaleza, posibilitando fines de utilidad social, económica y ambiental de forma sostenida: agua para todos los usos y para todos los usuarios. Por esta razón, la propuesta desde la sociedad civil formulada por la Alianza Nicaragüense ante el Cambio Climático (ANACC) "Agenda Ambiental para el Desarrollo Sostenible, Nicaragua 2020" (Centro Humboldt, 2016), enfatiza la necesidad de implementar, entre otras, las siguientes acciones:

- Dar cumplimiento a los compromisos de la Ley General de Aguas Nacionales (Ley 620), consignados como Principios Rectores de los Recursos Hídricos e Instrumentos de Gestión;
- Constituir el Sistema Nacional de Información de los Recursos Hídricos, conformado principalmente por la información geográfica, meteorológica, hidrológica, hidrogeológica e incluye el manejo de los bancos de datos, la operación y mantenimiento de las redes y la difusión de la información obtenida.
- Implementar la Planificación Hídrica; la formulación e integración de la planificación hídrica tendrá en cuenta adicionalmente los criterios necesarios para garantizar el uso benéfico sostenible y el aprovechamiento integral de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas y los acuíferos como unidades de gestión. La planificación hídrica implica la elaboración de un Plan Nacional de los Recursos Hídricos por la autoridad nacional del agua,

Mapa 1. Regiones de Nicaragua

Mapa 2. Mapa agropecuario de Nicaragua

que servirá de base para que se elaboren planes y programas por cuenca, bajo la responsabilidad de los Organismos de Cuenca.

Implicaciones de las tendencias forestales

Los bosques y árboles dispersos proveen frutas, semillas comestibles y otros alimentos silvestres y sostienen gran parte de la cadena alimentaria. El fuerte vínculo entre bosques y seguridad alimentaria y nutricional a veces ha sido pasado por alto, pero está siendo más reconocido en los últimos años y, con esto, la importancia de la protección y manejo sostenible de los bosques para asegurar las necesidades alimentarias de una población creciente.

La tasa nacional de deforestación ha sido estimada en 70 mil hectáreas (ha) por año, de acuerdo con el último Inventario Nacional Forestal (INAFOR, 2008). A este paso, los 3.25 millones de hectáreas de bosques existentes podrían desaparecer en menos de 50 años. Como en otros países en desarrollo, las causas primarias de la deforestación en Nicaragua están relacionadas con el cambio de uso de suelo causado por la agricultura y ganadería extensivas.

La pérdida de los bosques conllevan una subsecuente degradación de recursos hídricos, salud de suelos y biodiversidad. Esta degradación de los ecosistemas puede causar un decremento en poblaciones de especies importantes por su valor alimentario y nutricional, como la reducción de poblaciones de peces en cuencas hídricas deforestadas. Alimentos y agua también se vuelven escasos en el Corredor Seco del Pacífico debido a períodos de sequía más extensos causados por el cambio climático. Los paisajes deforestados reducen la resiliencia de la región a estos eventos.

La leña para cocinar es otra pieza importante en el vínculo bosques y seguridad alimentaria. Esta constituye el uso más común de los productos forestales (23,5%), incluso antes que la madera (18,5%) y su demanda también ha contribuido a la degradación y deforestación de los bosques (INAFOR, 2008). De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015), alrededor de 60% de la población utiliza leña para uso doméstico. La Estrategia Nacional de Leña y Carbón 2011-2025 impulsada por el Ministerio de Energía y Minas y el Instituto Nacional Forestal pretende promover la sostenibilidad del recurso y el establecimiento de una cadena productiva de la leña, asegurando su calidad y trazabilidad. La tendencia en la pérdida de bosques reduciría progresivamente la disponibilidad de leña, afectando a miles de familias en áreas rurales y urbanas.

La región Caribe, donde se encuentra más de 60% de los bosques, es también la segunda región con mayor incidencia de pobreza y pobreza extrema (INIDE, 2016). El impacto en los ecosistemas de bosques, debido en gran parte a prácticas inadecuadas del sector agropecuario, amenaza a la seguridad alimentaria, en especial para las comunidades rurales e indígenas que dependen más directamente de los recursos del bosque para sus necesidades básicas, y o bien carecen o tienen dificultad de acceso a otros recursos alimentarios disponibles en centros urbanos a precios más altos.

Respecto de la gestión de los bosques, se han realizado acciones en términos de legislación, elaboración de políticas, sistemas de prevención y control de incendios forestales, sistema de trazabilidad forestal y planes de reforestación con especial atención a zonas riparias por su importancia para los recursos hídricos (Bornemann *et. al.*, 2012). Sin embargo, los recursos técnicos, financieros y humanos en el marco de la gestión forestal han sido insuficientes, y la aplicación de las regulaciones se hace incipiente sobre todo en las áreas protegidas del Caribe y sus zonas de amortiguamiento, donde se evidencia una gobernanza precaria de los recursos naturales.

Los continuos daños a los bosques y sus ecosistemas incrementarán las consecuencias negativas en términos de disponibilidad, acceso y estabilidad de los recursos alimenticios. Es necesario integrar políticas y prácticas adecuadas desde los sectores agropecuario y forestal como parte de una estrategia nacional en seguridad alimentaria y nutricional. Esta necesidad se ha reflejado en la Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (Ley 693, 2009) así como en el Plan Sectorial de Desarrollo Rural Incluyente, que integra el Plan Nacional de Alimentos, el Programa Nacional Forestal y el Programa Nacional de Agroindustria Rural (MAGFOR, 2009; Córdova, Ponce & Dietsch, 2014).

Se espera que los esfuerzos mencionados tengan continuidad y se traduzcan en un adecuado financiamiento y promoción a la investigación, pequeños negocios e innovación, y efectivos in-

centivos forestales. Esto serviría para apoyar el manejo y la reforestación de los ecosistemas de bosques con énfasis en: mejorar las prácticas de manejo forestal para mantener o incrementar los suministros alimenticios, transformar productos alimenticios silvestres en productos con valor agregado y promover sistemas más eficientes de producción incluyendo sistemas agroforestales. La gobernanza forestal, bajo un modelo colaborativo e inclusivo, es clave para la implementación de políticas forestales dirigidas hacia la seguridad alimentaria y nutricional.

Un caso particular en cuanto al tema de bosques lo constituye la Reserva de la Biosfera de Bosawas, que es la mayor reserva forestal de Centroamérica (área de 19,926km², 15% de la superficie total de Nicaragua) y la tercera a nivel mundial. Declarada por la UNESCO como Reserva de la Biosfera en 1997, es uno de los mejores ejemplos de bosque tropical húmedo y de bosques de nebliselva de la región con una gran relevancia mundial, debido a su riqueza en biodiversidad y recursos hídricos. Sin embargo, en las últimas décadas ha sido amenazada por la deforestación extractivista. Desde 2000, la reserva de Bosawas ha sido invadida por colonos que se han asentado talando el bosque para dedicarse a la agricultura y la ganadería. La amenaza está en aumento y hasta la fecha han sido desforestados más que 2,500 km². Permanentemente existe una situación de conflicto armado que impide situarse en un proceso de desarrollo con un plan de protección y manejo de bosque. Existen fuertes conflictos sociales entre la población indígena (Mayagnas y Miskitos) y los "colonos", lo que ha agudizado la pobreza de los comunitarios, así como la reducción de la biodiversidad. El Plan de Manejo existente no se implementa y actualmente no existe capacidad ni voluntad de gobernanza para defender esta reserva.

Marco institucional para la gestión de conocimiento de la seguridad alimentaria en Nicaragua

En Nicaragua la investigación en materia de seguridad alimentaria ha seguido un enfoque lineal de generación y transferencia tecnológica, basado en los moldes de la revolución verde (intensivo en la gestión artificial de la fertilidad, mecanización y simplificación de la biodiversidad) con impactos negativos en la cobertura forestal; con profundos impactos en la degradación ambiental y en la calidad de vida de importantes poblaciones centroamericanas que enfrentan deterioro de salud. Se estableció un modelo de innovación orientado desde la oferta.

A partir del año 2000, el modelo organizativo institucional buscó un giro para una innovación orientada por la demanda, creándose para ello la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA), que aglutina universidades privadas y públicas, organismos no gubernamentales y del Gobierno. Del año 2007 al presente (2017), el modelo organizativo institucional retorna su péndulo a un enfoque centrado en el rol preponderante del Estado.

El marco institucional actual, para el sector agropecuario y la seguridad alimentaria, se creó entre 2000 y 2005, empujado fuertemente por la cooperación al desarrollo, promoviéndose el PRORURAL, instrumento sectorial para el desarrollo rural y agroalimentario del país, que en 2007 pasa a denominarse PRORURAL Incluyente, con el objetivo de apoyar el desarrollo de la agricultura familiar. Desde su conformación, el sistema público agrícola rural (SPAR) interactuó con el sistema privado agrícola rural de manera esporádica y su dinámica obedeció a la existencia de ayuda y cooperación de donantes.

Los instrumentos actuales para la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) se agrupan y terminan de desarrollar en el período 2007-2009 y sirvieron de base para los artículos 30 y 31 de la Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (SSAN). El abordaje SAN está dentro del Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) 2008-2012, y el instrumento sobre el que se apoya es el Programa Hambre Cero (PHC). Pero en este período el enfoque de seguridad alimentaria y nutricional se amplía con soberanía alimentaria, introduciendo elementos de desarrollo. A partir del PHC (2007), los sectores involucrados revisan sus instrumentos, reforzándose el PHC como la Política Hacia la Erradicación de la Desnutrición Infantil del Ministerio de Salud (MINSA 2007) y Política SAN del Ministerio de Agricultura y Forestal, MAGFOR (2009).

En el período 2012 a 2106, el PNDH agrupa los instrumentos de políticas vinculados a la Ley 693 y se desarrollan nuevos instrumentos de políticas públicas que demandan nuevas líneas de gestión de conocimiento e instrumentaciones como la Política Agroecológica (2011).

Las Universidades del Consejo Nacional de Universidades (CNU), inician un proceso de alianza con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y en 2015 se estableció el Sistema Nacional de Investigación e Innovación Agropecuaria (SNIA) expresado en el modelo de alianzas del PNDH con el propósito de mejorar la coordinación y complementar los procesos de investigación e innovación entre productores, universidades, centros e institutos públicos y privados de investigación.

Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria Nacional (Ley 693)

En la Ley 693 se establecen funciones específicas a las universidades en materia de gestión de conocimiento por medio de los Consejos Técnicos Sectoriales de la Seguridad Alimentaria, espacio responsable de generar recomendaciones técnicas a la Secretaría Ejecutiva SSAN, propuestas de políticas, coordinación con instancias territoriales. Con ello se establece un sistema alimentario capaz de proveer, de manera sostenible, alimentos nutritivos e inocuos, culturalmente aceptable, enmarcado en nuestro patrimonio cultural y ambiental. Se promueve la transformación en los modos y medios de producción del sistema alimentario, "en armonía con el medio ambiente, priorizando la pequeña y mediana producción, para el aumento de la productividad y la diversificación en el marco de un mercado incluyente y justo, orientado a alcanzar la autonomía alimentaria nacional basada en la cultura alimentaria nacional".

La ley estimula un sistema nutricional "que llene las necesidades energéticas, nutricionales y culturales, y que garantice la salud y el bienestar de nuestras comunidades, la eliminación de la malnutrición, priorizando la atención a mujeres embarazadas y lactantes y la erradicación de la desnutrición crónica infantil".

En materia educativa, la ley establece un sistema educativo que forme recursos humanos emprendedores y promueva saberes en la población estudiantil y la comunidad escolar que "les permita un mejor aprovechamiento sostenible de los recursos locales, fortalezca la cultura de producción y consumo basados en la diversidad cultural nacional y promueva cambios de comportamiento para mejorar el estado alimentario y nutricional de las familias nicaragüenses". Además, se promueve el respeto del derecho de diversidad cultural alimentaria.

En el tema ambiental la ley aprueba un "sistema ambiental natural que asegure la calidad del agua, suelo y biodiversidad, en el marco de la conservación y un manejo sostenible de los recursos naturales, que garantice la alimentación y nutrición, la salud, la cultura y la riqueza de nuestras comunidades".

La Ley No. 881 convierte al país en el primero del mundo en contar con un Digesto Jurídico Nicaragüense en Materia de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (2014), estableciendo los límites comprensivos de los alcances de la Ley 693 de Nicaragua.

Esta ley también determina cómo deben alcanzarse los resultados presentados en las responsabilidades sectoriales, indicando la de coordinación, articulación y armonización de las competencias sectorial a lo interno y con otros sectores. Esta adecuación multi-sectorial, multi-territorial y multi-actores representa avances significativos en abordajes integrales de SAN, sin embargo, el entendimiento común para la vinculación de políticas sectoriales y territoriales y entre niveles territoriales para una visión de largo plazo se encuentra en construcción, con la debilidad de que el enfoque territorial ha estado ausente durante los últimos dos planes nacionales de desarrollo. En este contexto, la gestión de conocimiento es un eje central que posiciona al sector académico como un actor protagónico para alcanzar un modelo de desarrollo territorial incluyente, integrado y sostenible como respuesta a los retos de los procesos y dinámicas territoriales para los próximos 50 años.

Sistemas nacionales de investigación agrícola

El sistema tradicional de investigación agrícola de Nicaragua ha sido deficiente para lograr rendimientos agrícolas, productividad del trabajo e intensificación sostenible de la economía por unidad de superficie, fundamental en un país con 70% de su territorio ubicado en laderas.

El análisis de productividad y eficiencia técnica muestra que, en los rubros de granos básicos, el mejoramiento a lo largo de 55 años se ha debido más a la extensión de superficie que al incremento de rendimientos (Zúñiga-González, 2016), con profundos impactos en la cobertura boscosa y la biodiversidad del país. Hurtado (2016) señala que ha existido incremento de productividad de rendimiento por superficie en los últimos 20 años, pero por debajo de los EUA y de la mayor parte de países centroamericanos, lo que incrementa las vulnerabilidades frente a los tratados de libre comercio vinculado al comercio agroalimentario. Según Baumester (2009), uno de cada cinco productores y uno de cada diez pobladores rurales se encuentran vinculados a la producción de granos básicos.

El modelo de desarrollo de gestión de conocimiento ha estado de espalda a la gestión de la biodiversidad y al diálogo de saberes, por lo que la tecnología agraria se ha centrado sobre pocos productos y de carácter monocultivista, y en el marco de la gestión artificial de la fertilidad, lo que generó gran vulnerabilidad de la producción agroalimentaria frente al alza de los precios del petróleo (2007/2008; 2010/2014), así como el control de superficie por unidad de trabajador para optimizar el ingreso (en las condiciones territoriales centroamericanas de restricciones de superficie agrícola), en vez de biomasa útil por unidad de superficie para incremento de ingreso.

La estabilización intraanual de los mercados laborales o la construcción de una visión territorial de los mercados laborales rurales nunca han estado sobre la agenda. Todo esto se encuentra en la base de las fragilidades del país en materia de seguridad alimentaria y nutricional.

Capacidades de investigación que requieren mayor desarrollo

Las capacidades de investigación para el sistema agroalimentario en Nicaragua han estado enfocadas en la gestión artificial de la fertilidad, la simplificación de la biota y mecanización. Las investigaciones revisten más un carácter folclórico que de gestión eficiente y resiliente de la biota alimentaria local.

Sin embargo, la reciente introducción de la política agroecológica (2011) en el Ministerio de Agricultura y este perfil de carrera en las universidades con ciencias agrarias abren la posibilidad para cambios sustanciales en la gestión económica territorial de los sistemas productivos agroalimentarios, como la gestión de la biodiversidad y la optimización de biomasa útil por unidad por superficie, necesarias para la recomposición de las economías ambientales de las laderas, principalmente las del trópico seco, cadenas de valor estructuradas en la gestión de la biodiversidad.

Un informe del Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica (PRESANCA, 2010) señala la deficiencia de ingreso como la variable determinante de la seguridad alimentaria y nutricional en Nicaragua y Centroamérica. Sin embargo, la gestión de conocimiento orientada a mejorar las condiciones de mercado (ingreso mínimo y estabilidad intraanual de los mercados laborales) continúa ausente en la reflexión académica y política.

Un problema central en la gestión de conocimiento sigue siendo la evaluación de impacto. En parte, esta problemática requiere crear sólida capacidad analítica y de manejo de bases de datos que son áreas débiles con respecto al capital humano involucrado en el análisis de la generación de tecnologías en el sector agropecuario (Tschirley, Flores, & Mather, 2010). Los datos de publicaciones científicas (INASP, 2008) muestran que las universidades hacen énfasis en áreas vinculadas a la producción agroalimentaria, lo que le da condiciones de solución de los problemas de SSAN apremiantes en esta materia, pero se hace muy poco esfuerzo en áreas económicas, lo que deja de fuera elementos fundamentales de los actuales determinantes de SSAN.

Redes de colaboración científica

El sistema de colaboración científica interna entre las 59 universidades de Nicaragua es débil. La colaboración científica y la gestión colectiva son necesarias en distintos niveles territoriales. El fortalecimiento en materia de gestión de conocimiento de las comisiones del CNU, así como del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, a nivel nacional podría resultar en la conformación de diferentes tipos de redes, fortaleciendo sistemáticamente el capital social para investigación. En este sentido, hay que trabajar redes internas y entre universidades.

En materia de SSAN, las universidades se han agrupado en el Consejo Inter Universitario para la Soberanía, Seguridad Alimentaria y Nutricional (CIUSSAN), adscrito al CNU. Este espacio de gestión de conocimiento cuenta con una agenda de investigación que debe fortalecerse vinculándose con las prioridades y necesidades de gestión de conocimiento de los instrumentos públicos o de demanda de las poblaciones vulnerables en su derecho humano a la alimentación.

Los institutos de investigación de las universidades y los institutos públicos aún no logran establecer conexiones dinámicas y estables. Los modelos relacionales están condicionados por la baja financiación para la interacción y el crear agenda común y consensuada para interactuar en temas claves y prioritarios como la productividad y la relación con la seguridad alimentaria en el país. Aún no hay acuerdos para el trabajo conjunto en la búsqueda de financiamiento y el aprovechamiento de becas y subvenciones.

A nivel internacional, las universidades más grandes tienen programas de colaboración e internacionalización como una nueva dimensión de vinculación a fortalecer. Los datos de publicaciones científicas muestran que las universidades tienen relaciones internacionales vía proyectos de investigación y los académicos escriben con sus pares de EUA, Europa y Costa Rica.

Acceso y mantenimiento de bases de datos de seguimiento de sistemas agrícolas

De acuerdo con el estudio de capacidades de la Michigan State University, Nicaragua presenta excelentes bases de datos para monitoreo de ámbitos de SAN, sin embargo, hay debilidades para la gestión de dichas bases.

La Ley 693 establece un Sistema Nacional de Evaluación y Seguimiento para la soberanía y la seguridad alimentaria y nutricional, a partir de los sistemas sectoriales de evaluación y seguimiento. Sin embargo, no ha sido funcional a falta de la secretaría misma. El abordaje sectorial de la SAN centralizó la información pública en los ministerios de referencia (Salud, Educación, Agropecuario, Fomento, Industria y Comercio) cada uno con gestión diferente de información y, por ende, presentada de manera diversa y desintegrada. Aunque existe una ley de acceso a la información púbica, esta situación dificulta el acceso a datos actuales y oficializados. Algunos municipios transfronterizos han montado sus observatorios municipales de SAN.

A nivel de las universidades, la Universidad Centroamericana y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León) participan, desde sus facultades de Derecho, en el Observatorio del Derecho Humano a la Alimentación de América Latina y el Caribe (ODA), y aquí se debe incidir para trascender de un enfoque legalista a un enfoque integral desde las determinantes de la SAN, siendo aquel un observatorio que el Consejo Interuniversitario de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (CIUSSAN) ha comenzado a gestionar con la FAO, en el marco de la Cooperación Sur–Sur. Asimismo, el CIUSSAN espera ingresar en el ODA siendo el primer consorcio universitario en hacer esta solicitud. Sin embargo, a nivel de seguimiento y evaluación de los programas de gobierno en materia de SAN, la información es limitada.

Desarrollo científico e infraestructura

En Nicaragua las universidades generan el mayor número de investigaciones, pero un problema es la falta de sistematización de sus productos de conocimiento, servicios y tecnologías. Según estudios del CONICTY (2008, 2014), se reportan 91 unidades de Investigación y Desarrollo (I+D) de las universidades miembros del Consejo Nacional de Universidades, junto a 16 unidades de I+D en el sector de universidades privadas.

En Nicaragua, el desarrollo científico observado en los últimos 20 años, desde la óptica de las universidades, muestra las siguientes tendencias:

- Una primera fase muestra la senda evolutiva de un enfoque técnico (adquisición de equipo y artefactos). Esta fase fue en gran parte provista por el fondo de la cooperación del reino de Suecia y fondos de la cooperación española.
- Una segunda fase de desarrollo de capital intelectual entre los años 1980 hasta mediados del año 2004, donde muchos académicos de las universidades obtuvieron doctorados de países del bloque socialista; luego, de países escandinavos y, posteriormente, de universidades de Centroamérica.
- Una tercera fase (2005 -2016) muestra una presión de usuarios para que el sistema sea

pertinente por el lado de la demanda, activando el tema de rendición social de cuentas por parte del Consejo Nacional de Universidades (CNU) (CNU, 2011; 2012).

La ausencia de una política, de una ley y de un plan concreto de ciencia y tecnología ha limitado el progreso en materia científica. La rendición social de cuentas que año con año el CNU entrega a la sociedad nicaragüense necesitan ser más sustanciales en el análisis de datos.

Capacidades en investigación inter y transdisciplinaria, modelización

La investigación inter y transdisciplinaria es de baja frecuencia en las universidades miembros del CNU y casi ausente en las universidades privadas. El tránsito del Modo 2 de interacción y de una universidad de tipo Humboldt, en Nicaragua no es efímero sino ausente. Los modelos disciplinarios aún prevalecen en los marcos conceptuales y estructuras de carreras de las universidades.

Hay algunos proyectos de investigación, pero esporádicos, en las universidades que están experimentado con ámbitos de inter y transdisciplinariedad, dirigidos al tema de desarrollo rural y las mejoras de las maestrías que se imparten en la UNAN Managua (Hofmann-Souke *et al*., 2016) y los métodos de interacción con comunidades como actores (DEPARTIR, 2011) en la Universidad Agraria, UNA.

El ámbito de modelación de interacciones de la universidad con los actores sociales es área de estudio deficiente en las universidades. El área de crear y proteger el valor del conocimiento en las universidades y sus interacciones con comunidades, actores nacional y regional, y población indígena es débil y efímero (Alänge & Scheinberg, 2006). El desarrollo de la mano de obra calificada en Nicaragua está tensionada por el patrón de especialización productiva del país de baja productividad con consecuencias en las bajas remuneraciones y deficiencias de la seguridad social.

Los sistemas educativos operan dislocados y desarticulados. El talón de Aquiles del desarrollo de la mano de obra calificada, en el ámbito rural y agropecuario del país, está estrechamente correlacionado con el nivel educativo y la retención y abandono en etapas tempranas del sistema educativo (promedio cuarto grado de educación) que no logra ofrecer una educación útil, atractiva y adecuada a un desarrollo rural que genere como resultado un sistema alimentario sostenible. Ello ha contribuido a la migración rural y el envejecimiento de la mano de obra rural. Esta dinámica afecta el aprovechamiento del bono demográfico que el país está experimentando (Delgadillo, 2010).

Las universidades privadas en Nicaragua tienen una baja frecuencia en investigación. Poco participan suministrando datos para el relevamiento de indicadores de ciencia y tecnología (CONICYT, 2014). El CIUSSAN en el marco de la relación con la FAO bajo el modelo de Cooperación Sur–Sur supone establecer criterios para definir el aporte de las investigaciones en materia de SAN; estos indicadores serán entregados al CNU una vez discutidos con la Comisión de Investigación de dicha instancia. Este esfuerzo permitirá definir parámetros para cuantificar y cualificar la contribución de la investigación a la SAN.

Perspectivas del trabajo de las universidades

El desempeño de las universidades para el sistema nacional de innovación es vital, así como la creación de productos y servicios tecnológicos para un plausible incremento de la demanda alimentaria por crecimiento de la población, en el marco de un sistema alimentario sostenible. Existen espacios para coproducir conocimiento entre las universidades mismas, con el sector privado y comunidades indígenas en regiones del Caribe nicaragüense (Alänge & Scheinberg, 2006).

La productividad en el agro nicaragüense es clave para la seguridad alimentaria; se requiere un esfuerzo integrado del sistema educativo para influir desde la generación y acumulación de conocimiento en el estado actual. Se necesita trabajar la relación alta tasa de jóvenes, alta pobreza y baja productividad (USAID / BFS / ARP - Funded - Project, 2014).

Para responder a los grandes retos actuales, el sistema de gestión de conocimiento necesita fuertes adecuaciones como:

- Fortalecer la colaboración inter e intra universidad
- Sistema de financiamiento para el estímulo de sinergias que afiancen un involucramiento transdisciplinar y de interacción con actores

sociales con respecto a los saberes, proteja la propiedad intelectual y valide la coproducción de conocimiento.

- Integración de todos los subsistemas de educación para el desarrollo del talento humano.
- Hace falta un enfoque de intervención integral que incorpore nuevas tecnologías y promueva la innovación.

Tecnología e innovación

La economía de Nicaragua depende de su agricultura, que representa la principal fuente de ingresos de miles de familias en zonas rurales, donde se concentra la pobreza. En 2015, las actividades agrícolas crecieron 3,3%, lo que significa una contribución de 0.3 puntos al crecimiento del Producto Nacional Bruto. Esto se debió principalmente al café y los granos básicos (BCN, 2015). Sin embargo, a pesar de las muchas inversiones destinadas a aumentar la productividad, en comparación con otros países de América Central, Nicaragua tiene rendimientos más bajos en la mayoría de los cultivos importantes (**Cuadro 1**). Llama la atención que los rendimientos de cultivos como el maíz y el frijol, que son componentes clave de la dieta de los nicaragüenses, continúen siendo los menos productivos. Por el contrario, el cacahuate y el sorgo se encuentran entre los más altos, probablemente debido a las altas inversiones en insumos y tecnología del sector privado.

Son muchos los factores que reducen la productividad: las sequías, las inundaciones, la aparición de nuevas plagas y enfermedades, la baja fertilidad de los suelos y semillas de mala calidad, entre otros. Ciertamente, la agricultura nicaragüense tiene muchos retos por delante para hacer frente a la producción de alimentos bajo las actuales condiciones de cambio climático y utilizando los métodos tradicionales. Según el Banco Central de Nicaragua (BCN) (2015), el fenómeno de El Niño dio lugar a dos sequías consecutivas en 2014 y 2015 que redujeron la producción de alimento de muchas cosechas importantes y que tuvo efecto específicamente en las primeras temporadas de cultivo. Por el contrario, los niveles de lluvia en 2016 se ubicaron por debajo de lo normal después de junio, pero las precipitaciones se prolongaron hasta noviembre y diciembre poniendo en riesgo la cosecha de caña de azúcar, frijol, maíz, cacao y café. Esta fluctuación en las lluvias probablemente continuará en los próximos años. Las simulaciones de clima, obtenidas usando 16 diferentes modelos, sugieren que para 2050 las temperaturas aumentarán un promedio de 1.8oC con una variación entre -21 y 6% y afectarán principalmente a los meses de marzo, mayo, junio y julio (INETER, 2016).

En el contexto actual del cambio climático, la biotecnología agrícola desempeña un papel crucial para enfrentar las sequías, inundaciones, nuevas plagas y enfermedades, y otros problemas derivados del cambio climático. En Nicaragua, las herramientas y técnicas de la biotecnología que más se utilizan son el cultivo de tejidos y los marcadores moleculares. En 2008 había 35 profesionales en diez instituciones nacionales que contaban con capacidad para aplicar las herramientas y las técnicas de la biotecnología; cinco de ellas eran universidades, cuatro instituciones gubernamentales y una empresa privada (IICA, 2008).

Cuadro 1. Desempeño de los rendimientos (ton.ha-1) de cosechas económicamente importantes durante 2014

País	Cultivos							
	Maíz	Frijol	Arroz	Sorgo	Soya	Caña de azúcar	Café	Cacahuate
Nicaragua	1.5	0.7	4.3	2.2	2.3	89.3	0.7	5.5
Costa Rica	1.7	0.7	3.9	NA	NA	68.7	0.9	1.1
El Salvador	2.6	1.0	5.9	1.7	1.9	85	0.3	NA
Honduras	1.7	0.8	6.4	1.2	2.1	82.4	0.9	0.5
Guatemala	2.1	0.9	2.9	1.7	2.5	103.6	0.9	1.2

Fuente: FAO (2014); NA= no disponible.

Se han desarrollado iniciativas en la última década para aplicar las herramientas y las técnicas de la biotecnología agrícola en las áreas de fitogenética y fitopatología. Todos esos trabajos de investigación dieron lugar a las herramientas que se pondrían en práctica para la conservación de los recursos fitogenéticos, la producción de semillas y los programas de mejoramiento genético de especies como el maíz, el frijol, el cacao, el café, el pino rojo y la malanga, a través de la identificación de nuevas variaciones genéticas y el uso de los marcadores moleculares que se utilizan en la selección fenotípica (Loáisiga, 2007; Jiménez, 2009; Rivera, 2010; Loáisiga, 2011; Ruíz *et al*., 2011; Aragón *et al.*, 2012; Jiménez y Korpelainen, 2012; Jiménez *et al.*, 2012; INTA, 2013; Jiménez, 2014; Tijerino y Korpelainen, 2014). Además, algunas investigaciones han dirigido sus esfuerzos a mejorar las metodologías orientadas a la detección de cepas locales de patógenos en el jitomate, la papa, la malanga, el frijol y el cacao, utilizando marcadores moleculares y proporcionando valiosa información sobre la evolución y dinámica de los sistemas de cultivos y los agroecosistemas (Reyes *et al*., 2009; Herrera *et al*., 2011; Blandón *et al*., 2012). Asimismo, se han realizado esfuerzos para ofrecer nuevos protocolos de micropropagación del cacao usando embriogénesis somática (Juárez, 2012). Un caso particular es el del Centro de Biología Molecular de la Universidad Centroamericana, CBM-UCA, que desde 2012 ha participado en redes internacionales de utilización y validación de metodologías para detección de OGM. Una de esas redes es el Centro Común de Investigación conocido como el JRC (por sus siglas en inglés, Joint Research Centre), que provee asesoramiento científico y técnico no solamente a la Comisión Europea sino que también apoya a los laboratorios de detección de OGM en el mundo. Dicha red valida estos métodos a través de su laboratorio de referencia de la Unión Europea para alimentos y piensos modificados genéticamente. El CBM-UCA ha adquirido tecnología de detección que emplea materiales de referencia certificados por el JRC. A través de esa red, el CBM-UCA participa en pruebas de suficiencia técnica sobre OGM.

Agricultura de plantas

La producción de plantas en Nicaragua, tomando en cuenta el contexto actual, se podría clasificar como aquellos cultivos con buenos rendimientos, tal es el caso de la caña de azúcar, el cacahuate, el plátano, el café, el tabaco y el cacao (fino o de aroma), el aceite de palma, los vegetales (en tierras altas y en invernaderos), el maíz (híbridos) el sorgo (híbridos de semilla roja) y el arroz (sistemas de riego). El café representa alrededor de 54% de las exportaciones agrícolas (BCN, 2015). La producción de esos cultivos se realiza tomando como punto de partida semillas de alta calidad o plántulas, y utilizando un "paquete convencional" de insumos como el riego, los fertilizantes y los pesticidas. De la misma forma, la mayor parte de los trabajos de campo se lleva a cabo usando maquinaria y tecnología automatizada.

En el segundo grupo están los cultivos de subsistencia, que naturalmente podrían ser aquellos con un alto potencial como el frijol, el maíz (variedades sintéticas), el sorgo, el arroz (sistemas de precipitaciones), verduras (que no han sido producidas en invernaderos), plátanos y frutas con un amplio déficit tecnológico y, por ende, una baja productividad.

La biotecnología agrícola puede contribuir a ambos grupos con especial énfasis en el segundo de ellos. Primero, es importante considerar el poco uso de semillas y plántulas de alta calidad, que es menor a 15%. En segundo lugar, en el caso de las especies propagadas vegetativamente, muchas enfermedades transmitidas por semillas se propagan a través de propágulos que dan lugar a infecciones y estas, a su vez, aumentan la gestión de los costos, ya que se incrementa el uso de pesticidas, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. El uso de las técnicas de cultivo de tejidos relacionadas con la embriogénesis somática y el cultivo por injerto ofrecen la ventaja de producir plantas sanas y, en algunos casos, incluso tolerancia al estrés tanto del tipo biótico como abiótico. Estas técnicas son adecuadas para café, plátano, caña de azúcar, piña, papa, raíces y tubérculos.

Según el mapa de producción nacional (INETER, 2016), la caña de azúcar, el plátano, plátano macho, el café y las frutas utilizan alrededor de 241,000 ha, de tal manera que la demanda potencial de plantas continúa siendo alta. No obstante, en vista de los altos costos de las vitroplantas en comparación con los métodos tradicionales, es importante continuar investigando nuevos proto-

colos de micro-propagación y probar nuevos métodos que den lugar a la producción de vitroplantas a menor costo. En este sentido, es menester que el uso de recursos locales figure en los programas de investigación de laboratorios privados y gubernamentales.

Por otra parte, el uso de microorganismos benéficos para fertilizar los cultivos y controlar plagas y enfermedades ha aumentado en la última década en comparación con el uso de los compuestos químicos. La principal razón ha sido la necesidad de identificar nuevas alternativas para restaurar la fertilidad de los suelos y controlar las nuevas plagas y enfermedades. Hay muchas oportunidades en este campo de la ciencia y varias compañías privadas han incrementado el número de productos biológicos para uso de los agricultores. Este campo ofrece prometedoras perspectivas que podrían aumentar el número de empresas dedicadas a desarrollar nuevas soluciones para el manejo de los cultivos.

En 2016, las conferencias internacionales encabezadas por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) sobre cacao, café, frutas, raíces y tubérculos, verduras y agroecología, definieron un programa común con vistas a la organización de una feria en donde se presenten los compuestos biológicos producidos usando hongos del género *Glomus*, *Beauveria*, *Metarrizium* y *Trichoderma*. Estos acontecimientos promovieron la producción de plantas bajo un enfoque agroecológico con la participación de pequeños agricultores que producen sus propios biocompuestos con ayuda del Gobierno. No obstante, es preciso llevar a cabo más iniciativas para identificar nuevas cepas de agentes biológicos que controlen las plagas y las enfermedades a un costo menor y promuevan su uso práctico en diferentes cultivos. Para lograr lo anterior, la investigación debe enfocarse en la producción de compuestos concentrados de fácil uso en áreas grandes en lugar de continuar practicando la forma artesanal.

El uso de marcadores moleculares para facilitar la conservación de los recursos fitogenéticos y de cultivo de plantas deberá utilizarse en especies más domesticadas para poder estimar los niveles de diversidad genética y mejorar su reproducción. Aunque los marcadores moleculares son capaces de proporcionar información útil, la selección genómica podría generar importantes adelantos en los proyectos de cultivo. En este sentido, la detección de polimorfismos de nucleótidos únicos (SNP) se ha convertido en un sistema de marcador de alto potencial debido a la gran abundancia de polimorfismos de origen y a la facilidad con la cual la nomenclatura de alelos ha sido automatizada y analizada en cultivos importantes como el maíz, el arroz y el frijol (Ariani *et al*., 2016; Gorjanc *et al*., 2016; Marulanda *et al*., 2016).

La mayor parte de las variedades utilizadas en Nicaragua se obtienen debido a las iniciativas de los programas de cultivo regionales en cooperación con el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y los centros internacionales de investigación que son miembros del Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR). Muchos de estos programas de cultivo reciben apoyos para uso de polimorfismos de nucleótidos únicos (SNP). Sin embargo, el cambio climático experimentado en la última década ha dado lugar a cambios en los programas nacionales relativos al fitomejoramiento y se han enfocado en el fitomejoramiento participativo dirigido a la obtención de variedades bien adaptadas a las condiciones locales; por ejemplo, el proyecto Apoyo a la Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria en Nicaragua (http://intapapssan.info/papssan/) dio impulso al fitomejoramiento participativo mediante el uso de germoplasma local de maíz, frijol, sorgo y arroz, y puso en marcha más de 160 procesos de fitomejoramiento en un plazo de tres años, entre 2011 y 2014. Esto significa que los adelantos genómicos deben combinarse con las iniciativas nacionales con objeto de acelerar las ganancias genéticas de esos proyectos. De esta manera, las características de calidad –como el alto contenido alimenticio y las características industriales– podrían agregarse en los proyectos nacionales.

Los organismos modificados genéticamente (OGM) han sido objeto de debate en conferencias y reuniones en Nicaragua. Sin embargo, a pesar de la importancia de muchos de estos eventos dirigidos a solucionar problemas de agricultura y su disponibilidad comercial, existen enormes retrasos tecnológicos para producir suficiente alimento de manera sostenible que no han sido superados. El éxito de la biotecnología agrícola en Centroaméri-

ca dependerá de conseguir la suficiente ayuda institucional para promover las inversiones del sector privado. También requerirá el estímulo adicional de los esfuerzos públicos, principalmente en las universidades, para evaluar y adaptar la tecnología a las necesidades regionales específicas. Desde el año 2000, la Universidad Centroamericana (UCA) de Managua ha venido organizando y celebrando conferencias internacionales sobre biotecnología que han contado con la presencia de connotados científicos de renombre mundial y, además, ha establecido contacto con las comunidades científicas, no científicas y académicas. Algunas de estas conferencias se han centrado en el desarrollo de la seguridad alimentaria, la bioseguridad y el desarrollo agrícola (Huete-Pérez y Roberts, 2016).

No hay producción comercial de cultivos genéticamente modificados en Nicaragua. En 2010, el Parlamento Nicaragüense aprobó la Ley (705) sobre Prevención de Riesgos provenientes de Organismos Vivos Modificados por medio de la Biotecnología Molecular. Su aplicación, sin embargo, ha sido restringida debido a la falta de las normas de procedimiento necesarias para su implementación (Huete-Pérez y Roberts, 2016). Las leyes nacionales actuales y el funcionamiento de los mercados internacionales podrían impulsar la noción de que los OGM pronto se estarían utilizando en algunos cultivos de alto rendimiento. Llevar el desarrollo agrícola biotecnológico hacia el crecimiento sostenible y la seguridad alimentaria en Nicaragua debe tomar en consideración el entorno más amplio disponible que promueve la tecnología, así como los posibles impactos de cultivos genéticamente modificados específicos en los medios de subsistencia rurales (Huete-Pérez y Roberts, 2016). Por otra parte, durante 2016 y 2017 se ha incrementado el interés de gremios de productores por el cultivo de transgénicos como la Unión de Productores Agropecuarios de Nicaragua (UPANIC). Inicialmente se están centrando en el cultivo de maíz amarillo y soya que estarían destinados exclusivamente al consumo animal. El Gobierno ha solicitado una consultoría de la FAO para completar el marco regulatorio y su reglamentación. Sin embargo, es necesario reconocer que algunos académicos no comparten la idea de que, en el caso de Nicaragua, los transgénicos representen un aporte que contribuya a la seguridad alimentaria.

Agricultura animal

La producción animal se concentra principalmente en el ganado vacuno, cerdo y pollo en Nicaragua. Según el BCN (2015), el valor agregado para el ganado aumentó 3,9%, contribuyendo con 0.2 puntos al crecimiento del Producto Nacional Bruto. Esto fue resultado de una mayor matanza de cerdos y pollos, así como de la producción de huevos y leche. Por otro lado, se observó una disminución en la matanza de ganado y las exportaciones de ganado permanente. Este mayor crecimiento en la producción de pollo y huevo se explica debido a una mayor inversión del sector. Por otra parte, la matanza de cerdos aumentó debido a una mayor demanda en el país. Finalmente, los rendimientos de la producción de leche aumentaron durante ese periodo de tiempo.

La cría de animales en Nicaragua es incipiente e, incluso, considerada poco práctica económicamente debido a los altos costos relacionados con los proyectos de crianza en los países desarrollados. Además, los precios de los sementales de especializada son muy altos. Así las cosas, tiene más sentido mejorar las características productivas de las manadas mediante inseminación artificial. Ha habido muchos programas dirigidos a permitir el uso del semen de muchas razas y brindar oportunidades de capacitación.

Otras técnicas como los trasplantes de embrión también podrían mejorar la calidad genética de las manadas de forma más rápida que usando la inseminación artificial. La crianza de cerdos y pollos se especializa solamente en la producción convencional y depende de la importación de crías. A pesar de la alta diversidad genética en cerdos y pollos de este campo, su potencial todavía no se ha hecho evidente, por lo que se utiliza muy poco. De la misma forma que las plantas, la selección genómica en conjunto con los centros de investigación internacionales podrían dar con nuevas razas que se adapten a los nuevos retos del cambio climático y aumenten la producción de aves de corral, huevos y cerdos, mejorando de esta forma la seguridad alimentaria y nutricional. Por otra parte, la generación de vacunas y medicamentos para animales continúa surgiendo, al igual que los nuevos productos para una mejor nutrición, en comparación con otros países de la región, por lo que es de suma

importancia promover los proyectos de investigación y las inversiones para este tipo de iniciativas.

Plagas y enfermedades

El cambio climático tiene muchos efectos en la agricultura, pero quizás uno de los más notables es la aparición de nuevas cepas virulentas de plagas y enfermedades que reducen la calidad y productividad de los cultivos y los animales. Durante 2016, por ejemplo, el gusano cogollero [*Spodoptera frugiperda* (Hübner)] provocó enormes daños al maíz en la primera cosecha, aun cuando se le consideraba una plaga de segundo orden. La misma situación se puede observar en otros parásitos como el ácaro blanco o gorgojo [*Poliphagotarsonemus latus* (Banks)] en la pimienta dulce, los minadores de hojas (*Liriomyza spp*) en verduras y la reciente aparición del áfido amarillo en el sorgo en 2016. La dinámica de las enfermedades que afectaban los monocultivos también ha cambiado. Algunos ejemplos son la mancha de hierro en el cacahuate, el pudrimiento de raíces en la malanga, la roya del café y la mancha negra del maíz.

Las plagas y las enfermedades afectan la seguridad alimentaria de los sistemas de producción especialmente vulnerables, reduciendo el rendimiento y elevando los costos relacionados de los agricultores a pequeña escala, ya que en la mayoría de los casos estos intentan controlar las plagas y las enfermedades sobrepasando su umbral económico de daño y sufriendo graves pérdidas. La mayor parte de estas infecciones tiene que ver con agroecosistemas desequilibrados, una baja calidad de las semillas, y la contaminación del suelo. Por este motivo, la biotecnología agrícola es capaz de reducir los riesgos ofreciendo semillas de buena calidad y propágulos. De igual forma, un diagnóstico oportuno, usando técnicas moleculares y bioquímicas, contribuirá a la detección temprana de infecciones y a prevenir su propagación.

Actualmente se cuenta con mecanismos que hacen un seguimiento de las plagas y enfermedades y que utilizan las herramientas biotecnológicas agrícolas acatando las leyes y normas del país. Es importante que los resultados y los protocolos de investigación obtenidos en la última década se incorporen a las otras series de herramientas utilizadas por las autoridades gubernamentales con objeto de mejorar dichos mecanismos. El uso de microorganismos benéficos ayudaría a disminuir el impacto de las plagas y enfermedades fragmentando su resistencia a los controles químicos.

Perspectivas de los nuevos productos agrícolas

En las últimas décadas, Nicaragua ha sido en su mayor parte un productor de materias primas y ha puesto poca atención en los productos agrícolas. El campo de producción de verduras, cacao, café y frutas cuenta con un alto potencial en las actividades de transformación y valor agregado. Por ejemplo, según el mapa de producción nacional de 2016 (INETER, 2016), la producción de especies se define como plantaciones en 8,500 ha en los departamentos de Río San Juan, Carazo, Masaya, Managua y Rivas, pero muchas especies presentan problemas de sobreproducción en cortos periodos de tiempo, dando lugar a enormes pérdidas debido a la maduración de la fruta sin ningún proceso de transformación. De igual forma, el proceso de las harinas derivadas del plátano macho, la yuca, la malanga y otras raíces y tubérculos aún se encuentra limitado.

Por tanto, existen muchas ventanas de oportunidad para desarrollar nuevos productos que den buen uso a la sobreproducción de frutas, cereales, raíces y tubérculos, así como del plátano. Para poner esto en práctica, es necesario desarrollar la industria agropecuaria mediante inversiones en maquinaria y buenas prácticas de manufactura.

Existe una preocupación mundial por promover la buena nutrición en la población. A este respecto, las variedades biofortificadas de frijol, camote, maíz, yuca y arroz con alto contenido de hierro, zinc y β-caroteno, resultan por demás atractivas para ser transformadas en nuevos productos manufacturados de alta aceptación en el mercado, contribuyendo además a una sana alimentación. La galleta de frijol elaborada por la Universidad Centroamericana (UCA) que usa la variedad de frijol INTA Ferroso es un buen ejemplo. Los nuevos cultivos promovidos recientemente por el Corredor Seco Centroamericano, como el amaranto (cv. INTA Futuro), son esperanzadores para agregar valor alimenticio a los productos a base de maíz. La estevia no se valora adecuadamente como componente clave de los nuevos productos alimenticios, aun cuando las condicio-

nes climáticas en el norte del país son buenas para su producción.

El fomento de la producción orgánica y agroecológica facilitaría exportar a mercados con mejores oportunidades de calidad más que de cantidad. Lo anterior también se aplica a las variedades especiales como los frijoles comunes, conocidos como "sedas", las variedades especiales de café y el cacao fino o de aroma, que gozan de reconocimiento y cuyos precios a menudo son bastante altos.

Bondades y obstáculos de la tecnología

Existen muchas oportunidades para el desarrollo de la agricultura usando modernas tecnologías para el manejo de los cultivos y la crianza de animales en Nicaragua. Muchos de estos métodos se llevan a cabo utilizando mano de obra humana y técnicas poco eficaces. Claro está que, en la mayor parte de los casos, la modernización de la agricultura requiere cambiar paradigmas y realizar fuertes inversiones en tecnología.

Los cultivos de caña de azúcar, cacahuate, aceite de palma y plátano, que representan alrededor de 30% de la tierra cultivable, están altamente mecanizados y utilizan sistemas de riego y un conjunto de insumos. No obstante, los granos básicos, que representan alrededor de 47%, continúan utilizando las viejas tecnologías. Por ejemplo, la mayor parte de los agricultores de granos no planean la nutrición de los cultivos ni realizan exámenes de suelo y aplican poco o demasiado fertilizante; lo mismo sucede en cuanto al control de plagas y enfermedades.

Nicaragua no utiliza de forma generalizada la agricultura protegida que incluye los modernos sistemas de riego y nutrición. La producción de tomate, papa, pimienta dulce, cebollas, flores y cucurbitáceas se realiza en campos abiertos que exponen las plantas a los vectores de virus y a los patógenos, resultando en pérdidas considerables de producción y calidad.

La producción de ganado, cerdo y pollo no es de gran alcance; por ejemplo, en ganado hay 1.5 vacas por hectárea de tierra que se alimenta de hierbajos y cuya producción es menor a los 4 litros de leche por animal. Esto demuestra que el potencial para aumentar la productividad del ganado es alto, mediante la intensificación y uso de tecnologías modernas. Asimismo, podría promoverse la investigación de nuevos sistemas de pasto y forraje que reducen la intensidad de las emisiones CH_4.

Acuicultura y recursos marinos

La producción del camarón marino se lleva a cabo en estanques con capacidad de entre 10 a 50 ha, bajo sistemas intensivos, semi-intensivos y artesanales y usando larvas salvajes. La extensión del área de cultivo de camarón aumentó 4,233 ha en nueve años, de 2005 a 2014. La producción de camarón cultivado reportado por el Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura, INPESCA, en el 2014 fue de 30,527.900 kg, con un crecimiento de 61,81%.

Por otro lado, las unidades de piscicultura se limitan a la producción de peces a pequeña escala, entre 0.10 y 0.2 ha donde se cultivan especies introducidas (tilapia y carpa) como parte de la diversificación económica y la seguridad alimentaria, en tierras con acceso a agua. La innovación en las técnicas de cultivo de peces en granjas puede contribuir de forma positiva en el desarrollo de esta actividad, pero una buena nutrición de los peces, oxigenación del agua y un buen manejo son factores clave que deberán incluirse en los programas de investigación en los años venideros. No existen informes sobre el lobo cíclido y el pez gar en las granjas, pero esta actividad podría dar lugar a buenas ganancias para los agricultores que desarrollen proyectos innovadores, ya que son especies de gran demanda en muchos restaurantes. Existen algunas experiencias en rizipiscicultura reportadas por los productores de arroz que cultivan arroz con riego combinado con la cría de carpas y tilapia. Sin embargo, deben cambiar su manejo del arroz y evitar el uso de compuestos químicos. De nuevo, el uso de agentes biológicos ofrece un panorama esperanzador para el desarrollo de esta actividad económica.

Eficiencia del sistema alimentario nicaragüense

El sistema alimentario nicaragüense experimentó profundos cambios a partir de la introducción del actual modelo agroexportador basado en la tecnología de la revolución verde (semilla mejorada, agroquímicos, gestión artificial de la fertilidad,

mecanización/motorización). Este cambio, iniciado desde los años 50 del siglo XX, empujó la producción nacional de alimentos de las planicies y valles fértiles del Pacífico y centro del país, a las laderas y fronteras agrícolas. El cambio precarizó la calidad de vida de la agricultura familiar (campesina y originaria), enfrentada desde entonces a problemas de acceso a tierra, insuficiencias de infraestructura de todo tipo, mercados laborales deficientes (en estabilidad laboral y salario mínimo) y falta de seguridad social. En este modelo económico se ha privilegiado la importación de alimentos baratos, con altas tasas de subsidios en sus países de origen, en detrimento de la producción agroalimentaria local. Esto ha traído grandes consecuencias en las vulnerabilidades presentes del país como alta sensibilidad a la toma de precios internacionales, pérdida de biota alimentaria local y erosión significativa de la cultura alimentaria.

Hurtado (2015) señala que en los registros de información de FAOSTAT, Centroamérica cuenta con 59 variedades de productos agroalimentarios, mientras Nicaragua cuenta con 18 de ellos, alrededor de 31% de los productos agroalimentarios, siendo el menos diversificado de la región.

De 1960 a la actualidad la oferta per cápita de cereales se ha incrementado de 0.13 a 0.17 t (30%). Según esos datos, las oleaginosas para agroexportación han incrementado en más de seis veces su rendimiento; las raíces y tubérculos, así como los cereales apenas lo han duplicado, razón por la cual los rendimientos promedios por unidad de superficie de Nicaragua son de 20% respecto al de los EUA. Mientras las leguminosas apenas han mantenido los rendimientos de 1961, la producción de cítricos, frutas y hortalizas experimentan rendimientos menores respecto a 1961.

La oferta per cápita de proteína animal de producción nacional se expandió a lo largo de todo este período, pasando de 0.15 ton/pc/año en 1961 a 0.17 ton/pc/año en 2012 (13% en todo el período). La oferta vacuna representaba a inicio del ciclo 95% de la oferta total, de lo cual la láctea representa 85% de esa producción. Para 2012, la producción vacuna representaba 85% del total de la producción nacional de proteína animal (producción láctea 74%). La avicultura experimentó una expansión sostenida de la oferta per cápita de proteína animal incrementando su participación relativa en su oferta total de producción nacional, pasando de menos de 5% a más de 15%. La producción avícola y vacuna pasaron de representar 98,36% de la oferta total de proteína animal de producción nacional en 1961 a 99,94% de la oferta total en 2013. La producción acuícola se expandió en un primer período, pero tras el colapso de la pesca de agua dulce, este tipo de disponibilidad per cápita se contrajo a mediados de la década de los 70 del siglo pasado, sin alcanzar los niveles de producción de entonces.

La caída de las últimas salvaguardas del TLC tiene gran potencial de afectar severamente al sector de granos básicos relacionado con 90% de la economía rural y la producción cárnica de aves y bovinos, llevando a una vulnerabilidad mayor del sistema alimentario nicaragüense de tomar precios internacionales como las crisis pasadas (2004-2011).

El sistema alimentario de Nicaragua no ha contado con una estrategia de largo plazo, por lo que ha sido colocado en las peores tierras, con modelos productivos inadecuados, con una gestión de conocimiento deficiente que redunda en poca diversidad alimentaria, altas pérdidas postcosechas y deterioro en el ciclo del agua por contaminación y deforestación. Los sistemas de servicios técnicos y financieros son deficientes y los sistemas de inteligencia de mercados para el sector son inexistentes.

Si en su devenir el desarrollo del sistema alimentario se ha mostrado excluyente y desarticulado, así como insostenible en todos los espacios territoriales que ha ocupado, este modelo se muestra contraproducente frente al cambio climático. Dicho modelo (monocultivo o sucesión de pocos, deforestación y gestión artificial de la fertilidad) ha hecho la diferencia en la vulnerabilidad de nuestra sociedad a los eventos extremos como los fenómenos de El Niño y La Niña, que han pasado de ser restricciones y excesos de aguas con consecuencias de producción agroalimentaria a la baja, a ser verdaderas tragedias con pérdidas humanas, movilización de comunidades para su protección y pérdidas totales agroalimentarias.

Actualmente, la edad promedio de los productores de granos básicos de Centroamérica es de 49 años. Los productores de granos básicos, especialmente de maíz y frijol, producen en

una superficie promedio de 2.8 ha en Nicaragua (Van der Zee *et al*., 2012). Para esto se hace necesario el desarrollo de una nueva economía territorial incluyente, integrada y sostenible, que implique el desarrollo de cadenas de valor de una economía ambiental orientada a la gestión de la fertilidad general y la diversidad de su biota, su cobertura forestal y el agua, además, en una cultura de economía social y solidaria, junto a una cultura alimentaria corresponsable de una gestión ambiental sostenible, que empodere a las mujeres y resulte atractiva a los jóvenes.

Consideraciones en materia de salud

Nicaragua es uno de los países de la región con menor Índice de Desarrollo Humano, lo que se traduce en altos niveles de malnutrición, alcanzando valores de hasta 16,9% de desnutrición crónica según la FAO. A pesar de que Nicaragua cuenta con un marco legal que establece la seguridad alimentaria y nutricional como un derecho humano (Ley 693), las estrategias que ha usado el Gobierno de la República como instrumentos de la ley se han visualizado principalmente como programas insignias. Estos programas sitúan a la población en una posición de beneficiarios, adjudicando a dichos programas una connotación de caridad, cuando en realidad son más bien un derecho dictado por ley (Gauster, 2014).

El Programa Integral de Nutrición Escolar (PINE) es uno de esos programas insignias que se desarrollan para disminuir la desnutrición infantil. El Gobierno asegura que 1.2 millones de estudiantes de preescolar y primaria han sido beneficiados con una merienda escolar gracias al programa. Sin embargo, la incidencia del programa para disminuir la desnutrición infantil no se evalúa claramente debido a que el último censo de tallas fue realizado hace mucho tiempo, en 2004 (Gobierno de Nicaragua, 2005). Asimismo, los últimos datos oficiales de desnutrición infantil registrados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) fueron obtenidos en el año 2007, reflejando 23% de prevalencia de desnutrición crónica infantil (FAO/OMS/OPS, 2017).

La falta de información oficial confiable es un obstáculo importante en la evaluación de las estrategias empleadas por el Gobierno en la implementación de programas como el PINE. Algunos organismos internacionales, como el Programa Mundial de Alimentos, reportan falta de acceso a la información y limitaciones para ejecutar estudios para la recopilación directa de información (WFP, 2015).

En efecto, no hay reportes oficiales sobre estudios específicos de nutrición para Nicaragua en los últimos cinco años. El último informe oficial que reporta en 5% la desnutrición global y sitúa un mayor porcentaje de los indicadores de desnutrición en la población rural corresponde a la Encuesta Nicaragüense de Demografía y Salud, realizada en los años 2011-2012, pero no detalla indicadores de desnutrición (INIDE y MINSA, 2013). En Nicaragua, la desnutrición se caracteriza por la falta de acceso a proteínas y micronutrientes.

El cambio climático es un factor de gran relevancia debido al efecto negativo que tiene sobre los medios de vida y disponibilidad de alimentos de los sectores de la población más vulnerables. Las estrategias de adaptación tienen que incorporar la adopción de cultivos que, además de tener características de resistencia a la variabilidad climática, también provean concentraciones altas de micronutrientes de interés para combatir la desnutrición por falta de ellos o hambre escondida.

Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta una prevalencia de 40,7% de varones con sobrepeso en Nicaragua. Considerablemente mayor es la prevalencia en mujeres que se reporta en 51,3%. Similarmente se reporta mayor prevalencia de obesidad en mujeres con 21,1%, mientras que para los varones se reporta 9,7% de obesidad (WHO, 2016). El índice de sobrepeso sufrió un aumento de 58% en un período de 18 años. También, el índice de obesidad aumentó pero en menor proporción, reportando un aumento de 28%, según un estudio realizado en 1998 (FAO, 2010).

La falta de información oficial no permite identificar claramente las fortalezas y limitantes en la implementación de las políticas, leyes y estrategias en la lucha contra la inseguridad alimentaria. Esta falta de información se visualiza claramente en la implementación de la Norma y Manual de procedimientos para la vigilancia de las enfermedades

transmitidas por alimentos, publicada en el año 2015. Dicha normativa establece que el Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSA) es responsable de la vigilancia de Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA) a través de la Dirección de Regulación Sanitaria y a través de la Dirección de Vigilancia para la Salud Pública en coordinación con los Sistemas Locales de Atención Integral en Salud (SILAIS). Puesto que los SILAIS y los establecimientos de servicios de salud son los encargados de atender los casos y los brotes, aquellos son las principales fuentes de información para el seguimiento de las ETA.

Por todo lo anterior, se considera que hay poca coordinación entre las políticas a nivel micro y a nivel macro. A diferencia de los programas insignias, las decisiones macroeconómicas están enfocadas en la competitividad y en el libre mercado; no están enmarcadas específicamente en la seguridad alimentaria y nutricional. Según los expertos, la complejidad de la implementación de la ley genera obstáculos difíciles de superar si no se da una articulación entre los diferentes sectores macroeconómicos. Bajo el mismo contexto, otros expertos consideran que muchas de las decisiones que se toman a nivel macroeconómico no corresponden con el marco legal establecido. Un ejemplo de este tipo de decisiones es que a pesar de que hay un programa sobre lactancia materna se importan grandes cantidades de leche en polvo. Los patrones alimentarios no están siendo influenciados por la Ley de Seguridad Alimentaria y Nutricional sino por el libre mercado.

Nicaragua tiene un marco legal amplio que muchas veces es contradictorio. Con el objetivo de implementar la ley de seguridad alimentaria, el Gobierno debe transversalizar los principales objetivos de la seguridad alimentaria y nutricional, de modo tal que el derecho a una alimentación de la población se tome en cuenta en todas las políticas socioeconómicas.

Considerando la falta de acceso a información oficial y actualizada que es fundamental para dirigir correctamente los esfuerzos, los organismos internacionales no cuentan con información confiable que ayude a orientar el apoyo a Nicaragua en estos temas fundamentales, además de que tampoco se les permite ejecutar estudios por cuenta propia.

Problemas de la seguridad alimentaria relativos a las políticas públicas en el sector académico

La debilidad del sector agroalimentario es su pésima productividad. El sector académico podría apoyar con investigaciones que ayuden a levantar la producción agropecuaria y forestal.

Las universidades pueden reorientar la pesquisa del sistema investigación, de los centros e institutos de investigación y las competencias tecnológicas hacia sistemas apropiados de producción en los territorios rurales y todos los entornos productivos.

Las universidades deben orientar también su provisión de docencia y el quehacer hacia la triada: agricultura familiar–sistema productivo– territorio. Esta orientación parte de que las funciones de docencia, investigación y extensión se alineen para ubicar propuestas que conlleven a realizar un análisis de la capacidad adaptativa y de resiliencia de la agricultura familiar. Esta dimensión demanda desde la academia una aplicación analítica sistémica y un enfoque de intervención holístico. Se propugna implícitamente por estudios de los sistemas de innovación territoriales y la investigación de los modos de innovación ante el cambio climático.

Desde la universidad se debe apreciar y aprovechar la diversidad de enfoques, trabajo interdisciplinario y transdisciplinar, a fin de perfilar líneas de trabajo a la seguridad alimentaria y nutricional con los distintos actores involucrados. Esta dimensión aclama por una mejor comunicación e interacción entre el quehacer científico y las políticas económicas y productivas del país. Solo se avanzará en esta dimensión si se establece un enfoque de coproducción de conocimiento entre actores académicos y no académicos. El reconocimiento de este proceso de coproducción permite, entre otras cosas, la generación de productos y servicios relevantes y apropiados ante el fenómeno que se enfrenta. Esto permitiría, además, que la estrategia de atención y respuestas con soluciones ante el fenómeno sean apropiadas y se reduzcan, así, restricciones y obstáculos de asimilación, apropiación y adaptación por parte de las familias rurales y la agricultura familiar en su conjunto.

La reconceptualización ubica las propuestas de trabajar sistemas agrícolas con enfoque de agro-

ecología que vaya tomando momento, que permee y reduzca la cultura de sistemas convencionales de agricultura. Este cambio permitirá apreciar la dimensión espacial (zonificaciones) y tomar en cuenta la dimensión cultural. La universidad debe trabajar como área de estudio la sociología de la cultura del cambio climático en las familias, territorios y su respuesta (resiliencias y adaptabilidad ante la variabilidad y cambio climático).

El trabajo en los territorios debe enfocarse de modo que conlleve a reducir, reusar, reciclar y aprovechar las salidas de los sistemas productivos. Esta dimensión implica aprovechamiento de los recursos bióticos y abióticos en sus distintas opciones de uso. El enfoque integral de la dimensión implica valor agregado del proceso de agroindustria rural y el trabajo hacia la bioeconomía para develar la economía de base biológica del país.

La iniciativa de investigación, interacción y coproducción de conocimiento ante el cambio rural para atender el cambio climático en la agricultura y atención de la seguridad alimentaria y nutricional en los territorios, es la de adoptar una perspectiva de usuario que contribuya a la mejora de los productos, mediante la coproducción de conocimiento para que la intervención no sea un recetario disperso. Por ejemplo, ante el fenómeno de sequías o inundaciones como resultado del cambio climático que afecta la franja seca del país o territorios de potencial productivos, se necesita que la universidad articule las competencias y mejore su llegada hacia los sectores agrícolas y la agricultura familiar con: metodologías de comunicación y extensión inclusivas, respetando los saberes autóctonos; una adecuada y adaptativa provisión de uso de insumos y recursos para los sistemas de producción en los territorios i.e., material genético y trabajo sobre uso eficiente de los recursos hídricos y alternativas de captación de aguas, variedades criollas, cultivos y especies; y estimulando a que la universidad trabaje de manera articulada con las entidades generadores de datos meteorológicos, a fin de tener un nuevo registro de datos pertinentes, idóneos y reales ante la incidencia y recurrencia del fenómeno de incremento de temperatura y variabilidad climática.

Las universidades en conjunto con el sistema público de provisión de tecnologías deben articularse para mejorar los estudios de los determinantes de la seguridad alimentaria y nutricional del país. Las universidades deben cambiar la mirada y observar desde las función de investigación las siguientes temáticas: a) consumo humano del recurso agua; b) fuentes actuales de abastecimiento de agua en los territorios; c) investigar sobre los usos del agua en las partes no agrícolas en los territorios; d) desde la academia empezar a trabajar la dimensión de la economía del agua y la valoración del recurso agua; e) investigar las interconexiones del recurso bosque para la preservación del ciclo hidrológico del país.

La Academia de Ciencias de Nicaragua (ACN), una importante organización científica que se ha convertido en una interlocutora importante de la sociedad para el desarrollo científico, podría promover que el quehacer científico nacional se articule a problemas reales de seguridad alimentaria y nutricional. La ACN podría facilitar el establecimiento de agendas consensuadas de las universidades para identificar lo que científicamente es posible, lo que tecnológicamente es viable con el actual sistema de ciencia y tecnología, a fin de inducir una mejora incremental y radical de la naturaleza de las universidades como proveedoras de conocimiento. La ACN, conjuntamente con las universidades miembros del Consejo Nacional de Universidades (CNU) y el Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología (CONICYT), así como con el sector productivo empresarial y las expresiones en lo rural territorial de la economía familiar deben demandar la formación de políticas de ciencia y tecnología que visibilicen y pongan como eje estratégico y prioritario en el Plan Nacional de Desarrollo Humano una dinámica hacia la seguridad alimentaria y nutricional con carácter prospectivo.

Sin embargo, hay que tener conciencia de que en Nicaragua la ciencia es una actividad de institucionalización demasiado reciente que, si bien se encuentra en fase de crecimiento, su florecimiento va a necesitar de inversión financiera sostenida y su consolidación va a llevar algún tiempo.

En resumen, en relación con la seguridad alimentaria y nutricional, las universidades tienen que orientar sus funciones de investigacion y extension para que el pais pueda hacerle frente a la siguiente problemática:

- El mal manejo del sistema de investigación agrícola de Nicaragua es deficiente en cuan-

to a rendimientos agrícolas, productividad del trabajo e intensificación sostenible de la economía.

- El modelo de gestión de conocimiento ha estado de espaldas a la gestión de la biodiversidad y al diálogo de saberes. Consecuentemente, la tecnología agraria se ha centrado sobre pocos productos y es monocultivista.
- Las capacidades de investigación en cuanto al sistema agroalimentario han estado enfocadas en la gestión artificial de la fertilidad, la simplificación de la biota y mecanización.
- Un problema central en la gestión de conocimiento sigue siendo la mala evaluación de impacto. El poco énfasis en áreas económicas deja por fuera elementos fundamentales de los determinantes de SSAN.
- El sistema de gestión de conocimiento necesita fuertes adecuaciones como: mejorar y fortalecer la colaboración inter e intra universidad; sistema de financiamiento para el estímulo de sinergias y la integración de los subsistemas de educación para el desarrollo del capital y talentos humanos del país.
- La productividad en el agro nicaragüense es clave para la seguridad alimentaria; se requiere un esfuerzo integrado del sistema educativo para influir desde la generación y acumulación de conocimiento en el estado actual.
- Se requiere un esfuerzo integrado del sistema educativo para influir desde la generación y acumulación de conocimiento como respuesta a los retos de los procesos y dinámicas territoriales para los próximos 50 años.

Conclusiones

De cara a asegurar su seguridad alimentaria, Nicaragua enfrentará retos complejos en las próximas décadas. Los ajustes deberán hacerse considerando la dinámica poblacional de Nicaragua y Centroamérica, prevista a incrementarse dramáticamente en las próximas cinco décadas.

Retos de la población

El 50% de la población centroamericana es urbana desde 2012. Esto refleja una importancia creciente del consumidor y su capacidad de elección y que se debe prestar atención a una cultura alimentaria adecuada. Dado que en los grupos etarios menores a 25 años la migración es principalmente masculina, junto a las restricciones de las mujeres a acceso a recursos, servicios e información, se hace necesaria una atención por la equidad en los derechos de las mujeres eliminando las barreras. Se debería incrementar la productividad y fortalecer los derechos económicos de las poblaciones más vulnerables.

En promedio, la edad de los productores está en torno de los 50 años, por lo que se hace necesario desarrollar un sector agroalimentario considerándolo como una oportunidad para la juventud. Esta condición demanda acelerar las estrategias de desarrollo, haciéndolas más eficientes y efectivas.

Retos en el modelo de desarrollo territorial

Debe prestarse especial atención a la gestión de la biodiversidad y su estacionalidad como una oportunidad, aprovechando la variedad de recursos de la biodiversidad, especialmente de interés alimentario. Considerando las dificultades de topografía (territorio en laderas, planicies del Caribe con suelos predominantemente calcáreos) se requiere una economía ambiental basada en la cobertura forestal, condición *sine qua non* para la sostenibilidad. Hay que tomar en consideración la diversidad de nichos agroecológicos por altura, suelos, topografías, orientaciones a macroclimas (Pacífico y Caribe), que hace imposible una estrategia de incremento de productividad basado en semillas homogenizadas. Eso demanda condiciones agroambientales específicas y de suelos, lo que atrasa en la competitividad frente al mercado internacional. Para ello se necesita una adecuada gestión del acervo genético en las semillas criollas, lo que es estratégico para el incremento de la productividad en la diversidad de nichos agroecológicos. En Nicaragua, el sistema productivo alimentario se encuentra posicionado principalmente en las laderas y en las fronteras agrícolas, además, carece de una gestión de conocimiento apropiada y de articulación de tecnologías y mercados, lo que repercute en baja productividad y altas pérdidas postcosechas. Es indispensable una visión inclusiva e integral del desarrollo territorial para un sistema alimentario sostenible.

Es estratégico un desarrollo en donde la producción agroecológica y la orgánica son esenciales en la solución.

Se requiere desarrollar mecanismos que permitan el acceso a la tierra en propiedad o posesión. Su ausencia ha tenido como consecuencia la imposibilidad de tecnologías y economías de conservación y protección ambiental, llevando a una degradación ambiental paulatina e insostenible.

Se requiere optimizar la producción de biomasa alimentaria útil por unidad de superficie, considerando que la superficie cultivable para la agricultura por habitante es precaria. Además, hace falta fortalecer el comercio agroalimentario y procurar la sostenibilidad de las aguas de la región.

Retos con respecto a los Tratados de Libre Comercio

Hacen falta políticas de fortalecimiento de la agricultura familiar, considerando que en Nicaragua 90% de la economía rural se encuentra vinculada a los granos básicos. Un modelo económico apropiado debe optimizar el ingreso por superficie disponible, diversificando los riesgos, protegiendo la producción de granos básicos y cárnicas, y tomando en cuenta la vulnerabilidad con respecto al comercio extrarregional.

Por medio de la integración del comercio agroalimentario centroamericano como comercio comunitario, se podría ayudar a resolver los problemas de los territorios desatendidos. En cuanto a la producción animal para dar acceso a proteína animal, se deben promover políticas para su producción adecuada en las laderas (producción ovina y caprina) o la reintroducción de especies locales de iguanas, garrobos y boas a la dieta y el sistema alimentario y nutricional sostenible.

Retos del Sistema Alimentario con respecto a procesos mundiales

La adecuación al cambio climático demanda un sinnúmero de ajustes: una economía ambiental construida a partir de la biodiversidad y la cobertura forestal; regulación y adecuación territorial y social de los mercados bioenergéticos; una cultura alimentaria gestora de la biodiversidad y su estacionalidad; una gestión de la biodiversidad del germoplasma para las adaptaciones climáticas, condición necesaria para la sostenibilidad (bancos de semillas criollas geo-referenciados); cadenas de valor promotoras de la biodiversidad y de valores adaptativos al cambio climático. Además, se deben considerar políticas de producción agroalimentaria, de producción agroecológica y orgánica (eliminación de costo de producción); sistema agroalimentario articulados en anillos, según capacidades y necesidades territoriales.

La estructura actual de producción y consumo de los países del Sistema de Integración Centroamericano (SICA) los hace fuertemente vulnerables a impactos negativos sobre los precios internacionales de los alimentos. Es estratégico el incremento de autonomía alimentaria de los países del SICA por incremento de productividad y por optimización, así como el desarrollo de una cultura alimentaria que optimice la gestión de la biota alimentaria disponible y su estacionalidad.

Mensajes centrales

- La economía de Nicaragua y su seguridad alimentaria y nutricional dependen estrechamente del impulso al sector agropecuario.
- Entre los factores que inciden en la productividad agrícola en Nicaragua resaltan las plagas y enfermedades emergentes, la baja fertilidad del suelo y la pobre calidad de las semillas.
- Uno de los mayores desafíos a atender es el posible impacto del cambio climático principalmente en la zona rural de mayor pobreza conocida como el "Corredor Seco".
- La respuesta a las necesidades más apremiantes de la agricultura es la adopción de un nuevo modelo de agricultura que busque competitividad, productividad y atienda la pobreza rural.
- La deforestación y degradación de los bosques es una tendencia negativa para la seguridad alimentaria en Nicaragua.
- La agricultura familiar se percibe como instrumento central para la reducción de la pobreza y para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional, tomando en consideración su diversidad en cuanto a tamaño, tipos de tecnologías usadas y su integración a los mercados.
- Las políticas públicas deberían dirigirse a aumentar las capacidades productivas y el rendimiento agrícola, así como atendiendo las configuraciones socioeconómicas y agroecológicas para la sostenibilidad ambiental.

- Se deben desplegar esfuerzos para movilizar y aprovechar al máximo la asignación y utilización de los recursos financieros y tecnológicos, en particular, la utilización de la biotecnología agricola apropiada para resistir sequías, inundaciones, nuevas plagas y enfermedades, y otros problemas derivados del cambio climático.
- Considerando que las universidades públicas cuentan con ciertas fortalezas en investigación e innovación, el impulso de sus capacidades enfocándose en las innovaciones agrícolas podría resultar en la transición de los sistemas de producción convencional hacia el sistema emergente de agroecología sostenible.
- Ha de promoverse un diálogo franco e inclusivo entre los tomadores de decisiones, los productores, los cientificos y la sociedad en general, para conseguir las politicas públicas de mediano y largo plazos que reclaman los retos de la seguridad alimentaria y nutricional.
- El rol de la Academia de Ciencias de Nicaragua, que goza de credibilidad en la sociedad, será decisivo en la formulación de políticas para la atención de problemas económicos y sociales, asímismo para fortalecer los recursos humanos necesarios y en la asignación y utilización óptima de las inversiones públicas para el éxito de los sistemas agroalimentarios de los próximos 50 años.

Bibliografía

Alänge, S., & Scheinberg, S. (2006). Intellectual Properties: Alternative Strategies to Value Creation in Life Sciences, (2000), 1–17.

Aragón, E., Rivera C., Korpelainen, H., Rojas, A, Elomaa, P., Valkonen, J.P.T. (2012). Genetic diversity of the native cultivated cacao (*Theobroma cacao L.*) accessions in Nicaragua assessed using microsatellite markers. *Plant genetic resources*, 10(3), 254-257.

Ariani, A., Berny Mier y Terán, J.C. Geps, P. (2016). Genome-wide identification of SNPs and copy number variation in common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) using genotyping-by-sequencing (GBS). *Molecular Breeding*, 36-87.

Baires, S., Dietsch, L., Picado, C. (2004). Incidencia del CAFTA sobre la agricultura familiar en las zonas secas de Nicaragua. Encuentro: *Revista Académica de la Universidad Centroamericana* (67). pp. 50-68. ISSN 04724-9674

Baumeister, Eduardo (2009). *Pequeños Productores de Granos Básicos en América Central.* Primer informe; FAO, RUTA.

Banco Central de Nicaragua. (2015). Informe Anual 2015. Recuperado de: https://goo.gl/pQdLh4

Blandón U., Widmark A.K., Andersson B., Högberg N., Yuen J. E. (2012). Phenotypic variation within a clonal lineage of *Phytophhora* infestans infecting both tomato and potato in Nicaragua. *Phytopathology*, 102(3), 323-330.

Bornemann, G., Neira, O., Nárvaez, C., & Solórzano, J. L. (2012). Desafíos desde la seguridad alimentaria y nutricional en Nicaragua. Recuperado el 20 de Marzo de 2017, de https://goo.gl/EPnZSa

Cámara De Industrias de Nicaragua (2013). Guía Industrial. Managua, Nicaragua: Cámara de Industria de Nicaragua. Recuperado de https://goo.gl/8aEojb

Censo Nacional Agropecuario (2011). IV Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/IICA_2013/Presentations/Country_presentations/Day2_Nicaragua.pdf

Centro Humboldt (2016). Crisis socio-ambiental de Nicaragua Post-sequía 2016. Recuperado el 20 de Marzo de 2017, de https://www.humboldt.org.ni/node/1624

Consejo Nacional de Universidades (2011). *Informe Rendición Social de Cuentas año 2011.*

Consejo Nacional de Universidades (2012). *Informe de Rendición Social de Cuentas año 2012.* (Vol. 42).

Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología (2008). *Directorio nacional de investigación y desarrollo. Informe Final de Consultoría.* Resumen Ejecutivo y Análisis de Resultados.

Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología (2014). *Construcción del Sistema de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación en Nicaragua.*

Córdova, M., Ponce, R., & Dietsch, L. (2014). *Caracterización de acciones y políticas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario y forestal en Nicaragua.* UE; Agronomes et veterinaires sans frontieres, Managua.

Delgadillo, M. (2010). El bono demográfico y sus efectos sobre el desarrollo económico y social de Nicaragua. Recuperado de http://nicaragua.unfpa.org/sites/lac.unfpa.org /files/pub-pdf/bonodemografico-03_0.pdf

Departir (2011). Changing Minds and Structures : the Nicaraguan Agricultural University's growing Involvement with Rural Communities | Cambiando mentes y estructuras : El creciente involucramiento de la UNA con las comunidades rurales | DEPARTIR. Retrieved from https://goo.gl/QcegWE

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). Nutrition country profile. Retrieved from http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/nic_en.stm

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012). *Estudio de Caractarización del corredor seco centroamericano.* Honduras. Recuperado el 2017 de Marzo de 20, de http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/ resources/tomo_i_corredor_seco.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations /Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud (2017). Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional. Sistemas Alimentarios Sostenibles para poner fin al Hambre y la Malnutrición. Santiago. Recuperado de http://www.fao.org/americas/recursos/panorama/es/

Gauster, S. (2014). Human rights in the design and implementation of local actions of the special programmes for food security in Guatemala, Honduras and Nicaragua: A comparative approach. Rome. Recuperado de http://www.fao.org/3/a-i3670e.pdf

Gobierno de Nicaragua (2005). Informe Final. Segundo Censo Nacional de Talla de escolares de primer grado de educación primaria de Nicaragua. Recuperado de https://goo.gl/rE9PDo

Gorjanc, G., Jenko, J., Hearne, S.J., Hickey, J.M. (2016). Initiating maize pre-breeding programs using genomic selection to harness polygenic variation from landrace populations. *BMC Genomics,* 17-30.

Herrera, I., Bryngelsson, T., Monzón, A., Geleta, M. (2011). Identification of coffee root-knot nematodes based on perineal pattern, SCAR markers and nuclear ribosomal DNA sequences. *Nematología Mediterránea,* 39, 1-8.

Hofmann-Souke, S., Acevedo, A., Camacho, T., Bokelmann, W., Cruz, J., Lopez, M., & Yumbla, M. R. (2016). Establishing transdisciplinary research and learning environments for rural development – a network and process model. http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1148.3361.

Huete-Pérez, J.A & Roberts, RJ. (2016) Genetic modification (GM) technology for sustainable agriculture in Central America. In Innovative Farming and Forestry Across the Emerging World: the role of genetically modified crops and trees. Gent, Belgium. De Buck, S., Ingelbrecht, I., Heijde, M., and Van Montagu M. *International Industrial Biotechnology Network* (IIBN).

Hurtado, A. (2015). *Estado de la Soberanía Alimentaria de Centroamérica. Repensando la gobernabilidad regional para un desarrollo rural incluyente, integrado y sostenible frente a los grandes retos de la globalización.* ADHCA / OIKOS / UE / UNDEF.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2008). Agrobiotecnología en América Latina y el Caribe: Estado Actual de su Desarrollo y Adopción. Recuperado de: http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5277e/A5277e.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2009). *Estado de la Agricultura Orgánica en Nicaragua. Propuestas para su Desarrollo y Fomento.* Managua, Nicaragua. ISBN13: 978-92-9039-982-7

Instituto Nacional Forestal (2008). Programa Forestal Nacional. Recuperado el 10 de abril de 2014, de http://www.magfor.gob.ni/prorural/programasnacionales/planforestal.pdf

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2016). Atlas de Escenarios Climáticos de Nicaragua. Recuperado de: http://www.ineter.gob.ni/libro/index.html?page=2

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (2013). Catálogo de semillas criollas, acriolladas y parientes silvestres del frijol común de Nicaragua. Recuperado de: http://intapapssan.info/wpcontent/uploads/2013/12/Cat%C3%A1logoSemillasCriollasFrijol2013.pdf

International Network for the Availavity of Scientific Publications (2008). *Bibliometric study of Latin American countries supported by INASP 1996 – 2008*. Página 41. Tabla No.32.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2016). Encuesta de Medición Del Nivel de Vida 2014. Recuperado de http://www.inide.gob.ni/Emnv/Emnv14/EMNV%202014-2%20Febrero%202016.pdf

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio de Salud (2013). Encuesta Nicaragüense de Demografía y Salud. Recuperado de www.inide.gob.ni/endesa/Endesa11_12/HTML/endesa11/.../Informepreliminar.pdf

Jiménez, O.R. (2009). *Genetic purity of the common bean* (Phaseolus vulgaris L. cv. 'INTA ROJO') *during seed production in Nicaragua*. Master's thesis. University of Helsinki, Finland.

Jiménez, O.R., Korpelainen, H. (2012). Microsatellite markers reveal promising genetic diversity and seed trait associations in common bean landraces (Phaseolus vulgaris L.) from Nicaragua. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 10(2), 108-118.

Jiménez, O.R. (2014). *Genetic improvement of the common bean* (Phaseolus vulgaris) *using local germplasm assisted by molecular markers*. PhD Thesis. University of Helsinki, Finland. Recuperado de: http://ethesis.helsinki.fi

Juárez, D. A. (2012). *Somatic embryogenesis and long-term conservation of cocoa* (Theobroma cacao L.) *germplasm*. Master's thesis. University of Helsinki, Finland.

Landero, B., Vivas, E., Salmerón, F., Obando, S., & Valverde, L. (2016) Agricultura Sostenible para Enfrentar los Efectos del Cambio Climático en Nicaragua. Carrión Editores. Fuundación Friedrich Ebert. Obtenido de http://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12896.pdf

Ley N° 693 (2010). Soberanía, Seguridad Alimentaria y Nutricional.

Ley N°. 881 (2005). Digesto Jurídico Nicaragüense de la Materia Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (SSAN).

Loáisiga C.H. (2007). Chromosome C-banding of the teosinte *Zea nicaraguensis* and comparison to other *Zea* species. *Hereditas*, 144, 96-101.

Loáisiga, C.H., Brantestam, A.K., Diaz, O., Salomon B., Merker A. (2011). Genetic diversity in seven populations of Nicaraguan teosinte (*Zea nicaraguensis Iltis et Benz*) as estimated by microsatellite variation. *Genetic Resources and Crop Evolution,* 58(7), 1021-1028.

Marulanda, J.J., Mi, X., Melchinger, A.E., Xu., J.L., Würschum T., Longin F.H. (2016). Optimum breeding strategies using genomic selection for hybrid breeding in wheat, maize, rye, barley, rice and triticale. *Theoretical and Applied Genetics,* 129(10), 1901-1913.

Ministerio Agropecuario y Forestal (2009). Plan Sectorial Prorural Incluyente 2010-2014. Recuperado el 25 de Marzo de 2017, de http://www.magfor.gob.ni/prorural/VIIMISION/DocumentosBase/ PRORURAL%20INCLUYENTE%2030-07-2009.pdf

Ministerio Agropecuario y Forestal (2009). Política de Seguridad y Soberania Alimentaria y Nutricional desde el Sector Público, Agropecuario y Rural. Managua, Nicaragua. Recuperado el 20 de Marzo de 2017, de http://www.magfor.gob.ni/descargas/SeguridadAlimentaria/ Politica%20SSAN%20UV%20140509.pdf

Ministerio de Salud (2007). *Marco Conceptual del Modelo de Salud Familiar y Comunitario (MOSAFC).*

Morales, H. (2011). *La Agroecología en la construcción de alternativas hacia la sostentabilidad.* México, DF: Siglo XXI Editores.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2000). Informe sobre Desarrollo Humano 2000. Recuperado de http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2000_es.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015). Informe anual del PNUD 2014-2015. Recuperado de http://www.ni.undp.org/content/nicaragua/es/home/library/poverty/Informemundial2014_2015.html

Reyes, G., Ransell, J.N., Nyman, M., Kvarnheden, A. (2009). Sequence characterization of Dasheen mosaic virus isolates from cocoyam in Nicaragua. *Archives of Virology* 154, 159–162.

Rivera C. (2010). *Using microsatellite markers to identify tentatively Nicaraguan cacao accessions resistant to* Phytophthora palmivora. Master's thesis. University of Helsinki.

Ruíz J.C, Roa O., Marín I. (2011). Molecular ecology of genetic diversity of cacao cultivated in the south-east region of Nicaragua. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science,* 1(1), 6-13.

Tijerino A., Korpelainen H. (2014). Molecular characterization of Nicaraguan Pinus tecunumanii Schw. ex Eguiluz et Perry populations for in situ conservation. *Trees*, 28, 1249-1253.

Tschirley, D., Flores, L., & Mather, D. (2010). Análisis de Politicas Agrícolas y de Seguridad Alimentaria en Centroamerica: Evaluación de la Capacidad Institucional Local, la Disponibilidad de Datos y la Demanda Efectiva para Datos e Información. MSU Working Paper, (105).

Van der Zee, A. (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Recuperado de https://goo.gl/EykTQs

World Food Programme (2015). Informe de evaluación: Evaluación de Mitad de Período de la Operación del Programa país en Nicaragua - PP 200434 (2013 - 2018). Recuperado de http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/reports/wfp284202.pdf

World Health Organization (2016). Diabetes country profile. Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=33858&lang=en

Zúniga-González, C. A. (2016). *Impact of productivity and technical efficiency of basic grains in Nicaragua, 1961-2013, (July).*

Agradecimientos

Agradecemos el gran apoyo de **Suyen Espinoza Miranda**, **Catalina Solano Uribe**, del **Centro de Biología Molecular** y de la **Academia de Ciencias de Nicaragua**, así como de todos los autores que compartieron sus publicaciones y reflexiones con el equipo de redacción. Agradecemos también la contribución de **Adolfo Hurtado Díaz, Francisco Salmerón** y **Oswalt Jiménez** que aportaron textos y análisis de enorme significado para este trabajo.

Seguridad alimentaria y nutricional en Panamá

Retos y oportunidades para este siglo

Campo de cebollas en Cerro Punta, provincia de Chiriquí, Panamá © Shutterstock

Panamá

[1] Bruno Zachrisson,
[2] Ismael Camargo,
[3] Carlos Him,
[4] Enrique Murillo,
[5] Rodrigo Cambra,
[6] Dimas Arcia

Resumen

El desarrollo de la investigación agropecuaria, generando innovaciones tecnológicas que redunden en la producción de alimentos, es elemento fundamental que garantiza la seguridad alimentaria y nutricional para Panamá. Sin embargo, los escenarios sociales, económicos y políticos deben analizarse dentro del contexto de las políticas públicas que han de definir las estrategias comerciales que faciliten el acceso a los mercados nacionales e internacionales. Además, no se descarta la definición de escenarios emergentes que, por medio de la generación de conocimientos, fortalezca la plataforma científica y tecnológica necesaria para impulsar las transformaciones requeridas. Por ello, la inversión en la formación del recurso humano especializado, variable que va de la mano con el desarrollo de la investigación agropecuaria, es un binomio que debe plantearse de acuerdo con los desafíos que afecten la seguridad alimentaria y nutricional.

En Panamá, el repunte tecnológico se relaciona con el desarrollo de cadenas de valor, el cual es una de las estrategias necesarias para optimizar el aprovechamiento de los mercados nacionales e internacionales

1. Características nacionales

a. Características físicas y áreas agrícolas productivas

La República de Panamá está ubicada en la zona intertropical próxima al Ecuador en el Hemisferio Noroccidental, entre las coordenadas 7°12'08" (en la isla Jicarita al sur de Coiba, provincia de Veraguas) y 9°38'46" de latitud Norte (en la isla Tambor, frente a la costa de la provincia de Colón), 77°09'24" (en el hito 10-Alto Limón, en el límite de la República de Panamá con la República de Colombia) y 83°03'07" de longitud Oeste (hito auxiliar 60 situado en el límite de Panamá con la República de Costa Rica). Panamá limita al Norte con el Mar Caribe, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con la República de Colombia y al Oeste con la República de Costa Rica. La superficie del país es de 75,845.072 km², lo que representa aproximadamente 0.18% del territorio ocupado por América. Se ubica en el centro del continente americano, forma un eslabón que conecta a América del Norte con América del Sur y se constituyó de esta manera en un istmo de 80 kilómetros de ancho en su parte más angosta, por donde, a su vez, se une el mar Caribe con el Océano Pacífico (ANAM, 2010). La superficie destinada a la producción agrícola abarca 30.4% de la superficie total del país (Banco Mundial, 2016).

b. Características demográficas y tendencias futuras

La población de Panamá se estimó en 2014 en 3'913,275 siendo la masculina de 1'965,087 y la femenina de 1'948,188 (INEC, 2014). La tasa de crecimiento anual es de 1.44%. El 66.6% de la población se concentra en las áreas urbanas y solo 33.4% en las áreas rurales. El 15.9% de la población económicamente activa labora en el sector primario, 19.9% trabaja en el sector secundario y 64.2% en el sector terciario (PNUD, 2015). El 9.5% de la población se encuentra subalimentada, sin embargo, el

país logra dar cumplimiento a la meta establecida en los Objetivos de Desarrollo del Milenio y se encuentra cerca de cumplir la meta establecida en la Cumbre Mundial de la Alimentación (FAO, 2015).

c. Población afectada por la falta de alimento y la inseguridad nutricional

Aproximadamente, 1 millón 90 mil personas se encuentran en situación de pobreza; de éstas, 481 mil están en pobreza extrema, representando 32.7% y 14.4% de la población total, respectivamente. El 19.1% de los niños(as) menores de 5 años muestra retraso de crecimiento en relación con su edad (desnutrición crónica), 3.9% presenta bajo peso para su edad (desnutrición global) y cerca de 1.2% tiene bajo peso para su talla (desnutrición aguda) (ENV, 2008).

d. Sistemas de producción agrícola

En Panamá se encuentran diferentes sistemas de producción agrícolas, pecuarios, pesqueros y acuícolas –entre los más relevantes por su nivel de consumo, están los sistemas de producción de arroz bajo secano y riego–, la producción bovina de leche y carne, la porcina y la aviar y el sistema de pesca autónoma de captura. Especialmente se debe dar atención a las comunidades rurales que practican una agricultura familiar, ya que constituyen un eslabón débil en la cadena de la producción considerando los retos del cambio climático (Camargo *et al*., 2016).

e. Principales exportaciones e importaciones de rubros agrícolas y pecuarios

En cuanto a las actividades del sector agropecuario, pesca y silvicultura, su aporte al PIB 2015 fue de 0.2% y ha registrado disminuciones en 2013 próximas a 0.6% y, en 2014, a 0.5% (INEC, 2015). El Valor Agregado Bruto (VAB) agropecuario reportó un ligero crecimiento de 0.4% con relación al año anterior, principalmente en el cultivo de arroz que creció en 3.5%, y la producción de banano y melón que crecieron en el orden de 4.7% y 17.9%, respectivamente.

El Valor Agregado Bruto de la producción pecuaria registró un incremento de 3.0%, gracias al aumento del sacrificio de aves y cerdos en 6.2% y 4.8%, respectivamente (INEC, 2015). El sacrificio de ganado bovino y los litros de leche natural obtenidos, disminuyeron en 2.8% y 1.8%, respectivamente. La producción nacional de granos como el arroz, maíz, frijol y porotos, no cubre la demanda interna, por lo que existe la necesidad de importar la diferencia. La mayor parte de las importaciones del maíz en grano está dirigida a la alimentación animal. Sin embargo, la producción local sustenta las necesidades directas del consumo humano (Capital Financiero, 2014).

El zapallo representa el aporte de 41% de los productores que sembraron 112 ha y cosecharon 1,413.57 t, durante el período 2013-2014 (MIDA, 2015).

El sistema de producción en secano incluye varios cultivos de exportación, entre estos, el banano, la piña, el café y los subproductos provenientes de la palma de aceite y de la caña de azúcar. La piña generó una rentabilidad de 31% (MIDA, 2015), considerándose que 80% de la producción se destina al mercado internacional y, el resto, al consumo interno.

De acuerdo con los datos de la Contraloría General de la República, para 2013 las exportaciones de banano alcanzaron aproximadamente los B/. 90.6 millones y, para 2014, se registró un incremento próximo a los B/. 92.8 millones. Esto se debe en gran medida a la tecnificación de los productores, cuya producción alcanzó 1,800 cajas/ha.

La producción de azúcar ha representado para el país y los ingenios azucareros uno de los renglones prioritarios en la actividad agroindustrial.

[1] Bruno Zachrisson Entomología Agrícola (Control Biológico de Plagas), Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Autor de correspondencia, bazsalam@gmail.com **[2] Ismael Camargo** Genética y Mejoramiento de Plantas, IDIAP, camargo.ismael@gmail.com **[3] Carlos Him** Conservación de Suelos y Manejo de Agua y Cuencas Hidrográficas. Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Universidad de Panamá, drcarloshimg@gmail.com **[4] Enrique Murillo** Bioquímica y Nutrición Humana. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Panamá, emurillo29@hotmail.com **[5] Rodrigo Cambra** Economía Agrícola, FCA, Universidad de Panamá, rocambra@hotmail.com **[6] Dimas Arcia** Recursos Forestales y Naturales, FCA, Universidad de Panamá, dimas_arcia@yahoo.es

Esta actividad comercial es considerada un pilar en la industria del mercado panameño. Panamá ha exportado durante muchos años azúcar, melaza y sus derivados, con destino al mercado estadounidense. En 2013 se exportaron 51,152 t netas de azúcar de caña, con un valor FOB de B/. 23'973,576.00.

El aumento de la inversión privada en el país ha tenido consecuencias positivas para la economía nacional, sin embargo, el manejo de las áreas de producción de estos rubros agropecuarios ha afectado de manera negativa los ecosistemas agrícolas.

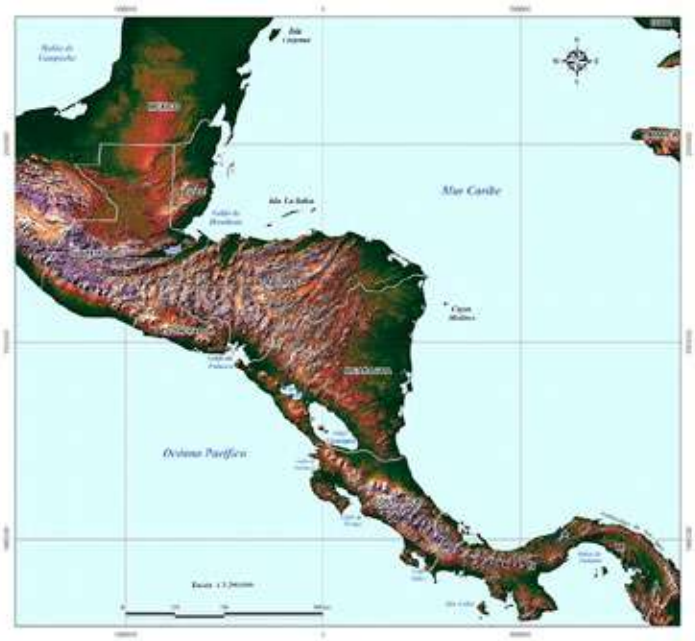
f. Factores que afectan la inestabilidad de la seguridad alimentaria

A nivel global se considera el cambio en el uso de suelo como una de las mayores amenazas a la biodiversidad, ya que involucra la pérdida de cobertura vegetal y la disrupción de los ecosistemas. La expansión de la frontera agropecuaria es otra variable a considerar en el cambio del uso de la tierra. De esta manera, se refleja que 25% del territorio nacional (1,8 millones de hectáreas) presenta las características para el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Sin embargo, el uso real de la tierra en estas actividades productivas se estimó entre 2.8 y 2.9 millones de hectáreas.

Los cambios en el uso del suelo, de acuerdo con el INEC (2011), indican una disminución de alrededor de 70 mil ha de las explotaciones agrícolas entre los años 2000 y 2011. El desarrollo económico del país ha reducido las áreas destinadas a la siembra de cultivos, los cuales han sido desplazados por la construcción de vivienda y la urbanización.

La contaminación de las aguas fluviales y del mar es provocada por los desechos domésticos e industriales, en donde los agroquímicos provenientes de la actividad agrícola –producto de la escorrentía– llegan al mar. En el suelo, en las fuentes hídricas y en las zonas adyacentes a áreas protegidas, uno de los principales factores que promueven la contaminación de estos ecosistemas, es la utilización de agroquímicos que, producto del proceso de lixiviación, se vierten en aguas residuales de origen doméstico, industrial y comercial. Villarreal *et al*. (2013) determinaron el índice de calidad de suelos en áreas cultivadas con banano en Panamá, como medida para gestionar la actividad agrícola y ambiental de los suelos cultivados en el Pacífico de Panamá.

Mapa 1. Posición geográfica de Panamá



Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010.

La actividad de la minería también contribuyó a la contaminación del suelo, aguas superficiales y aguas subterráneas, lo cual destaca el incremento de la erosión y consecuentemente la sedimentación de los ríos.

Las principales fuentes de inestabilidad que afectan la seguridad alimentaria en Panamá están relacionadas con la variabilidad climática y la falta de ordenamiento territorial, debido a la aptitud del uso de la tierra y a la falta de políticas económicas adecuadas para la producción sostenible de alimentos. De esta manera, como producto del cambio climático, las temperaturas se incrementarán de manera irreversible afectando la demanda hídrica en la producción de los cultivos.

g. Principales desafíos en la producción de alimentos

El cambio climático puede aumentar la dependencia de las importaciones de alimentos y acentuar la inseguridad alimentaria en los grupos y países más vulnerables (FAO, 2002).

La integración de los sectores gubernamentales y privado, en la búsqueda de mecanismos que permitan encontrar soluciones a estos problemas, es una acción prioritaria. Los retos que enfrenta Panamá, en materia de cambio climático, son relevantes (Mora *et al*., 2010).

2. Marco institucional

a. Sistema Nacional de Investigación Agrícola

i.Capacidades de investigación que necesitan de mayor desarrollo

La formulación de una Política de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) constituye un paso fundamental en la construcción de capacidades de dominio de la CTI en Panamá, de modo que permitan dar continuidad a este proceso. Por lo sustentado, los actuales desafíos que enfrenta el país están dirigidos a mejorar la efectividad de la política y de sus instrumentos de ejecución, aumentando el aporte al desarrollo de la ciencia, investigación, tecnología e innovación.

El fortalecimiento y empoderamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), en su papel de rectora de la política de ciencia-tecnología-innovación (CTI), sustenta el marco normativo existente e incrementa la inversión en CTI (PENCYT, 2015).

Las universidades en Panamá tienen, en general, una capacidad de investigación limitada, debido a la dedicación exclusiva de sus profesores a la docencia superior. Aunado a este factor, la investigación colaborativa es escasa y carece de enfoques multi y transdisciplinares.

El reducido número de investigadores asociado al reducido recurso financiero es el denominador común en estos centros de estudio. La creación de postgrados, maestrías y doctorados, obedece a una lógica de tendencia de mercado de Educación Continua, excluyendo la creatividad en el proceso de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D), aportando poco a la generación de capacidades en CTI.

El número de profesionales en el nivel de doctorado en las áreas científicas, formados en diversas especialidades, es reducido (PENCYT, 2015).

ii. Áreas de fortaleza local

El programa de becas de la SENACYT, cuyos resultados se reflejan en los programas ofrecidos por la cooperación internacional bilateral y multilateral, ha formado un total de 220 investigadores con grado doctoral, de los cuales 70% se ha incorporado al mercado laboral en el país. A pesar de esto, el número de recursos humanos para la operatividad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) es todavía reducido. El país apenas alcanza un total de 142 investigadores por millón de habitantes, cifra que al ser comparada con Costa Rica, Brasil, Uruguay y Colombia, es significativamente reducida. La evolución temporal del número de investigadores a tiempo completo es proporcional al número de artículos científicos listados en la *Web of Science*. Se ha determinado que la masa crítica de investigadores necesaria para transformar la economía de un país, se basa en el conocimiento generado por aproximadamente mil científicos de jornada completa por millón de habitantes.

Un aspecto fundamental que impide la renovación de capital humano especializado, sustentada en la necesidad de contratar a jóvenes científicos que culminan sus estudios de postgrado, radica en la dificultad de crear posiciones laborales en las universidades, organizaciones gubernamentales y/o privadas.

iii. Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

Los convenios internacionales, relacionados con los Recursos Genéticos y Biodiversidad, proporcionaron beneficios en la regeneración de las muestras ex situ amenazadas, aumento en la potenciación genética, ampliación de la base genética y apoyo a la producción y distribución de semillas.

La relación de convenios internacionales más relevantes ratificados por Panamá, se basa en la conservación y la utilización de los recursos naturales y biodiversidad, destacándose el convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, Protocolo de Nagoya y el Tratado Internacional de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA), entre otros.

De manera semejante se desarrollaron los Planes Operativos Nacionales de Recursos Gené-

ticos, en donde cada país, a través de las comisiones nacionales, promueve la interacción. Específicamente, el consorcio HarvestPlus LAC incluye diversas instituciones del Estado que trabajan en el desarrollo, evaluación y diseminación de cultivos biofortificados en América Latina y el Caribe, a través de la coordinación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El propósito de esta red de colaboración es mejorar el contenido nutricional de cultivos de importancia para la nutrición de la población panameña. En este sentido, las investigaciones se han dirigido a los cultivos, como el arroz, frijol, camote, maíz y yuca, en áreas rurales con graves problemas de desnutrición.

En Panamá, el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) es la institución líder en las actividades de investigación e innovación para el desarrollo de los cultivos biofortificados. Parte del financiamiento inicial de este proyecto fue otorgado por la SENACYT, en colaboración del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), el Patronato del Servicio Nacional de Nutrición, la Universidad de Panamá, el Ministerio de Salud (MINSA) y diversas organizaciones de productores.

En relación con la colaboración de los centros Internacionales, el Centro Internacional de la Papa (CIP) aporta germoplasma de variedades de papa y camote, para su evaluación en la República de Panamá.

El mecanismo de acceso al germoplasma de arroz por medio del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), a través del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), ha permitido el acceso de semillas de este rubro como consecuencia de investigaciones colaborativas. De esta forma, mediante fondos producto de proyectos concursables de SENACYT, se han generado líneas avanzadas de arroz biofortificado con hierro y zinc, además de híbridos y cruzamientos interespecíficos para ampliar la base genética con genes de especies silvestres.

La colaboración entre el IDIAP y el CIAT dio inicio al proyecto dirigido a la generación de cultivares de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris*) biofortificados con hierro y zinc, adaptados a las zonas productoras de Panamá.

El Programa de Evaluación de Germoplasma de Maíz, a cargo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), proporciona al IDIAP variedades para su evaluación de adaptabilidad y estabilidad en los distintos ecosistemas agrícolas y sistemas de producción, lo cual ha permitido generar y liberar variedades e híbridos normales de alta calidad proteica.

iv. Mantenimiento de datos y acceso a bases en los sistemas agrícolas

La información concerniente a las colecciones del IDIAP no se encuentra sistematizada en una base de datos unificada. La mayoría de los datos de caracterización, evaluación y regeneración de los materiales se encuentra en archivos electrónicos de Excel dispersos.

A partir de 2010, el Proyecto de Investigación e Innovación de Colecta, Caracterización, Evaluación y Conservación de Germoplasma Vegetal promovió el ingreso de la información de todas las colecciones del IDIAP en la base de datos BDGermo. Sin embargo, la reducida cantidad de cultivos que se ha caracterizado por medio de marcadores bioquímicos (isoenzimas) y moleculares, se ha limitado a los arroces criollos y a variedades mejoradas.

b. Universidades e Institutos de Investigación

El IDIAP fue creado mediante la Ley 51 del 28 de agosto de 1975 y es la institución gubernamental que tiene como función principal la de investigar para generar, adaptar, validar y difundir conocimientos y tecnologías agropecuarias, enmarcados dentro de las políticas, estrategias y lineamientos del sector agropecuario. Por ello, el IDIAP enfoca sus acciones y responde a los problemas que enfrenta el agronegocio panameño, mediante mecanismos de participación de los clientes, usuarios y colaboradores, en los procesos de identificación de demandas, problemas y desafíos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos.

Según Stads y Beintema (2009), la investigación agropecuaria se distribuye de la siguiente manera: 44% en la producción agrícola, 42% en la producción animal, 7% en la preservación y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales, y 1% en acuicultura y pesca. El resto de los rubros productivos, equivalente al 6% restante, se agrupa en las actividades dedicadas a la agroindustria, administración y mercadeo agropecuario.

i. Desarrollo científico e infraestructura

El IDIAP, como institución rectora de la investigación agropecuaria en Panamá, presenta 18 subcentros y nueve centros de investigación, distribuidos en toda la República. Además, posee diez laboratorios con equipos especializados para realizar investigaciones en biología molecular aplicada, suelos, inseminación artificial, protección vegetal y control biológico de plagas, entre otras áreas temáticas relevantes. No obstante, la innovación tecnológica requerida ha motivado captación de recursos financieros suficientes para responder a los nuevos desafíos del sector agropecuario panameño. La implementación de un Plan Estratégico Institucional, actualizado periódicamente, ha permitido cumplir con los objetivos asignados en una forma ordenada y sistemática. De esta manera se estableció como meta desarrollar y fortalecer el proceso de competitividad del sector agropecuario en una economía globalizada, vinculada con el aseguramiento de una oferta adecuada, accesible y saludable de alimentos para todos los panameños. Además, se han generado conocimientos y tecnologías agropecuarias amigables al medio ambiente con el fin de conservar los recursos naturales.

ii. Capacidades inter y transdisciplinarias de investigación y la asimilación de las innovaciones tecnológicas

En Panamá funciona un sistema de investigación y transferencia en el cual interactúa una serie de agentes tales como el IDIAP, responsable por el mayor aporte de la investigación agropecuaria del país. Sin embargo, la colaboración de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el Instituto PROMEGA y la Facultad de Medicina Veterinaria –los cuales pertenecen a la Universidad de Panamá– y el Centro de Producción Agroindustrial de la Universidad Tecnológica de Panamá también contribuye en el país al desarrollo de la investigación en este ámbito de la ciencia. Otras instituciones gubernamentales –como la Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP), el MIDA y MIAMBIENTE– han contribuido en su justa dimensión al desarrollo de la investigación agropecuaria del país.

Sin embargo, la transferencia y adopción de tecnología no está acorde con el impacto de la tecnología generada por los proyectos de investigación desarrollados.

c. Desarrollo de la fuerza de trabajo calificada y el estado de los sistemas educativos nacionales

En 2015 se estimó un total de 324 profesionales dedicados a la investigación agropecuaria, de los cuales las instituciones gubernamentales de investigación concentraban 48%, a diferencia de los datos presentados en los centros de educación superior que confirmaban 36%; las empresas privadas y organizaciones no gubernamentales (ONG) registraron 16% del recurso humano calificado.

La dedicación exclusiva en la docencia de los centros de educación superior es una variable que limita el desarrollo de la investigación agropecuaria en Panamá. Informes actualizados indican que 10% de los investigadores posee doctorado, 47% el grado de maestría y 43% licenciatura, estableciéndose la edad promedio de los investigadores panameños en 55 años.

La SENACYT ha desarrollado e implementado diferentes programas de becas de excelencia académica, dirigidas principalmente a maestrías y doctorados en universidades del extranjero, y los exbecarios doctorados son insertados en las instituciones gubernamentales y centros estatales de educación superior.

d. Contribuciones del sector público y privado

El financiamiento de la actividad de investigación agropecuaria ha presentado un aporte mayoritario por el sector gubernamental, cuyo gasto público destinado a la investigación agropecuaria no ha superado 0.5% del presupuesto nacional.

La inversión en investigación agropecuaria en Panamá muestra una tasa negativa de crecimiento, aumentando gradualmente con el tiempo.

e. Perspectiva futura

En 2017, el presupuesto del IDIAP es de B/. 19.5 millones, lo cual representa 0.16% del presupuesto nacional, correspondiendo 65% a salarios y gastos corrientes. No obstante, se ha iniciado la construcción de varias infraestructuras destinadas a fortalecer la investigación agropecuaria. El panorama es contradictorio en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, la cual, a partir de 2010, ha registrado un déficit significativo en relación con la asignación

gubernamental. La situación expuesta podría reducir la sostenibilidad de la investigación agropecuaria nacional, considerando la importancia en la formación del recurso humano especializado y del desarrollo de los programas de investigación.

3. Características de los recursos y los ecosistemas

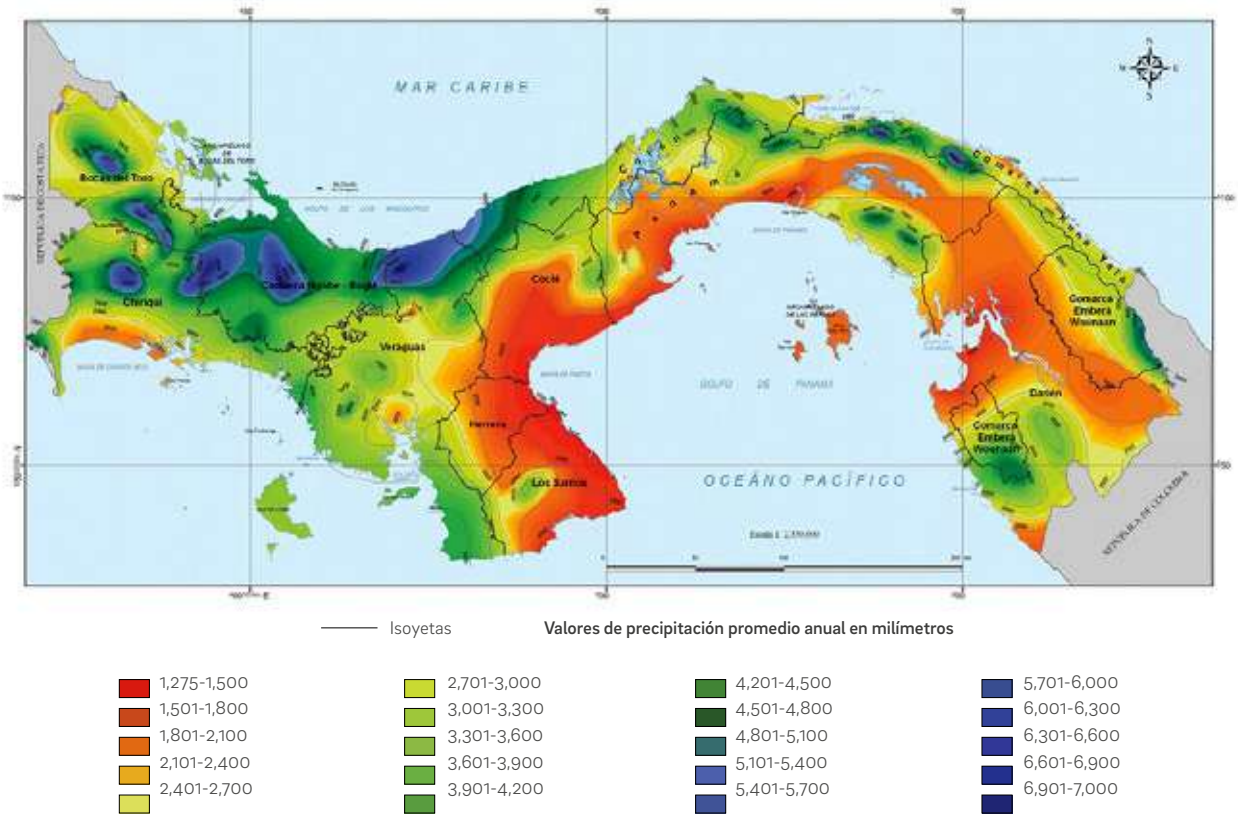
a. Recursos hídricos

Panamá es considerado como uno de los países del mundo con mayor recurso hídrico –con más de 50,000 m³ de agua per cápita–, lo que le ha permitido operar un canal interoceánico durante más de 100 años. Existe una abundante precipitación durante la estación lluviosa. Sin embargo, durante la estación seca se han presentado déficits hídricos estacionales, los cuales se han acentuado debido al Cambio y/o la Variabilidad Climática. Por ello se implementó el Plan Nacional de Seguridad Hídrica que, mediante la Resolución de Gabinete Núm. 114 del 23/08/2016, fue aprobado. En el mapa de isoyetas de Panamá (**Mapa 2**), se definen las áreas con un déficit hídrico significativo en el Arco Seco de Panamá, marcadas en rojo intenso.

Según los indicadores de Desarrollo Mundial (Banco Mundial, 2014), Panamá cuenta con 35.32 metros cúbicos per cápita de agua dulce, cifra que representa más del doble de la media continental. La época seca ha sido históricamente crítica y, a partir del fenómeno "ENOS" de 1997, es recurrente la crisis hídrica que inició en el Arco Seco y se ha extendido a otras regiones. El aumento de la intervención humana que altera el ciclo hidrológico, reduce la Infiltración y aumenta la escorrentía superficial.

Las aguas subterráneas no están debidamente evaluadas, debido a la ausencia de una red de monitoreo piezométrica, aspecto que impide conocer con precisión la cantidad de acuíferos exis-

Mapa 2. Isoyetas anuales de Panamá



Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010.

tentes, sus áreas de recarga y su potencial de rendimiento. Durante el último evento "ENOS" de 2015, la crisis hídrica afectó la disponibilidad de agua en 75% de la superficie total del país, para las diferentes actividades cotidianas de consumo humano y producción de alimentos. El manejo sostenible del agua frente a la creciente crisis hídrica es un reto que el país debe afrontar sistemática y eficientemente.

La producción agropecuaria a nivel nacional se verá afectada significativamente, producto de la creciente crisis hídrica por efecto del cambio climático. Los escenarios futuros confirman la implementación de una política efectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

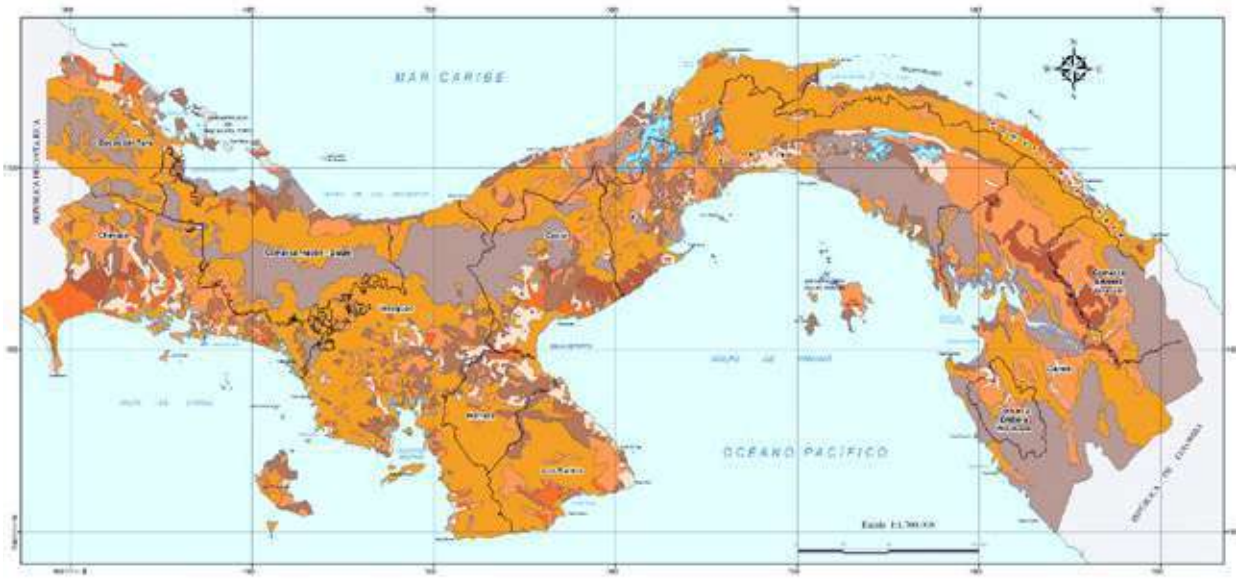
b. Suelos, características y retos

Los suelos de la República de Panamá son, en su mayoría, suelos lixiviados ácidos, correspondientes a los ultisoles/oxisoles y alfisoles (FAO, 2013). Existen suelos con mayor fertilidad asociados a materiales parentales más fértiles y regímenes de precipitación intermedios. De acuerdo con la capacidad de uso agrológico de los suelos, solo 19.5% de los suelos es apto para la actividad agrícola, mientras que aproximadamente 80% presenta vocación para el desarrollo de especies forestales y/o de conservación. Las limitaciones agrológicas han generado conflictos de uso de suelos severos, provocando procesos erosivos significativos, conducentes a la degradación de estos.

El uso de suelos de aptitud forestal, con pendientes no apropiadas para la agricultura mecanizada, produce pérdidas considerables de suelos por la erosión. Además, la pérdida de fertilidad y la contaminación de las aguas por la carga de sedimentos se dan en función del mal uso de la tierra.

El reto ineludible a futuro es el de producir más alimentos con las limitaciones de suelos destinados a la vocación agrícola y los esquemas de producción existentes. El manejo sostenible del suelo, a través de la implementación de prácticas de manejo y conservación de suelos acordes a su capacidad de uso, se convierte en la única opción para asegurar la producción de alimentos en cantidad y calidad suficientes, a mediano y largo pla-

Mapa 3. Mapa agrológico de Panamá



Agrorregiones de Panamá

- II Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas
- III Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas
- IV Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas
- V No arable, poco riesgo de erosión
- VI No arable, con limitaciones severas
- VII No arable, con limitaciones muy severas
- VIII No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010.

Mapa 4. Mapa de las ecorregiones de Panamá

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010.

zos, lo cual garantiza la sostenibilidad ambiental y productiva de los suelos.

c. Recursos energéticos

El sector energético de Panamá presentó, en 2014, una capacidad instalada total de 2,828.57MW (Secretaría Nacional de Energía, 2016), de la cual 57.4% (1,623.41 MW) corresponde a centrales hidroeléctricas que utilizan aproximadamente 16,000 Mm³ anuales de agua; 40.6% (1,147.8 MW), a plantas térmicas de distintas tecnologías y, el 2% restante, a la energía eólica que inició en el año 2013. No se descarta el aporte de la energía solar, cuya actividad se dio al inicio de 2014.

El período comprendido entre los años 1970 y 2013 registró un incremento significativo en el consumo de electricidad en el país, como consecuencia de los derivados de petróleo.

El incremento del consumo de energía ha generado mayor dependencia de las importaciones de petróleo, provocando efectos negativos para la economía y el medio ambiente local y mundial. La principal fuente generadora de energía proviene de las hidroeléctricas y, en los últimos años, de la energía eólica. El principal reto del sector energético se centra en la diversificación de la matriz energética. De esta manera, el Plan Energético Nacional contempla un ahorro de 39.8% de electricidad a través del uso racional y eficiente de la energía, así como mejoras en los diseños y construcciones.

La diversificación de la matriz energética es un objetivo claro de la política energética nacional, la cual contempla la promoción y utilización de energías renovables, incrementando el uso de la eólica y de la solar como medida racional y eficiente a largo plazo.

d. Biodiversidad

El Cuarto Informe Nacional sobre Biodiversidad (ANAM, 2010) indica que Panamá es considerado uno de los países más ricos en biodiversidad de especies de la región centroamericana, ejerciendo

una función de conectividad natural entre Norte y Suramérica. El 4% de plantas vasculares reportadas para Panamá son endémicas. La biodiversidad contribuye en muchos aspectos al bienestar humano, tanto en la producción de materia prima como de salud.

De acuerdo con el PNUMA (2011), en los últimos 50 años se ha confirmado una pérdida de especies biológicas a un ritmo acelerado. Las recientes variaciones en la temperatura, que han generado el cambio climático, han tenido ya repercusiones importantes sobre la biodiversidad y los ecosistemas, aumentando el riesgo de extinción de especies. Las principales amenazas para la biodiversidad del país que se mencionan, son las siguientes: a) la contaminación de los ríos y lagos; b) la pérdida y fragmentación de hábitat; c) la deforestación; d) la introducción de especies exóticas y su adaptación a los ecosistemas naturales; e) la adaptación de especies invasoras a los ecosistemas; f) la extracción de especies; y g) el mal uso de la tierra.

La implementación de un plan general de uso de la tierra y del establecimiento del marco de monitoreo y evaluación para la conservación de la diversidad biológica deberá promover opciones para la preservación de especies en los ecosistemas.

e. Recursos forestales

Los recursos forestales de Panamá están caracterizados por una cobertura forestal de bosques maduros, intervenidos y secundarios, que en el año 2014 alcanzaba 61.9% de la superficie terrestre del país. Todos estos bosques juegan un papel importante en la protección de las cuencas hidrográficas del país, ofreciendo múltiples servicios eco-sistémicos tales como la regulación de los recursos hídricos, conservación de la biodiversidad, protección de suelos y la estabilización de procesos erosivos.

Previamente al año 2000, la tasa anual de deforestación se estimaba en unas 50 mil ha. Posteriormente, los registros indicaron que la cobertura boscosa en 2014 se redujo a 30%, en comparación con las cifras del año 2000.

A partir del compromiso adquirido en la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), celebrada en 2015 en París, Panamá se comprometió al establecimiento de un Centro Internacional para el Manejo de Bosques Tropicales, cuya sede en nuestro país impulsó la iniciativa de la Alianza por el Millón de Hectáreas Reforestadas, proyectadas para 2035.

f. Impactos potenciales del cambio climático

El cambio climático global es la principal amenaza que se cierne sobre los sistemas de producción de alimentos y los ecosistemas naturales (IPCC, 2015). El aumento de las temperaturas, directamente proporcional a la evapotranspiración y las demandas de aguas, afecta a los cultivos, la producción pecuaria y a la salud de la población de humanos.

g. Construyendo resiliencia a eventos extremos

La ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes y con mayor intensidad está asociada al cambio climático, y requiere de la adopción de medidas de adaptación tecnológica, así como de la creación de mecanismos de resiliencia, que permitan a las comunidades rurales vulnerables tener opciones frente a la creciente magnitud de los desastres naturales y su impacto en la alimentación de la población. La primera medida para construir la resiliencia es la reducción de la vulnerabilidad a la variabilidad climática o cambio climático a mediano y largo plazos.

La construcción de resiliencia a eventos extremos como inundaciones, huracanes, deslizamientos de tierras y acceso al agua, se implementa en la adopción de las tecnologías generadas y de la eficiencia de los sistemas de producción. Las tecnologías priorizadas están dirigidas al uso sostenible de los suelos de vocación agropecuaria, el eficiente aprovechamiento del agua (sistemas de riego por goteo y micro aspersores) y su almacenamiento. La silvicultura y los sistemas agroforestales aumentan la resiliencia al establecerse sistemas de producción con elevada biodiversidad de especies en las diversas modalidades de producción mixta, como lo es la agroforestería, los sistemas silvo-pastoril y agro-silvo-pastoril.

El papel de las instituciones nacionales e internacionales, al igual que el de las políticas gubernamentales, es una prioridad en la construcción de sistemas resilientes a eventos extremos. Además,

también debe considerarse la formación de recurso humano calificado y la captación de fondos requeridos para cumplir con las metas establecidas.

h. Perspectiva futura

El Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, desde 2009, sugirió que el cambio climático no sólo reduciría los rendimientos de los cultivos agrícolas y los productos de origen animal, sino que también incrementaría los precios de los alimentos. A raíz de esto, se pronostica que para 2050 la reducción en la disponibilidad de calorías necesarias para el desarrollo infantil se reflejará en 20% de la malnutrición infantil.

4. Tecnología e innovación

Los conocimientos sobre diversidad genética, fuentes de resistencia, biología y comportamiento de las especies vegetales y animales, calidad nutricional, propiedades medicinales de las plantas y capacidad de resiliencia son avances de la ciencia, la tecnología y la innovación que han permitido la conservación, valoración y uso de los alimentos silvestres, como base genética para el mejoramiento de los rubros agropecuarios. Además, se considera como uno de los puntos claves en CTI la evaluación de la calidad nutricional, aplicando tecnologías que promuevan la obtención de nuevos productos, a partir de productos alimenticios silvestres. Los productores prefieren utilizar los cultivares mejorados, que presenten mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, entre otras características, sin descartar las plantas cultivadas tradicionalmente utilizadas por las comunidades autóctonas.

a. Plantas

El avance de la CTI tiene efectos positivos sobre la producción de alimentos silvestres. Además, por medio del desarrollo de proyectos se ha determinado la calidad nutritiva, considerando la obtención de nuevos productos, extraídos a partir de especies silvestres. Sin embargo, los agricultores prefieren utilizar los cultivares mejorados, entre estos, los arroces acriollados, variedades de maíz, tomates silvestres, raíces y tubérculos (IDIAP, 2016).

b. Animales

En relación con el mejoramiento genético de animales se ha avanzado en la evaluación de los núcleos de bovinos criollos, lo cual permitió en 2016 el establecimiento de ocho núcleos de conservación de bovinos criollos Guaymí (**Figura 1**) y Guabalá. El establecimiento de este grupo se encuentra en el campo experimental del IDIAP en Ollas Arriba, Capira, Panamá, en donde la población de animales alcanza 191 cabezas.

El mejoramiento de las herramientas de diagnóstico de la Leucosis Enzoótica Bovina (LEB) permitió declarar todos los hatos técnicamente libres de esta enfermedad, considerándose un logro significativo en el campo de la salud animal. Los resultados presentados por este proyecto, permitieron establecer los protocolos de Leucosis Enzoótica Bovina con los genes GAG, TAX y ENV para bovinos. También, se hicieron los ajustes del protocolo de diagnóstico mediante PCR en tiempo real, para Lengua Azul en bovinos y ovinos (Informe Anual IDIAP, 2016).

Figura 1. Toro Guaymí del programa de conservación de recursos genéticos de IDIAP

c. Plagas y enfermedades

Los sistemas productivos mixtos pueden favorecerse por medio de la implementación de estrategias de manejo racionales con la aplicación de agroquímicos. En los sistema productivos de cultivos en

secano se destaca el manejo del complejo Ácaro (*Steneotarsonemus spinky*) Hongo-Bacteria, que provocó pérdidas significativas en la producción del cultivo de arroz (Informe Anual IDIAP, 2016).

El cultivo de tomate representa una fuerte inversión económica, pues el complejo de *Begomovirus* ha causado daños económicos significativos, destacándose su asociación con los biotipos del vector *Bemisia tabaci*, al identificarse con la diversidad genética del complejo de virosis. Las pruebas se realizaron mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), y los fragmentos amplificados por PCR se sometieron a un análisis de polimorfismos conformacionales de cadena sencilla (SSCP). Con ello se logró identificar la presencia de *Begomovirus* en 135 muestras colectadas en las provincias de Chiriquí, Herrera, Los Santos, Veraguas y Panamá. El aporte de estos resultados fortalece los programas de mejoramiento genético del tomate en la búsqueda de la resistencia a estas virosis (IDIAP, 2016).

Los técnicos del IDIAP, en los últimos años, han diferenciado morfológicamente 19 aislados de hongos entomopatógenos nativos (17 aislados de Beauveria bassiana, uno de Isaria lilacinus y uno de *Trichoderma* sp.), realizándose pruebas de patogenicidad en insectos- plagas de cultivos hortícolas en condiciones abióticas controladas de laboratorio. Además, se caracterizaron molecularmente diferentes cepas recolectadas en estas especies de plagas (IDIAP, 2016).

Otras innovaciones tecnológicas que generan alternativas de producción más limpia son el uso de agentes biológicos de plagas, como lo son *Telenomus podisi* y *Trichogramma pretiosum*, parasitoides de huevos del complejo de especies de *Pentatomidae* y *Lepidoptera*, respectivamente (Informe Anual IDIAP, 2016). De esa manera se reduce la contaminación de las fuentes hídricas y se protege la biodiversidad asociada a los ecosistemas agrícolas.

d. Perspectivas de productos agrícolas novedosos

El maíz con elevada calidad proteica es portador del gen Opaco-2, rico en lisina y triptófano, que ha duplicado la concentración de aminoácidos en las variedades de este rubro (IDIAP, 2016). El germoplasma utilizado fue proporcionado por el CIMMYT, liberándose cuatro variedades de maíz biofortificado (IDIAP MQ-02, IDIAP MQ-07, IDIAP MQ-12, IDIAP MQ-14).

e. Oportunidades para nuevas tecnologías de manejo

La crisis hídrica que se acentuará en los próximos años, como consecuencia del cambio climático, nos confirma el déficit hídrico existente en nuestros ecosistemas agrícolas. Para ello se han desarrollado los sistemas de riego por goteo, microaspersores y fertigación, lo que permite ahorrar hasta 95% del agua. En Panamá, la tecnología citada está disponible y operando eficientemente en los sistemas de producción.

La agricultura vertical, con sistemas en condiciones climáticas controladas, se está empleando en productos hortícolas, considerándose la aplicación de esta tecnología como limitada debido a su elevado costo y a la falta de financiamiento. Igualmente, no se descarta la capacitación de personal especializado requerido en la operación de esta tecnología.

f. Desarrollo de la acuicultura y de los recursos marinos

El sistema de producción acuícola, como uno de los componentes básicos de la dieta del panameño, afecta la salud y calidad de los suelos de vocación agrícola, al igual que las fuentes hídricas. Sin embargo, el crecimiento de la economía ha incentivado la generación de proyectos de cría de camarones para la exportación. La ciencia y la tecnología han generado información relevante en la búsqueda de la sostenibilidad en la producción de estas especies.

5. Incremento de la eficiencia del sistema agroalimentario

a. Incremento de la producción agrícola basada en las expectativas tecnológicas

Los cultivos de banano y caña de azúcar, de importancia económica para el país, emplean los sistemas de riego de manera extensiva. En el año agrícola 2015, se estimó que los proyectos de riego existentes utilizaron cerca de 50% de su potencial.

La producción en ambientes controlados de hortalizas y vegetales ha tomando vigencia en el país. Por eso se ha incursionado en la agricultura vertical Farm Factories, como producto de una iniciativa de cooperación con la Universidad de Chiba, Japón, y la Universidad de Panamá.

El IDIAP también ha implementado importantes investigaciones en la producción en invernadero, en diferentes zonas agroecológicas del país, especialmente en las áreas hortícolas.

b. Infraestructura para el almacenamiento de alimentos y la logística para su transporte a los mercados de distribución

El Estado panameño ha creado la Secretaría Ejecutiva de la Cadena de Frío, mediante el Decreto Ejecutivo Nº 20 del 2 de julio de 2009. Esta entidad es la encargada de planificar e implementar este sistema y tiene como objetivo extender la duración de los productos agropecuarios por medio del almacenamiento en temperaturas y humedad apropiadas, evitando pérdidas estimadas entre 10 y 60%, dependiendo del rubro agrícola, localidad y eficiencia del sistema logístico. El programa está enfocado a 24 rubros perecederos como, por ejemplo, cebolla, lechuga, tomate, brócoli, habichuela, zanahoria, yuca, ñame, otoe y papa. Actualmente, se cuenta con cuatro centros de acopio, denominados Centros Poscosecha, ubicados en tres localidades: Volcán, Cerro Punta y Dolega, todas en la provincia de Chiriquí, a 400 km de la capital. En esta región del país se produce 80% de las hortalizas consumidas a nivel nacional. Además de los centros de acopio localizados en la provincia de Chirquí, se ha instalado otro centro en la región central del país, en la localidad de El Ejido, en la provincia de Los Santos, almacenando 12% de la producción hortícola nacional. La finalidad de este proyecto aspira a tener mercados públicos minoristas en todas las cabeceras de las provincias de Panamá. A la fecha, está operando una en el mercado de la ciudad de David, provincia de Chiriquí.

La finalidad de esta iniciativa gubernamental es la de fortalecer la logística de transporte de estos productos agrícolas, reduciendo las pérdidas poscosecha.

6. Consideraciones de la salud

a. La deficiencia nutricional como precursora de enfermedades

Por presentar un clima húmedo tropical, el país ofrece condiciones para la supervivencia y multiplicación de agentes microbianos y parasitarios que pueden contaminar los alimentos, afectando la salud de los consumidores. La incidencia de intoxicaciones por alimentos es de notificación e investigación obligatoria a las autoridades del ramo, regidas por el Decreto 268 del 17 de agosto de 2001 (Cedeño *et al*., 2009).

b. Sobreconsumo de alimentos

En 1982, la prevalencia de obesidad en varones y mujeres fue de 3.8% y 7.6%, respectivamente. Posteriormente, el incremento observado en 2003 fue de 14.4% en varones y de 21.8% en mujeres. Además, se estima que en 2012 murieron por enfermedades relacionadas con la obesidad 8,517 panameños, lo que representa 49% del total de las muertes. La **Tabla 1** presenta datos del estado nutricional de adultos de 2003-2014, en donde se registraron elevadas tasas de sobrepeso y obesidad (Sasson *et al*., 2014).

Tabla 1. Estado Nutricional de Adultos (2003-2014)

Dominio	1997	2003	2008
Nacional	16.7	22.2	19.1
No Pobre	5.01	11.0	6.8
Pobre No extremo	12.51	19.5	16.1
Pobre extremo	38.4	43.3	46.2

c. Indicadores de desnutrición

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es un indicador del progreso medio de los países en términos de longevidad, en el que son considerados la salud, la educación y la calidad de vida. El último Informe sobre Desarrollo Humano Mundial, confirma que Panamá aparece en la posición número 60 de 188 países, situándose entre los países con elevado desarrollo humano (PNUD, 2015).

d. Desnutrición en áreas marginadas

A pesar del desarrollo económico de Panamá reportado en los últimos años, la desnutrición y la inseguridad alimentaria persisten en las áreas rurales, considerando niveles elevados de pobreza y pobreza extrema.

La **Tabla 2** confirma la relación directa entre pobreza y desnutrición en niños menores de cinco años (MINSA, 2009).

Tabla 2. Prevalencia de Desnutrición Crónica en menores de cinco años (1997-2003)

Dominio	1997	2003	2008
Nacional	16.7	22.2	19.1
No Pobre	5.01	11.0	6.8
Pobre No extremo	12.51	19.5	16.1
Pobre extremo	38.4	43.3	46.2

La pobreza afecta directamente el acceso a los alimentos y, consecuentemente, incide en la seguridad alimentaria. Algunas encuestas realizadas durante 2008, reportaron que, aproximadamente 32.7% de las personas, es pobre y la tasa de pobreza es superior en las áreas rurales (50.7%) (Dieguéz, 2016).

7. Consideraciones de Políticas

a.Distorsiones creadas por subsidios y otros modelos de políticas agrícolas

Las políticas agropecuarias de las décadas de 1960 y 1970, así como de la primera mitad de 1980, dieron prioridad al autoabastecimiento de bienes básicos junto con la expansión de rubros de exportación tradicional y no tradicional. El Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario llegó a alcanzar 20%, lo cual incentivó la creación de instituciones agropecuarias especializadas, como el Instituto de Mercadeo Agropecuario, el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, la Empresa Nacional de Maquinaria Agrícola, el Instituto de Seguro Agropecuario, el Instituto de Recursos Naturales Renovables (actualmente MiAmbiente), entre otros. El Instituto de Fomento Agropecuario se transformó en el actual Banco de Desarrollo Agropecuario. Por los antecedentes citados, se reafirma el interés por la soberanía y la seguridad alimentaria, que constituyeron el eje central estatal del desarrollo agropecuario nacional.

La comercialización de bienes agropecuarios se da en un mercado con niveles elevados de intermediación, costos de operación y pérdidas poscosecha.

b.Promoción de una agricultura sustentable, con productos saludables que proporcionen nutrientes a la dieta, a costos accesibles

El IDIAP está impulsando un programa nacional de biofortificación de alimentos, con la finalidad de incrementar el consumo de vitaminas y minerales en rubros de la canasta básica. De manera semejante, el Instituto de Mercadeo Agropecuario (IMA) ha implementado el Programa de Solidaridad Alimentaria, el cual tiene como meta producir alimentos a menor precio, utilizando como plataforma las ferias libres o la venta directa de los productos, evitando la intermediación.

Actualmente, con la finalidad de hacerle frente a la inflación alimentaria, el Gobierno instauró desde 2014 un programa de congelamiento de los precios a los principales rubros de la canasta básica, que incluía el arroz, cebolla, tomate, algunos cortes de carne, huevos, leche, frijoles, entre otros productos.

c.Tratados internacionales de comercio

A partir de 1984, la política económica nacional sufre un cambio significativo con la introducción de medidas macroeconómicas dirigidas al ajuste estructural y a la reducción de la intervención estatal en la economía. Se da una reorientación del sector agropecuario hacia la exportación y la apertura de mercados, favoreciendo el crédito y la asistencia técnica, enfocada hacia los cultivos no tradicionales de exportación. Aunado a esto, la redefinición de los objetivos de las instituciones agropecuarias estatales se ha fortalecido de acuerdo con las premisas del libre mercado y la apertura comercial. Este proceso impulsó la reconversión de la producción agropecuaria orientada por demanda y la vinculó con la agroexportación. Es por eso que se promueven los tratados de libre comercio o de

promoción comercial con Centroamérica, Taiwán, México, Chile, Singapur, EUA, Canadá, Perú y la Unión Europea, considerando como base de esta iniciativa el intercambio comercial. El Plan Estratégico de la Gestión de Gobierno 2015-2019 propuso elevar la competitividad y la productividad del sector primario. Por primera vez en décadas se considera la premisa de recuperar la soberanía alimentaria, la cual no es sostenible.

d.Políticas para la adaptación de innovaciones tecnológicas

El programa Ciencia, Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación para el Desarrollo Sostenible implementado por SENACYT, se enfoca a la generación del diálogo permanente de los problemas del aseguramiento alimentario. En este proceso se debe entender la dinámica del comportamiento social frente a los problemas y soluciones del desarrollo. El mismo define la necesidad de ejecutar proyectos de investigación, basados en los sistemas de producción y su relación con el recurso hídrico, la calidad y salud del suelo, con miras a garantizar la seguridad alimentaria, de manera que se integran y analizan los elementos necesarios para mitigar el cambio climático (PENCYT, 2015).

8. Conclusiones

En Panamá, el cambio climático ha afectado al sector agropecuario y a la seguridad alimentaria de la población. El análisis del desarrollo de ambas variables se relaciona directamente con la implementación de investigaciones y proyectos enfocados hacia la adaptación de la biodiversidad y de los rubros agrícolas al cambio climático, particularmente, con un enfoque dirigido al manejo del recurso hídrico y al aumento de la resiliencia de la variabilidad climática.

La agricultura y la alimentación son puntos prioritarios señalados dentro de los objetivos del Milenio. Además, desde este enfoque, la perspectiva del combate a la pobreza confirma la necesidad de generar conocimientos por medio del fortalecimiento de los institutos nacionales de investigación agrícolas (INIA). Sin embargo, no se descarta la implementación de los sistemas nacionales de innovación en el actual escenario político, económico y social que enfrenta el país y el mundo.

Hoy día, los indicadores que incluyen el factor político están enfocados al cambio de época, relacionándolo con el desarrollo de la agricultura. De esta manera, la reducción de incentivos en las estrategias de desarrollo, es fundamental para enfrentar los desafíos, tales como el desarrollo de los sistemas agrícolas sostenibles y la producción de alimentos.

La generación de conocimientos y la innovación de tecnologías agrícolas son los elementos determinantes en la definición de los escenarios emergentes, necesarios para impulsar las transformaciones necesarias. La tendencia mundial propone la implementación de políticas agropecuarias dirigidas a la innovación tecnológica, que se incorporen al desarrollo del sector agroalimentario. El repunte tecnológico relacionado con el desarrollo de cadenas de valor, integradas a los mercados y a la adecuada distribución en los niveles de los sistemas de producción, es una de las estrategias necesarias para optimizar el aprovechamiento de los mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, la inversión en investigación agropecuaria es reducida, destacándose la falta de recurso humano especializado. En este sentido, el escenario indicado no es proporcional al nivel de oportunidad mencionado anteriormente.

El papel de la generación de innovación tecnológica de los institutos nacionales de investigación agropecuaria (INIA) debe replantearse con base en algunos objetivos, entre estos: a) caracterizar los desafíos que enfrentan y la consolidación de la base científica en el marco político, social y económico; b) aportar ideas que sustenten los cambios que se deben realizar para aprovechar las oportunidades y enfrentar los desafíos actuales, y c) identificar los procesos específicos requeridos para la implementación práctica de las transformaciones requeridas.

Bibliografía

Autoridad Nacional del Ambiente (2010). Cuarto Informe Nacional de Panamá ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica Panamá. 110 pp.

Banco Mundial (2016). Disponible en: http://datos.bancomundial.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS?locations=PA&view=chart

Camargo Buitrago I., Bieberach C.Y., Villalobos A. & González P. (2016). *Estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.* Departamento de Edición y Publicaciones Panamá, 2016. 286 pp.

Capital Financiero (2014). Evolución del mercado agrícola de Panamá y la competitividad. Disponible en: https://goo.gl/wuVqGn

Cedeño, H., Bolaños, R. & Pinzón, J. (2009). *Situación de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS) en Panamá*. Ministerio de salud, ICGES.

Dieguéz, J. (2016). *Medición de la pobreza y bienestar en Panamá.* Informe. Ministerio de Economía y Finanzas, 11 de Mayo.

FAO (2015). Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutricional. Disponible en: http://plataformacelac.org/publicaciones

FAO (2013). The Agricultural Outlook 2016-2025, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 116 pp.

FAO (2002). Agricultura Mundial: Hacia los años 2015-2030. Informe Resumido. Roma, Italia. 97 pp.

IDIAP (2016). Memoria Anual 2015. Panamá, Panamá: IDIAP.

Instituto Nacional de Estadística y Censo (2014). Estimación de la población total en la República, según sexo y grupos de edad: Años 2010-14. Contraloría General de la República de Panamá.

Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. IFPRI Washington, D.C. 19 pp.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo) (2011). Censo Nacional Agropecuario, 2011. Panamá, Panamá: INEC.

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) (2015). Memoria 2015. 132 pp.

Ministerio de Salud (MINSA) (2009). *Estado nutricional de niños y Niñas menores de cinco años-República de Panamá-Encuesta niveles de Vida 2008*. 37 pp.

Mora J.; D. Ramírez, J. L. Ordaz, A. Acosta (2010). Panamá: Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). México, 74.

Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, IPCC (2015). Quinto Informe del Grupo de Trabajo II. Cambio Climático Impactos, adaptación y vulnerabilidad. 30 pp.

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) (2015). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (PENCYT). 150 pp.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2015). *Informe sobre Desarrollo Humano 2015.* Editorial PNUD.

ENV (2008). República de Panamá. Principales Resultados Encuesta de Niveles de Vida 2008 (MEF, CONTRALORIA, INEC, BANCO MUNDIAL).

Sasson, M., Lee, M., Fontes, F. & Motta, J. (2014). *Prevalence and Associated Factors of Obesity among Panamanian Adults.* 1982–2010. PLOS ONE 9(3): e91689. doi:10.1371/journal.pone.0091689

Secretaría Nacional de Energía (2016). Balances energéticos y Plan Energético Nacional 2015-2050: "Panamá, el Futuro que Queremos". 314pp.

Stads, G. J. & N. M. Beintema (2009). "Investigación Agrícola Pública en América Latina y el Caribe; tendencias de capacidad e inversión". ASTI, *Informe de síntesis,* Washington, D.C., y San José, Costa Rica: IFPRI e IICA.

Villarreal, J., Pla-Sentis, I., Agudo-Martínez, L., Villaláz-Pérez, J., Rosales, F. & Pocasangre, L. (2013). "Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá". *Agronomía Mesoamericana* 24(2): 301-315.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS), de la Lic. **Adriana de la Cruz** y del Dr. **Mike Clegg**, para la publicación del capítulo Seguridad Alimentaria y Nutricional para Panamá: Retos y Oportunidades para este Siglo. La acertada designación de los especialistas por la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (APANAC) fue crucial en la exitosa culminación de esta iniciativa, impulsada por IANAS.

La colaboración de profesionales e instituciones nacionales, involucrados en la recopilación de la información bibliográfica, redacción y revisión del texto final, fue fundamental para cumplir con la tarea encomendada.

El Dr. **Ismael Camargo** y el Dr. **Bruno Zachrisson** agradecen al **Sistema Nacional de Investigación de Panamá** (SNI), de la **Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación** (SENACYT), el apoyo ofrecido en el desarrollo de las innovaciones tecnológicas presentadas en este capítulo.

Seguridad alimentaria y nutricional en Perú

Ruinas incas del centro agrícola de Winayhuayna, Machu Picchu, Perú © Shutterstock

Perú

[1] Gustavo F. Gonzales
[2] Ana Colarossi
[3] Nicole Bernex
[4] Verónica Rubín de Celis
[5] Lidia Sofía Caballero-Gutiérrez
[6] Fernando Álvarez

Si bien el **Perú** ha obtenido los últimos 20 años grandes logros en cuanto al uso racional de los recursos pesqueros, tierra y agua, conservación del ambiente, de la reserva genética y mitigación del impacto negativo del cambio climático, aún es insuficiente para **garantizar la seguridad alimentaria, salud y calidad de vida del habitante actual y de generaciones futuras**

Resumen

El Perú es uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas y de especies del planeta. Alberga 96 zonas de vida natural de las 104 que se reconocen en el mundo, comprendidas en una gran diversidad de climas, geoformas y tipos de vegetación. Es un país agrícola y ganadero por excelencia, contribuyendo con 80% de alimentos que consume su población, por lo que requiere importar el 20% restante. Destaca su capacidad para desarrollar cultivos agrícolas por encima de los 4 mil metros de altura y es reconocido internacionalmente por la producción de "superalimentos" como quinua, kiwicha, cañihua, maca, yacón, sacha inchi, anchoveta, camu camu, maíz morado y guanábana. El Perú se encuentra entre los diez principales exportadores de alimentos, por lo que apunta a ser una despensa del mundo.

Aunque la disponibilidad de recursos es amplia y variada, un porcentaje importante de la población está expuesta a la inseguridad alimentaria particularmente debido a los cambios climáticos y desastres naturales. El estado fomenta el desarrollo agrícola, ganadero y acuícola con la promulgación de leyes e inversión económica para el impulso de la investigación y formación de recurso humano para la generación e innovación tecnológica, producción agropecuaria y exportación. Asimismo, promueve el uso racional de los recursos pesqueros, tierra y agua, conservación del ambiente, de la reserva genética y mitigación del impacto negativo del cambio climático. A través de los últimos 20 años, el país tiene muchos logros, sin embargo, aún es insuficiente para garantizar la seguridad alimentaria, salud y calidad de vida del poblador y de generaciones futuras.

1. Características del Perú

a. Un país de contrastes

Tercer país más grande de América del Sur con 1'285,215.60 Km², vertebrado por la escarpada y arisca cordillera de los Andes culminando a 6,768 m, el Perú goza de una situación excepcional por pertenecer a la vez a la hoya hidrográfica del Pacífico con 3,080 km de litoral marino y a la hoya amazónica, ofreciendo una sinfonía de paisajes, fruto de la impresionante diversidad climática y biológica creada por desniveles superiores a 6 mil metros. Con 96 zonas de vida natural (Pulgar Vidal, 2014: 225) de las 104 existentes en el mundo, 12 zonas climáticas[1] y ocho regiones naturales, el Perú es uno de los diez países de mayor megadiversidad del mundo. Depende y utiliza en gran medida su biodiversidad. De las 25 mil especies (10% del total mundial) de plantas, de las cuales

1. Según Köppen.

30% al menos son endémicas, la población utiliza unas 5 mil especies, en diversos usos: alimenticios (782), medicinales (1,400), ornamentales (1,608), para madera y construcción (618), forrajes (483), tintes y colorantes (134), entre las más importantes (MINAM, 2008). Las siete canastas alimentarias reflejan a la vez la abundancia y diversidad de los recursos alimenticios locales, las posibilidades actuales de aprovechamiento y la sabiduría milenaria de los pueblos (**Caja 1**).

Los agricultores del antiguo Perú domesticaron 25 especies de raíces y tubérculos comestibles. Estos cultivos pueden ser de importancia mundial como la papa (*Solanum tuberosum*), el

Caja 1. Las siete canastas alimentarias (Javier Pulgar Vidal, 2014)

Los productos de la "canasta" difieren en cada piso, pero en su conjunto, satisfacen todos los requerimientos biológicos de la población y evidencian tanto los esfuerzos realizados para aclimatar exitosamente las especies que se necesitaban como para domesticar la pendiente y asegurar la disponibilidad hídrica.

- **La Chala (0-500 m).** En la canasta alimentaria de la chala predomina la proteína animal (pescados y mariscos: anchoveta, bonito, sardina, caballa, pejerrey, atún, corvina, lenguado, etcétera) así como el camote, varios frejoles, choclo, zapallo, col, lechuga, coliflor, espinaca, pepinillo, poro, alverjita, caigua, vainita, tomate, cebolla; y frutas como uva, higo, plátano, guayaba, ciruelas, etcétera.
- **La Yunga (500 a 2,300 m).** En esta canasta encontramos principalmente carnes de aves, cuy, huevos; y frutas diversas: palta, chirimoya, lúcuma, granadilla, papaya, tumbo, ciruela del fraile, palillo, tuna, pitajaya; cítricos introducidos (naranja, lima, limón dulce y agrio, sidra, kumquat, toronja, etcétera); camote, achira, frejoles; y también condimentos como el ají de varias calidades, el chincho, etcétera.
- **La Quechua (2,300 a 3,500 m).** Predominan en la canasta la carne de cuy y aves, trucha y pescado seco-salado; maíz, papa, arracacha, calabaza, shupe, frejol, numia, pashullo, toda clase de verduras y hortalizas, hierbas aromáticas, muy variados condimentos; frutales típicos y aclimatados.
- **La Suni o Jalca (3,500 a 4,000 m).** La canasta está formada por carne de cuy, charqui de llama, pescado seco; quinua, cañigua, tarhui, variedades de papa, oca, mashua, olluco, diversas hortalizas; condimentos como el shill-shill similar al guacatay, el anís, la pachamuña. Completan la canasta las frutas del layán, el burro-shillanco y la mora.
- **La Puna (4,000 a 4,800 m).** Su canasta alimentaria está constituida por charqui y carne fresca de camélidos, oveja, cerdo, vacuno y cuy silvestre o doméstico; por pescado de laguna o de riachuelo; papas amargas convertidas en chuño, papas no amargas, maca, berros, cushuro, potaca, frutos de huagoro y eventualmente bayas de papa no amarga.
- **La Janca (4,800 a 6,768 m).** La canasta alimentaria proviene esencialmente de los pisos inferiores.
- **La Rupa-Rupa (400 a 1,000 m).** En la alimentación del hombre de la selva alta predomina carne del bosque, así como carne de vacuno, oveja, cabra, cerdo, cuy; de aves domésticas; peces de río. Además, tiene pituca, yuca, frejol chuncho, frejol de palo, mijo, maíz, cacao, maní, etcétera; condimentos como achiote, cúrcuma, palillo de palito, ajíes diversos, vainilla, etcétera, e infusiones de té, matico, pucherí, sharamasho, etcétera.
- **La Omagua o Selva Baja (80 a 400 m).** Cuenta con una canasta alimentaria formada por carne de monte, de ganado amazónico, de búfalo de agua, de oveja sin lana, de gallina común y de gallina de Guinea; de pescado de río, de tortugas de río y de tierra; de yuca, pituca, plátano, ñame, melón, sandía, frutales nativos y hortalizas cultivadas.

[1] Gustavo F. Gonzales, Profesor principal de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y miembro de la Academia Nacional de Ciencias, gustavo.gonzales@upch.pe **[2] Ana Colarossi,** Ex-directora de la carrera de Nutrición. Profesora asociada de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y directora de la Carrera de Nutrición. Jefa del Laboratorio de Micronutrientes de los Laboratorios de Investigación y Desarrollo LID-UPCH), ana.colarossi@upch.pe **[3] Nicole Bernex,** profesora principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú, directora académica del Centro de Investigación en Geografía Aplicada CIGA-PUCP y miembro de la Academia Nacional de Ciencias, nbernex@pucp.edu.pe **[4] Verónica Rubín de Celis,** Profesora principal de la Universidad Ricardo Palma, directora del Laboratorio de Genómica y Biología Molecular Evolutiva y miembro de la Academia Nacional de Ciencias, verónica.rubindecelis@urp.pe.edu **[5] Lidia Sofía Caballero-Gutiérrez,** Profesora principal de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno y coordinadora en Puno del Círculo de Investigación en Plantas con Efecto en Salud, lidia.caballero.g@upch.pe **[6] Fernando Álvarez,** Profesor asociado de la Universidad Daniel Alcides Carrión, Pasco, e investigador del Círculo de Investigación en Plantas con Efectos en Salud, falvarezr@undac.edu.pe

Tabla 1. Superficie agropecuaria según región natural en hectáreas, 2012

Región natural	Total	%	Agrícola	No agrícola
Costa	4 441 453,92	11,5	1 686 778	2 754 376
Sierra	22 269 270,66	57,5	3 296 008	18 973 263
Selva	12 032 040,10	31,1	2 142 222	9 889 818
Total	38 742 464,68	100,0	7 125 008	31 617 457

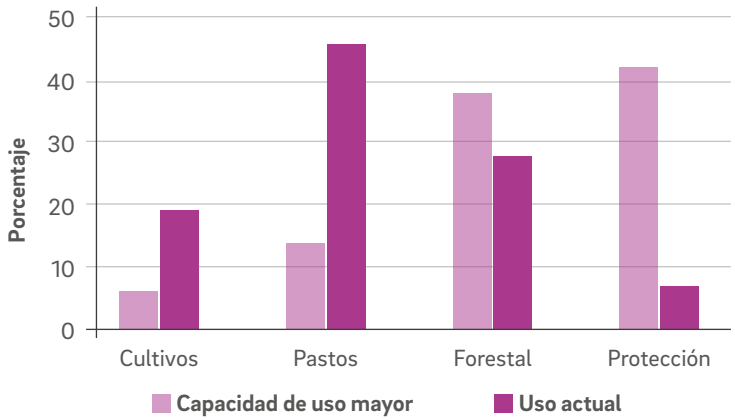
Fuente: INEI. IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

olluco (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalis tuberosa*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mauka (*Mirabilis expansa*), achira (*Canna edulis*), ahipa (*Pachyrhizus ahipa*) y maca (*Lepidium meyenii*). Estos cultivos tienen alta tolerancia a plagas y enfermedades y una eficiencia nutricional, por su nivel de adaptación a ambientes extremos (CONDESAN, 1997). Entre las leguminosas está el tarwi (*Lupinus mutabilis*) y entre los granos tenemos a la quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de alto valor nutritivo (Repo-Carrasco-Valencia, 2014).

Esta impresionante biodiversidad se distribuye muy desigualmente en 3 regiones geográficas, la costa desértica, salpicada de ricos oasis (11% del territorio; 52% de la población); la sierra con su gran complejidad latitudinal y altitudinal (30% del territorio; 36% de la población) y la extensa selva de vegetación tropical con su contrastada diversidad (59% del territorio; 12% de la población). No se valora suficientemente la impresionante diversidad del mar peruano donde fueron identificados 750 especies de peces, 872 de moluscos, 412 de crustáceos, 45 de equinodermos y 240 de algas, así como quelonios, cetáceos y mamíferos, de las cuales sólo una pequeña fracción son explotadas comercialmente (MINAGRI, 2017).

A pesar de poseer un territorio tan extenso, y de ser considerado como uno de los centros de origen de la agricultura (Brack, 2004), el potencial agrícola del Perú se reduce a 5.9% del área total del país, una mayor parte de ella con aptitud para cultivos en limpio (3.8%) y el resto con aptitud para cultivos permanentes (2.1%); las tierras de protección representan 42% del territorio nacional. **La Tabla 1** demuestra que la costa es la región con la menor extensión de tierras agrícolas y pecuarias. De ahí que la presión demográfica y otras

Figura 1. Capacidad de uso mayor de las tierras y uso actual, 2015



Fuente: INEI, Anuario de Estadísticas Ambientales, 2015, y ONERN, 1985

circunstancias obligaron las poblaciones a usar indiscriminadamente los suelos, más allá de sus capacidades (**Figura 1**), generando procesos severos de desertificación y degradación de la tierra que comprometen 26,76% del total del territorio nacional (34'384,796 ha) (MINAM, 2014: 151).

Esta desbordante diversidad, conjugada con los múltiples limitantes de una tierra de contrastes, explica por qué desde los tiempos más remotos el hombre peruano intentó y logró respuestas acertadas para valorar la oferta ambiental y revertir los problemas de desertificación y degradación de la cobertura vegetal, construyendo galerías, canales y acueductos, controlando la erosión (hídrica, eólica, térmica) mediante camellones, waru-waru y una extensísima andenería, actualmente en vías de recuperación (**Tabla 2**). Asimismo, en la actualidad, de las 7,1 millones de hectáreas, el área bajo riego representa 2,6 millones de hectáreas (36,2%) y 4,5 millones están bajo condiciones de secano (63,8% del total) (INEI, 2012).

Andenes en Moray, Cuzco. Foto: Wendy Gonzales

b. Un continuo y desigual crecimiento demográfico

Con 31'488,625 personas al 11 de julio de 2016, el Perú tiene un crecimiento anual moderado de 1,5% (1993-2007), una densidad promedia baja de 24,60 hab/Km^2 y una importante población urbana (76,7%), 41% de ella concentrándose en la capital Metropolitana de Lima (9'901,107 habitantes). Una doble asimetría por regiones naturales y por ocupación (urbana/rural) caracteriza la dinámica poblacional, además de una importante población indígena (25% del total nacional) cultural y étnicamente muy diversa, distribuida 70,1% en la sierra, 25,8% en la costa y 4,1% en la selva.

Caracteriza la dinámica demográfica el descenso de la Tasa Global de Fecundidad (2,60 hijos /mujer para el quinquenio 2005-2010 a 2,22 hijos/ mujer actualmente), del índice de mortalidad infantil (21,00/1000 nacidos vivos para el quinquenio 2005-2010 a 16,60/1000 NV actualmente),

Andenes en Machu Picchu, Cuzco. Foto: Wendy Gonzales

Tabla 2. Estado de conservación y uso actual de los andenes en los departamentos del sur del Perú en hectáreas, 2012

Departamento	Total	Bien conservado		Moderadamente conservado			Derruido		
		UP	UT	UP	UT	SUA	UP	UT	SUA
Total	**256955**	**13565**	**11025**	**31005**	**76160**	**105**	**400**	**84305**	**40390**
Apurímac	22620	-	-	25	6260	-	-	15430	905
Arequipa	48345	3260	6775	10195	11855	-	-	6120	10140
Cusco	23675	875	430	4395	2990	105	90	13610	1180
Ica	3345	-	-	160	915	-	310	960	1000
Lima	79380	3055	945	4950	28315	-	-	28405	13710
Moquegua	19390	4965	450	4500	2830	-	-	910	5735
Puno	46720	-	2425	-	20895	-	-	17715	5685
Tacna	13480	1410	-	6780	2100	-	-	1155	2035

Leyenda: UP=Uso permanente, UT= Uso temporal, SUA= sin uso agrícola Fuente: MINAGRI (INEI, 2015).

así como el aumento de la esperanza de vida al nacer (73,12 para el quinquenio 2005-2010 a 75,07 actualmente) (INEI, 2016).

El sector agropecuario concentra 25% de la Población Económicamente Activa a nivel nacional y a 2014 representó 5.3% del PBI nacional. Excluyendo a Lima, la agricultura ocupa aproximadamente 40% de la PEA (en la sierra alcanza 55%) y representa entre 20% y 50% de los PBI regionales (Zegarra y Tuesta, 2009; Libélula, 2010; MINAM, 2016). Para 2012 se censó a 2'260,973 productores agropecuarios en Perú, 63.9% en la sierra, 20.3% en la costa y 15.8% en la selva (INEI, 2015).

c. Inseguridad alimentaria, pobreza y vulnerabilidad

En 2010, el MIDIS realizó una primera medición detallada de la inseguridad alimentaria en términos de disponibilidad, accesibilidad, utilización de alimentos así como de estabilidad (tiempo), subrayando que 47,5% de la población total está expuesta al riesgo de inseguridad alimentaria, siendo las regiones más afectadas Huancavelica, Huánuco, Amazonas y Puno (**Mapa 1**).

En 2015, 459 distritos a nivel nacional –o sea 3.7 millones de personas (INEI, 2014)– tienen una Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria ante la recurrencia de fenómenos de origen natural muy alta (VIAFFNN), mientras que categorizados con vulnerabilidad "alta" se registran 460 distritos (3.4 millones de personas) que tienen una probabilidad de 37% de caer en VIAFFNN a la inseguridad alimentaria y nutricional. Los departamentos más vulnerables son Puno, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Amazonas y Huánuco (**Mapa 2**).

En 1994, 49.6% de los hogares en el Perú no cubrían su canasta básica de consumo, y en 1997 este porcentaje se redujo a 44.3% (Vásquez, 1999). A partir de 2001, se inicia un proceso de recuperación y crecimiento económico (4.2% de 2001 a 2005) (Mendoza, 2006), alcanzando 7.2% en el periodo 2006-2010 (MEF, 2010; 2011).

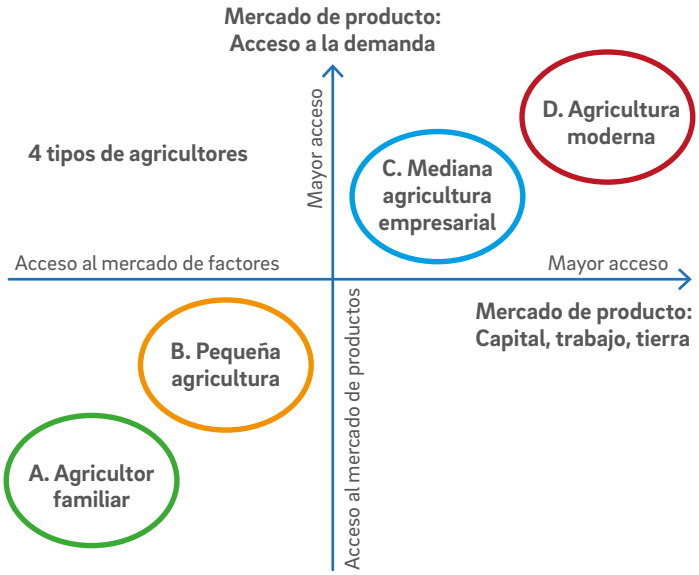
No obstante, una tasa muy alta de desnutrición crónica infantil debido a una ingesta insuficiente de alimentos y a enfermedades puede observarse principalmente en regiones de la sierra (Huancavelica, Apurímac y Cajamarca) (**Mapa 3**) y coincide con el mapa de pobreza del INEI donde las 3 regiones mencionadas encabezan siempre los *rankings* de pobreza o vulnerabilidad (MIDIS, 2012). Asimismo, de los 2,087 pueblos indígenas amazónicos (RM 321-2014-MC), 1,749 (85%) conocen una situación de VIAFFNN muy alta y alta, siendo principalmente afectados los pueblos de las regiones Loreto, Amazonas y Ucayali (**Mapa 4**).

d. Tipos de agricultura

El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) define cuatro tipos de agricultura en el Perú: la agricultura familiar (llamada anteriormente de subsistencia), la pequeña agricultura, la mediana agricultura empresarial y la agricultura moderna,

según la capacidad de acceso a la demanda, al capital, al trabajo y a la tierra (**Figura 2**). La mayoría de los productores agropecuarios son personas naturales (99.4%), mientras que solamente 0.6% está registrado como persona jurídica. Este dato coincide con las características de las unidades agropecuarias y su fragmentación, en contraste con la producción a cargo de grandes empresas. Resalta la deficiente capacidad organizativa de la agricultura en el Perú. Si solamente 3% de los agricultores estaba asociado en 1994, en 2012 llega apenas a 5% (MINAGRI/COMSAN, 2013). Otros problemas incluyen la falta de titulación de las tierras, el manejo de los factores climáticos y de las plagas que pueden afectar los cultivos y el cambio en el tipo de agricultura.

Figura 2. Tipos de agricultura en el Perú



Fuente: MINAGRI, 2013: 3.

A partir de los noventa se ha dado mayor impulso al desarrollo de dos tipos de agricultura: la agricultura con potencial exportable que aún requiere mayor apoyo estatal para generar tecnología y alcanzar niveles de inversión para el desarrollo de cultivos de kiwicha, cañihua, tarwi, tara, palmito, sacha inchi, yacón, camu camu y maca, y la agricultura de exportación no tradicional que usa alta tecnología y tiene elevados niveles de inversión por su acceso al crédito y permite el desarrollo de cultivos como el espárrago, páprika, cítricos, alcachofa, mango entre otros, que ocupan alrededor de 100 mil ha con tendencia a crecer más (Rendón Schneir, 2010). Este tipo de agricultura, aprovecha las ventajas competitivas en fruticultura y horticultura, aunque es desarrollada por un menor porcentaje de agricultores. Consecuentemente, la actual estructura agraria brinda una imagen de conjunto de coexistencia (no siempre armoniosa) entre dos tipos de economías: una comercial, movilizando grandes capitales, orientada a la exportación y generadora de empleo rural; la otra, familiar, pequeña o mediana productora, manejada por unidades domésticas y generadora de autoempleo agropecuario (Diez, 2014: 26). No obstante, perdura la relación entre la cantidad de hectáreas cultivadas, el acceso al riego y la tasa de desnutrición crónica (**Tabla 3**).

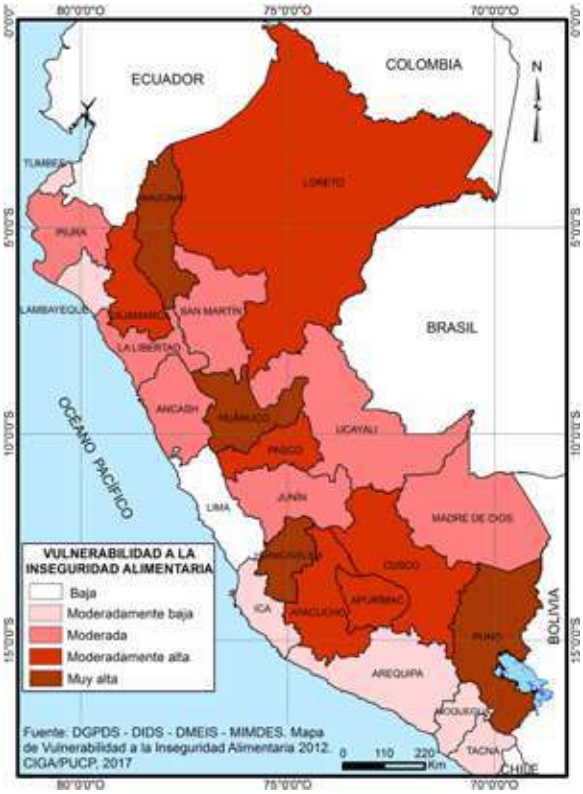
Ante esta situación, en los últimos años, el Gobierno peruano opta por promover el desarrollo de la agricultura familiar con la finalidad de aumentar las áreas de cultivo y mejorar la calidad de vida de las familias que dependen de este tipo de agricultura caracterizada por recursos limitados de tierra, el rol importante de la mujer, la reciprocidad y la dimensión comunitaria. Asimismo reconoce que la agricultura familiar constituye el eje

Tabla 3. Relación entre tasa de desnutrición crónica, hectáreas de tierras cultivadas y tierras con riego tecnificado

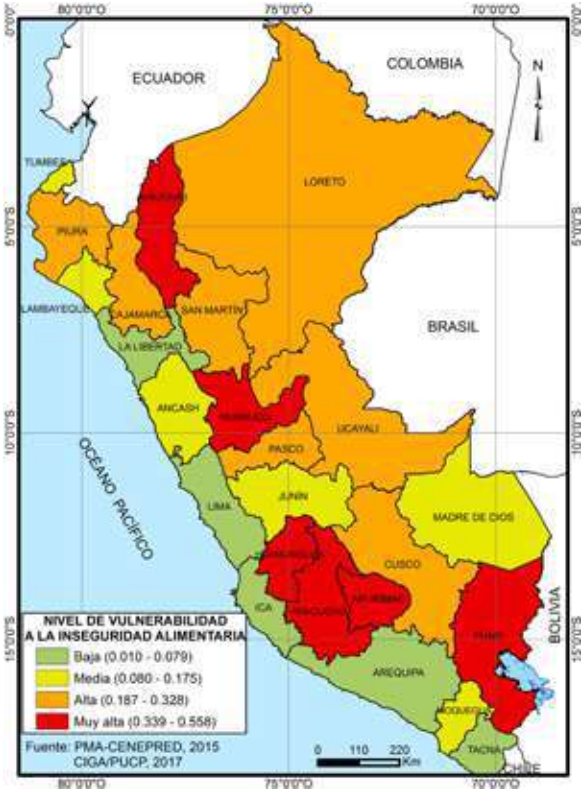
Provincias con tasas de DC	N° de Provincias	DC %	Tierras para cultivo (ha)	Tierras bajo riego (ha)
<10%	16	7.1	5.8	5.0
10-<20%	48	15.2	6.6	2.8
20-<30%	63	25.5	3.6	1.4
≥30%	64	35.0	2.9	0.7

DC: Desnutrición crónica. Modificado de Pintado 2012, basados en datos del IV Censo Agropecuario (2012) y tasas de desnutrición del MINSA (2014).

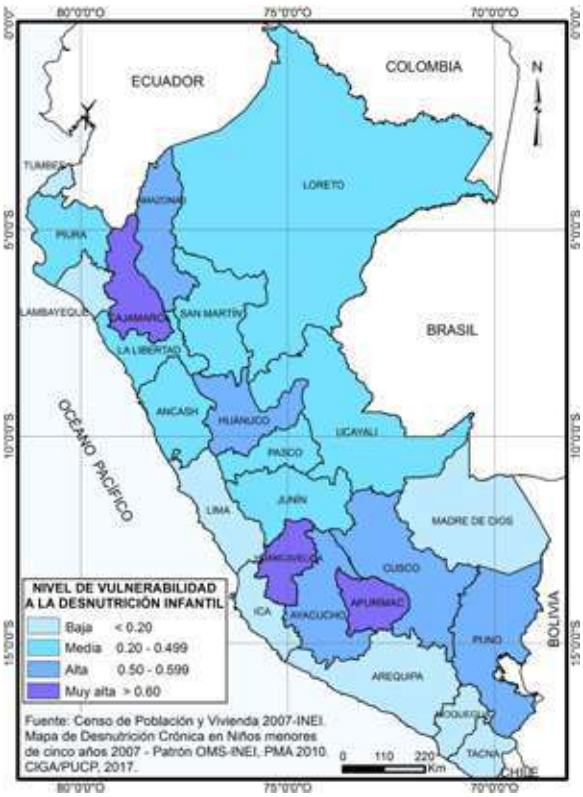
Mapa 1. Vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria



Mapa 2. Nivel de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria



Mapa 3. Vulnerabilidad a la desnutrición infantil



Mapa 4. Vulnerabilidad de las comunidades nativas

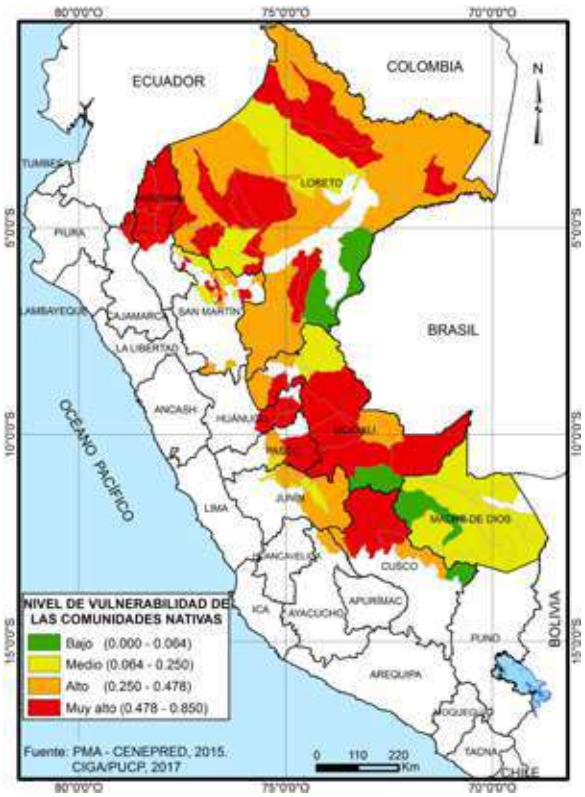
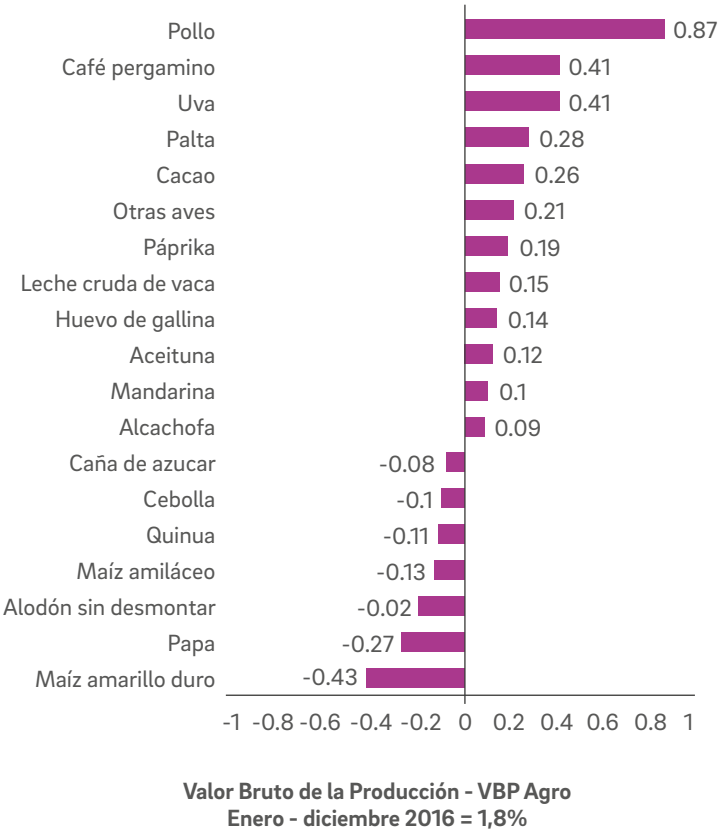


Figura 3. Características y tipos de agricultura familiar

Elaboración: Nicole Bernex

Figura 4. Principales productos que incidieron en el crecimiento del Sector Agropecuario, enero-diciembre 2016 (puntos porcentuales)



central de las comunidades rurales, al fomentar el arraigo de las familias al territorio, la preservación de los saberes ancestrales y las tradiciones, y el cuidado de las especies vegetales y animales propias de cada región. Si bien es cierto que la agricultura familiar representa 97% del total de las Unidades Agropecuarias, presenta diferentes grados de desarrollo que permiten clasificarla en tres grandes tipos (**Figura 3**).

Producción agrícola

Como resultado de los diferentes programas e innovaciones del Estado, la producción agropecuaria presenta globalmente un crecimiento lento pero continuo. Es así que en el periodo enero-diciembre de 2016, la producción agropecuaria registró un crecimiento de 1,8% en comparación con el mismo periodo del año 2015, debido al incremento de la producción de ciertos productos que tuvieron una especial importancia (uva, café pergamino, cacao, palta, páprika, aceituna, mandarina, alcachofa, así como pollo, huevos y leche cruda de vaca) (**Figura 4**) (MINAGRI 2016). El decrecimiento del subsector agrícola en 1,4% (maíz, papa, cebolla, quinua, caña de azúcar) está invisibilizado por el incremento de la producción del subsector pecuario en 4,3%. La producción de los cultivos costeños suele predominar y, al finalizar 2016, alcanzaba la producción de caña de azúcar 10'211,900 t; la papa, 4'712,400

Tabla 4. Población de ganado vacuno, ovino, porcino y de aves de corral (miles)

Región natural	Vacunos	Ovinos	Porcinos	Aves
Total	**5,156.0**	**9,523.2**	**2,224.3**	**121'394,062**
Costa	612.9	482.5	853.0	104'329,347
Sierra	3,774.3	8972.2	1,135.8	6'321,891
Selva	768.8	68.5	235.5	10'742,824

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

t; el alfalfa, 6'635,100 t; el arroz, 3'137,000 t; el plátano, 2'072,100 t; el maíz amarillo duro, 1'438,600 t; y la yuca, 1'230,000 t, entre la amplia gama de alimentos vegetales que produce el Perú (MINAGRI, 2016).

Agricultura sobre los 4 mil metros de altura

Debido a la cercanía de la línea ecuatorial es posible la vida de poblaciones humanas por encima de los 4 mil m de altura. En estas zonas de difíciles condiciones climatológicas se ha logrado el cultivo de plantas como la papa amarga, oca, olluco, mashua, maca, kañiwa y quinua, lo cual es algo digno de resaltar, pues se trata de plantas extremófilas.

Existen especies tolerantes a bajas temperaturas y alta adaptación a condiciones ecológicas extremas, como la maca (*Lepidium meyenii Walp.*), caracterizada por su alto contenido proteico y energético. En 1982 fue declarada en peligro de extinción y, actualmente, gracias a la investigación científica, se ha convertido en un alimento de interés mundial, por sus numerosas propiedades biológicas (**Caja 2**) (Gonzales y col, 2014).

Entre otras especies cultivadas a gran altitud, se encuentra la papa amarga, donde su transformación a chuño (liofilizado natural) se ha convertido en uno de los logros más importantes del poblador andino, pues permite conservarlas por años. Entre cultivos tolerantes a las heladas y sequías se tiene a la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), caracterizada por su contenido de proteínas de alto valor biológico (15.7 a 18.8%), carbohidratos (63.4%), aceites vegetales (7.6%), grasas no saturadas, hierro, calcio y fibra dietética (Apaza, 2010). La quinua (*Chenopodium Quinoa*), es un cultivo estratégico por su calidad nutritiva, por su contenido de fenilalanina, treonina y triptófano, de amplia variabilidad genética, adaptabilidad y bajo costo de producción (FAO/PROINPA, 2011).

Agricultura animal

Las tierras de la sierra tienen una aptitud reconocida para pastizales a pesar de sus limitantes (temperatura, erosión y degradación de los suelos, carencia de agua, entre otros) y del empobrecimiento continuo que sufre por sobrepastoreo y malos manejos (quemas). Al igual que la costa, tienen un gran potencial para la producción pecuaria, aumentando año tras año las superficies sembradas con alfalfa, maíz de chala, cebada forrajera, avena forrajera, pasto elefante, braquiaria y *rye grass / Lolium*. Consecuentemente aumenta la producción pecuaria y, aun si la población de ganado vacuno, ovino o porcino predomina en la sierra y la de aves en la costa, las regiones de mayor participación, respecto del total nacional de la producción vacuna, son Cajamarca (15,8%), Huánuco (10,1%), Puno (7,5%), Lima Metropolitana (6,9%), Lima provincias (5,0%), Amazonas (4,9%) y Junín (4,6%). La producción de leche cruda de vaca está aumentando continuamente, destacándose las regiones de Cajamarca (18,8%), Arequipa (18,8), Lima Provincias (13,4%) y Lima Metropolitana (4,5%). Asimismo, aumenta considerablemente la producción de huevos de gallina en torno a los principales centros urbanos, siendo las regiones con mayor participación en la producción Ica (39,1%), La Libertad (17,5%), Lima provincias (16,3%) y Lima Metropolitana (10,7%), mostrándose una clara orientación hacia un mercado urbano, lejos de las zonas de mayor pobreza como las zonas alto-andinas y de selva (**Tabla 4**).

e. El reto de la autosuficiencia agrícola

Desde inicios del siglo XX, el reto de la agricultura peruana ha sido responder a la demanda del consumo interno. De ahí, el esfuerzo continuo de modernización de la infraestructura agrícola, de búsqueda de innovaciones tecnológicas y de in-

Productora de maca en Junín (4100 m).

Pita de maca en Pasco. Foto: Wendy Gonzales

Hipocótilo de maca. Fotos: Wendy Gonzales

Trabajo de selección de la maca en Pasco (4200 m). Foto: Wendy Gonzales

Ganadería en la sierra. Foto: Wendy Gonzales

Caja 2. Maca: ¿producto o milagro de los Andes peruanos?

La *Lepidium meyenii* (maca) es una verdura crucífera (*Brassicaceae*) cultivada exclusivamente entre 4 mil y 4,500 msnm en el Sector Central de los Andes del Perú. Según la tradición, la maca se utiliza principalmente por sus supuestas propiedades nutritivas y medicinales.

La maca produce diferentes variedades dependiendo de su color exterior. Esta raíz se utiliza principalmente una vez que sus hipocótilos se han secado de forma natural y se consume principalmente en forma de jugo, en donde se pueden observar los diferentes colores de los hipocótilos. Las pruebas experimentales han demostrado los benéficos efectos de la maca en la nutrición, la fertilidad, la osteoporosis, la memoria y el estado de ánimo. La maca negra aumenta la producción de los espermatozoides, ayuda a la memoria y elimina el cansancio, mientras que la maca roja revierte la hiperplasia de próstata en ratas y ratones y la osteoporosis en ratas hembra, además de tener efectos inmunomoduladores.

La calidad de vida relacionada con la salud de las personas de Carhuamayo (4,100 msnm) que no consumen maca se ve disminuida, mientras que la puntuación de calidad de vida de aquellas que sí la utilizan es alta a los 40 años de edad y se mantiene de esta forma incluso hasta los 75 años. Pareciera como si estas últimas no envejecieran (Gonzales, 2010). Un doble ensayo controlado por placebo mostró que el concentrado de la maca roja o negra aumenta la puntuación de la calidad de vida de las personas (Gonzales-Arimborgo y col, 2016).

Mujer productora agrícola en Pasco a 4200 m de altura. Foto: Wendy Gonzales

Aunque la maca fue declarada en peligro de extinción en 1982 (National Research Council, 1989), su sostenibilidad ha aumentado de manera significativa desde la década de 1990. El Gobierno de Perú ha venido realizando un enorme esfuerzo para aumentar su cultivo y promover el producto en los mercados externos. El número de publicaciones internacionales de científicos peruanos sobre la maca en revistas especializadas de pares ha aumentado desde 2001 junto con el interés en las propiedades de la maca en los mercados del mundo. La maca se considera el producto insignia peruano desde 2005. El principal problema de la maca, que ha sido documentado desde la conquista del Perú por los españoles, tiene que ver con los derechos de propiedad intelectual. Es necesario formular políticas que aumenten los apoyos para la investigación de plantas medicinales y diseñar estrategias dirigidas a patentar los resultados obtenidos en las investigaciones de plantas medicinales peruanas.

Gustavo F. Gonzales

vestigación. La selva, al tener poco suelo agrícola, tiene mayor dificultad en cumplir con la suficiencia alimentaria y sus pobladores tienen las tasas más altas de desnutrición, que se debe también a sus elevadas tasas de pobreza (Anticona y San Sebastián, 2014), y parasitosis (Casapía y col, 2007) y al limitado acceso a los servicios de salud y educación (Anticona y San Sebastián, 2014). Este patrón también puede observarse en varias zonas alto-andinas (Cabada y col, 2015). Sin embargo, factores como el crecimiento económico y políticas de intervención nutricional han reducido la insuficiencia alimentaria en las zonas más pobres del país (Huicho y col, 2016).

Aun si la agricultura contribuye con 80% de alimentos, la dependencia de la importación gira en torno a 20% de insumos para alimentación avícola y ganadera (maíz amarillo, soya, entre otros) y para la producción de pan y de pastas (Villar-Castillo, 2008). En 2016, según el MINAGRI, el Perú importó 90% del trigo que se requiere y prácticamente 100% del aceite de soya, así como 65% del maíz amarillo duro que consume el país. En los últimos 10 años, las importaciones de productos agrícolas se han triplicado. Esto implica una creciente dependencia alimentaria, lo cual debe revertirse en el futuro para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional del país. Las tendencias

mundiales por demanda de alimentos, el desarrollo del sector de biocombustibles y la degradación de la tierra son amenazas importantes para la seguridad alimentaria nacional.

f. Mayores exportaciones / importaciones de alimentos y mercados

Según el MINAGRI, el Perú se encuentra entre los diez principales países que proveen alimentos al mundo, afectando a unos 2.3 millones de productores la muy baja productividad de la agricultura tradicional. Ciertamente, muchos alimentos peruanos han concitado el interés mundial. Un caso típico es la papa, que es nativa del Perú (Spooner y col, 2005). Debido a los diversos climas en que se desarrolla es posible encontrar genotipos resistentes al frío (Condori y col, 2014). Entre los principales productos de exportación se encuentran los espárragos, el café, el mango, la aceituna, la uva fresca, la palta fresca, la alcachofa, pimientos secos, el frijol, la mandarina, el jengibre, las habas, la cebolla, la arveja fresca, la quinua, la maca y los arándanos, cultivos que tienen enorme valor nutricional y muchos efectos benéficos para la salud (**Tabla 5**).

Tan importante es el interés en el mundo por los alimentos peruanos, que cada cinco años el valor de las exportaciones agropecuarias del Perú se duplica, y se espera que para 2021 superen los US$ 10,000 millones (MINAGRI/COMSAN, 2013). Las exportaciones agrarias del país ascendieron a US$ 4,849 millones entre enero y noviembre de 2016. Los principales destinos de exportación son EUA y Países Bajos, España, Alemania y Reino Unido, entre otros. La **Figura 5** muestra que la maca es el producto nutracéutico que más se exporta del Perú.

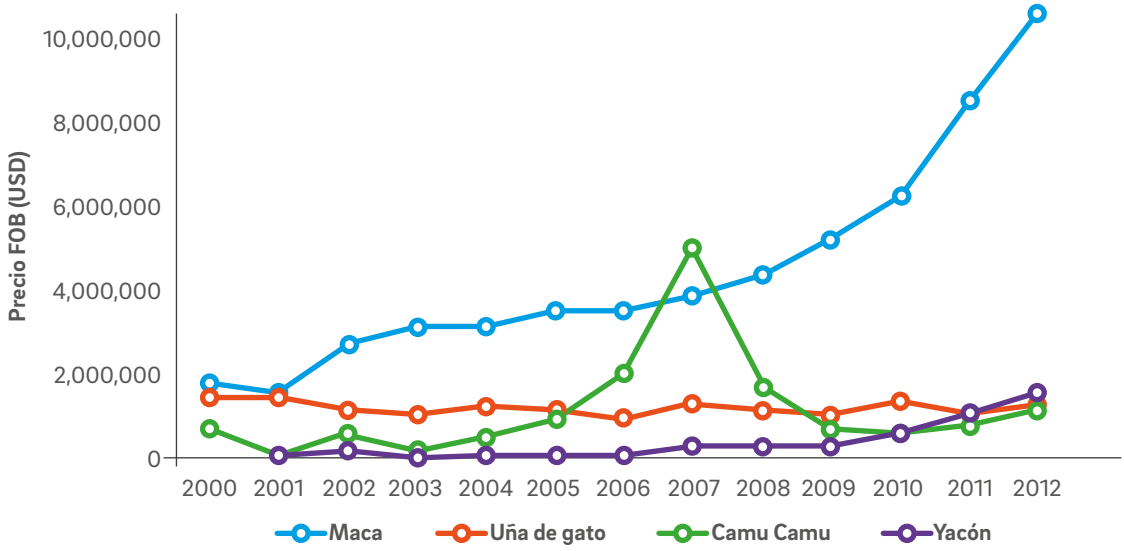
g. Fuentes potenciales de inestabilidad en la seguridad alimentaria y nutricional

Son numerosos los factores que pueden alterar la estabilidad en las acciones de seguridad alimentaria que un país puede alcanzar. Entre ellos cobra importancia la vulnerabilidad en la producción de alimentos por cambios climatológicos y cambios en los precios internacionales de alimentos importados como aceite, soya, maíz amarillo duro, trigo y derivados, que forman parte de la canasta básica de consumo familiar (MINAGRI/COMSAN, 2013). El Perú es uno de los países más vulnerables a los impactos del cambio climático, con riesgos para la sostenibilidad del desarrollo nacional (MINAM, 2014: 33). Las investigaciones demuestran cómo en épocas prehispánicas el cambio climático azotó a varias sociedades. Un ejemplo importante fue su impacto en la civilización Caral, la más antigua de América, que se desarrolló en la costa norcentral del Perú, en el valle de Supe, entre 2800-1900 a.C. (Sandweiss y col, 2009). En Vichama, valle de Huaura, vecino de Supe, la sociedad dejó para la

Tabla 5. Efectos benéficos para la salud de algunos cultivos andino-amazónicos

Cultivo	Efectos benéficos
Quinoa *Chenopodium quinoa*	Salud metabólica, cardiovascular, y gastrointestinal (Abderrahim *et al.*, 2015; Graf y col, 2015).
Camu camu *Myrciaria dubia*	Propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobiales. Alto contenido de vitamina C (Arellano-Acuña *et al.*, 2016).
Yacon *Smallanthus sonchifolius*	Propiedades hipoglicemiantes y probióticas por su alto contenido en fructo-oligosacáridos (Caetano y col, 2016).
Sacha inchi *Plukenetia volubilis*	Su aceite tiene un alto contenido de ácido linolénico (omega 3) cuya transformación endógena, permite la transformación en ácido docohexaenoico (DHA) de gran importancia biológica (Gonzales y col, 2014a).
Aguaymanto *Physalis peruviana*	Alto contenido de provitamina A y ácido ascórbico, algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B12); además destaca por sus altos contenidos de proteína cruda, fósforo y hierro (Fischer *et al.*, 2013).
Maíz morado *Zea mays*	Propiedades antioxidantes, benéficas para enfermedades cardiovasculares (hipertensión arterial), reducción del colesterol, lucha contra la diabetes (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Figura 5. Exportación de nutracéuticos peruanos (Precio FOB). Periodo 2000-2012



memoria colectiva relieves de 34 figuras modeladas, mostrando los estragos corporales de la hambruna (Shady R, comunicación personal).

En las últimas décadas, asociada al cambio climático, la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña ha sido más frecuente y severo, con intensas lluvias e inundaciones en la costa norte (Hernández-Vásquez y col, 2016a) y sequías en el sur. Para 2025, el cambio climático podría contribuir con un incremento de 70% en el número de personas con grandes dificultades para acceder a fuentes de agua limpia; en 2050 probablemente 50 millones de personas podrían estar en riesgo de no disponer de una oferta de agua suficiente para consumo humano, para hidro-energía y para la agricultura por efecto de la desglaciación de los Andes (MINAGRI, 2013). Por eso, en 2012, con el apoyo de la FAO, el MINAGRI formuló el Plan Nacional de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrario para el período 2012-2021 (PLANGRACC-A).

h. Principales retos de la agricultura

Ante episodios más frecuentes y severos de precipitaciones, inundaciones, heladas y sequías, el MINAGRI, en trabajo conjunto con otros sectores, puso en marcha el PLANGRACC-A, que prioriza cinco ejes estratégicos, orientando y articulando los proyectos y/o programas nacionales y regionales en el tema de Gestión de Riesgos de Desastre (GRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC) para el sector agrario (MINAGRI, 2012):

1. Investigación e información para la GRD y ACC.
2. Preparación y respuesta a emergencias por eventos climáticos.
3. Prevención y reducción de riesgos considerando eventos climáticos.
4. Planificación para el desarrollo en GRD y ACC.
5. Mejoramiento de capacidades locales en GRD y ACC.

Debido a la presencia y magnitud de los fenómenos de El Niño y La Niña existe un importante riesgo de pérdidas agropecuarias y una creciente inseguridad alimentaria en los periodos de lluvias o sequías. A nivel nacional, y desde 2015, la revitalización del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) permite monitorear más eficientemente los riesgos de desastre y actuar con mayor rapidez. Paralelamente, con el apoyo de varias instituciones (Unión Europea, Proyecto DIPECHO, Welt Hunger Hilfe, Diakonie, Soluciones prácticas y PREDES, entre otras), numerosos sistemas de alertas tempranas (SAT) han sido desarrollados a nivel local y regional.

2. Contexto institucional

a. Sistema Nacional de Investigación Agrícola

El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), organismo encargado de establecer la política nacional agraria, tiene a su cargo el Sistema de investigación en agricultura. Tiene adscritas entidades como la Autoridad Nacional del Agua (ANA) rectora de la gestión de los recursos hídricos nacionales, el Servicio de Sanidad Agraria (SENASA), autoridad en sanidad agraria, semillas y producción orgánica y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), encargado de incorporar, de forma permanente y sostenible, el cambio tecnológico como estrategia de crecimiento de la actividad agraria. Junto a estas instituciones que desarrollan estudios e investigaciones, a nivel regional, el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), adscrito en 2010 al Ministerio del Ambiente (MINAM), cuenta con un sistema de investigación en torno a seis grandes programas y contribuye, así, al manejo sostenible y conservación de la biodiversidad, al igual que al conocimiento de la sociodiversidad y economía amazónica.

El Perú cuenta con muchas fortalezas a través de sus programas, como AGROIDEAS, Programa de Compensaciones para la Competitividad, dependencia del MINAGRI, creada en 2009, que otorga recursos para apoyar la gestión empresarial, la asociatividad y la adopción de tecnología para negocios sostenibles de pequeños y medianos productores para consolidar su participación en el mercado.

Otra fortaleza es el incentivo a la promoción de los cultivos orgánicos de mayor producción en el Perú, como el café, cacao, banano, quinua, maca y castaña, esta última de recolección silvestre. Existen más de 100 productos certificados, aunque su comercialización es a pequeña escala.

Sierra Exportadora, creada en 2006, contribuye al crecimiento económico de la zona andina con inclusión social y productiva. Promueve la exportación, mejorando la calidad, volumen y procesos, con un mayor valor agregado, en una economía abierta con visión de mercado (*Sierra Exportadora, 2013*). Por la Ley 30495 se transformó en el Programa "Sierra y Selva Exportadora". A 2016, el Programa ha capacitado a 27,732 pequeños productores de zonas rurales del país con la finalidad de que obtengan productos de calidad que exige el mercado global.

Desde hace 15 años existe una importante promoción por la renovación de las instituciones de ciencia, tecnología e innovación agraria con la finalidad de darle un enfoque de innovación tecnológica. La creación del Programa INCAGRO, el enfoque de cadenas en la promoción agraria, la renovación del INIA, los Centros de Innovación Tecnológica (CITE) y el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) constituyen importantes avances desde el sector público. En el sector privado destacan el Instituto Peruano del Algodón (IPA), el Instituto Peruano de Leguminosas, el Instituto Peruano de Plantas Naturales, el Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas (IPEH), organizaciones intergubernamentales como el Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), al igual que agencias como la Cooperación Suiza y la Cooperación Técnica Alemana (GIZ), entre otras (Rendón Schneir, 2010; Libélula, 2011).

En el Perú, el Centro Internacional de la Papa (CIP) tiene un banco genético de variedades de papa, camote y otros tubérculos andinos. Un ejemplo importante de colaboración internacional es el trabajo para determinar los casi 40 mil genes del genoma de la papa, el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo luego de la soya, el arroz y el maíz. Para esto se unieron científicos de 14 países incluido el Perú. Paralelamente tienen un mecanismo único de cooperación entre países de América Latina y el Caribe, y España, que promueve la innovación de la agricultura familiar, la competitividad y la seguridad alimentaria.

El Perú cuenta con una serie de geoservidores del Sistema de Información Geográfica que se encuentran en diferentes Ministerios e Institutos como MINAGRI, MINAM, ANA, MINSA, entre otros, accesibles al público a través de www.google.es/maps

La Dirección General de Información Agraria (DGIA) del MINAGRI tiene como lineamiento de política fortalecer y descentralizar el Sistema Nacional de Información Agraria (SINFA) para apoyar a los agentes económicos en la toma de deci-

siones sobre aspectos productivos y comerciales. El SINFA contiene estadísticas agropecuarias y agroindustriales sobre abastecimientos y precios, agroclimáticas, de comercio exterior y de insumos.

b. Universidades e institutos de investigación

En el Perú existen numerosas instituciones dedicadas a la investigación agrícola, otras al impacto socionutricional y a la salud. Podemos citar a la Universidad Agraria La Molina (Lima), La Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (Pasco), la Universidad Nacional del Altiplano (Puno), la Universidad Nacional de la Amazonía (Iquitos), Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima), Universidad Ricardo Palma (Lima), Universidad Peruana Cayetano Heredia (Lima), entre muchas otras; cada una de ellas dedicada a un trabajo específico manteniendo la interdisciplinaridad.

Además de los antes mencionados CIP, INIA, IIAP en la selva, debe destacarse el rol del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), organismo del Ministerio de la Producción, orientado a la investigación científica, al estudio y conocimiento del mar peruano y sus recursos, para asesorar al Estado en la toma de decisiones respecto del uso racional de los recursos pesqueros y la conservación del ambiente marino.

La política agraria tuvo un cambio significativo en el primer quinquenio del 2000, introduciendo el enfoque de cadenas productivas y dando importancia a la innovación tecnológica como medio para mejorar la competitividad (Rendón Schneir, 2010). Sin embargo, aunque existen las capacidades de masa crítica en las universidades e institutos de investigación en el país, aún es dispersa la visión de un trabajo multidisciplinario entre la ciencia del cultivo agrícola, la ciencia de la poscosecha, la actividad funcional del producto al ser consumido por los humanos y la comercialización. A pesar de ello podemos mencionar que la Universidad Agraria La Molina cuenta con varios institutos de investigación: el Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA), el Instituto de Biotecnología (IBT), el Instituto de la Pequeña Producción Sustentable (IPPS), el Instituto Regional de Desarrollo de la Costa (IRD), el Instituto Regional de Desarrollo de la Selva (IRD).

Por otra parte, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos cuenta con: el Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), cuya función es la generación del conocimiento científico sobre la biodiversidad, biotecnología, ecología, salud, manejo de recursos biológicos y medio ambiente. El Museo de Historia Natural está presente en IVITA-Pucallpa e IVITA-Iquitos. La Universidad Ricardo Palma tiene el Instituto de Ciencia y Tecnología (ICT) que estudia la biodiversidad empleando la taxonomía clásica, así como la genética molecular. El Museo de Historia Natural se dedica al conocimiento y conservación de la diversidad biológica como una de las tareas prioritarias que se debe desarrollar en nuestro país. En la Pontificia Universidad Católica del Perú, el Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables (INTE) es un instituto de investigación, formación académica y promoción en materia ecológica socioambiental de la biodiversidad, del territorio y de las energías renovables. El Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA-PUCP) cuenta con varios grupos de investigación sobre seguridad hídrica, energética y alimentaria, ciudades sostenibles y desarrollo rural. La Universidad Peruana Cayetano Heredia cuenta con el Instituto de Medicina Tropical, el Instituto de Altura, los Laboratorios de Ciencias del Mar donde se realizan análisis de agua intersticial en sedimentos marinos, fitoplancton, sedimentos (materia orgánica) en zonas marino costeras, restos silíceos en sedimentos, foraminíferos bentónicos, así como de datos oceanográficos.

El Perú es uno de los países de mayor desarrollo económico en América Latina (OECD, 2016). El reto para el futuro es darle valor agregado a sus productos. Para esto se requiere mano de obra calificada, haciéndose evidente en la agricultura con el aumento de las exportaciones particularmente en la costa a cargo de empresas grandes.

El problema se agudiza en la zona rural y en la agricultura de subsistencia donde la capacitación es menor. La creación de institutos agrarios cerca de las zonas de cultivo, particularmente en la sierra y en la selva del Perú, favorecerá la formación de mano de obra calificada.

c. Contribuciones relativas de los sectores públicos y privados

A través de CONCYTEC, FONDECYT e INNOVATE PERÚ, entidades del Estado, se promueve la inversión en investigación y desarrollo tecnológico (I-D); sin embargo, la participación pública y privada aún es baja.

En 2016, el Perú invirtió 5 mil millones de soles (US$ 1,500 millones) en investigación y desarrollo, lo que representa 0.2% del PBI peruano. Tan solo 24.6% fue investigación en ciencias agrícolas. Estos aspectos son indicativos de que la investigación en la producción y mejora del contenido nutricional de productos agrícolas y acuícolas oriundos de costa, sierra y selva es un tema pendiente de desarrollo. A pesar de toda la inversión, aún es insuficiente porque hay mucho que estudiar, muchos enigmas que resolver, muchas especies que todavía no han sido registradas para el Perú. Para ello es necesario realizar inventarios nacionales de flora y fauna en costa, sierra y selva, con la finalidad de tener como base la identificación taxonómica y generar el estudio a nivel molecular de genómica, proteómica y metabómica. A todo esto debemos agregarle la producción científica en biodiversidad donde participan varias universidad nacionales y privadas como: UNMSM, UALM, UPCH, PUCP, URP, UFV, entre otras.

d. Perspectivas para el futuro

Desde 2013, el presupuesto para investigación y desarrollo a cargo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) se ha incrementado significativamente.

En 2016 se ha incorporado el Sistema de Apoyo a la Investigación con el que las empresas pueden deducir hasta 175% el impuesto a la renta por su aporte a Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I-D-I). CONCYTEC elabora los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología Ambiental y Valorización de la Biodiversidad, que priorizan las áreas de investigación a ser fortalecidas, y además en el área "Variabilidad climática y cambio climático", que hace sinergia con la Agenda de Investigación Ambiental (MINAM, 2016). También es importante proteger y conservar la diversidad humana con nuestros grupos étnicos, cuyo genoma ha sido poco estudiado, y promoviendo el respeto a los pueblos indígenas. Esfuerzos que, se espera, mejoren la seguridad alimentaria en los siguientes años. Se necesita se invierta más en la protección, conservación y manejo de la biodiversidad para garantizar la conservación de la diversidad genética, ecosistemas, especies.

Es importante dar mayor énfasis a los estudios de biodiversidad en los centros de excelencia como las universidades e institutos. Se destaca el esfuerzo que realizan las instituciones con publicaciones relevantes, artículos científicos en revista científicas con gran información sobre la biodiversidad que es la base de la seguridad alimentaria.

3. Recursos y características de los ecosistemas

a. Recursos hídricos y retos en los próximos 50 años

El volumen anual promedio de 1'768,172 millones de metros cúbicos (MMC) de agua, del que dispone el Perú, le otorga el privilegio de ubicarse entre los 20 países más ricos en agua del mundo. Con un escurrimiento superficial medio anual representando casi 5% del escurrimiento mundial, es el país de mayor disponibilidad de agua dulce por habitante en América Latina; es decir, cada peruano tiene 64.000 m^3 de agua al año. No obstante, la distribución natural de este recurso vital se da de manera totalmente asimétrica: 97.7% en la vertiente del Atlántico (cuenca amazónica), 1.8% en la vertiente del Pacífico (53 cuencas) y 0.5% en la del Titicaca. Los limitantes se generan porque la población se distribuye de manera inversamente asimétrica al recurso: 70% se concentra donde hay 1.8% de agua superficial disponible y 26% donde hay 97.7% del recurso (Bernex, 2010; ANA, 2012).

Asimismo existe un desbalance en la distribución del agua entre sectores productivos y población usuaria: el sector agrícola es el que concentra 86,8% del uso del agua a nivel nacional, seguido por el uso poblacional en 11,2%; el uso del agua para la minería se encuentra en 1,4% y, para la industria, en 0,6% (ANA, 2013).

b. Recursos del suelo y retos en los próximos 50 años

Los suelos de aptitud agropecuaria son el recurso más escaso del país (7% del territorio nacional) y también el más amenazado por procesos de deterioro, en especial la salinización en la costa, la erosión paulatina en la sierra y la pérdida de fertilidad en la Amazonía. Un total de 8 millones de ha están clasificadas como severamente erosionadas y 31 millones como moderadamente erosionadas (MINAGRI, 2017). A pesar de estos severos limitantes, existen esfuerzos para la recuperación de los suelos degradados tanto en la costa y sierra como en la selva, para garantizar, así, la seguridad alimentaria. Aun si el escenario actual indica una disminución de las tierras sembradas para consumo humano y un aumento de las dedicadas a la elaboración de productos manufacturados (MINAGRI/CONSAM, 2013), es necesario lograr un manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático con una visión de seguridad alimentaria y nutricional (IICA, 2016, CEPES, 2011).

c. Desafíos energéticos

Con la creciente presión económica, social y ambiental sobre los sistemas hídricos, energéticos y alimenticios, se incrementan y se ponen de relieve las diversas interdependencias y conflictos entre estos sectores, recordando que la modernización del riego puede ahorrar agua y, a la vez, incrementar el consumo de energía y amenazar la sustentabilidad de los acuíferos. Del mismo modo, la producción de biocombustibles puede disminuir la dependencia del petróleo, pero afectar y encarecer la producción de alimentos. Igualmente, los subsidios a los precios de la energía pueden incrementar la producción agrícola y, a la vez, llevar a la sobreexplotación de los acuíferos (Jouravlev, 2016). Si bien es cierto que en el Perú la producción de energía eléctrica registra un crecimiento sostenido a una tasa anual de 6.5% en el último decenio (MINAM, 2016), en épocas de escasez de agua compite con el de uso poblacional (INEI, 2015), aun cuando la producción de energía por parte de las centrales térmicas aumentó 12% y contribuyó con 50% del total de la producción eléctrica. Asimismo, la capacidad de generación a nivel nacional creció de 6,200 MW en el año 2005 a 12,251 MW en 2015 con una tasa media anual de 7%. Respecto de los Recursos Energéticos Renovables no convencionales, se tienen instalados 96 MW de energía solar, 240 MW de energía eólica y 80 MW en energía térmica (MINAM, 2016). No obstante, observamos una gran desigualdad entre la zona rural postergada y la zona urbana. El Perú tiene importantes reservas de gas natural como fuente importante de energía térmica; se estima que a 2013 alcanzó 875,733 millones de barriles (INEI, 2015), con una reserva probada de 16 trillones de pies cúbicos (TCF), que garantizan un abastecimiento de 15 años para consumo nacional y exportación.

d. Conflictos y desafíos de la biodiversidad

Junto con Chile, el Perú es el único país de la región que tiene amplias áreas extremadamente áridas –hiperáridas– (81,000 Km^2) recibiendo solo 2% de las lluvias que caen en el país (MINAM, 2016). De acuerdo con el INEI (2013), las cinco principales razones para que no sean trabajadas las superficies agrícolas fueron las siguientes: (a) la falta de agua (48.9%), (b) la falta de crédito (24.1%), (c) la falta de mano de obra (11.3%), (d) la erosión, la salinidad y el mal drenaje (5%), y (e) la falta de semilla (4.2%) (INEI, 2012). Aquellos problemas abarcan costa, sierra y selva.

Aunque la fachada marítima del Perú sea muy extensa, y sus recursos de gran relevancia, la sobrepesca industrial y artesanal es una constante. Afecta particularmente la anchoveta que es el recurso marino de mayor interés económico. En 2014, con la aprobación del Decreto Supremo N° 005-2012-PRODUCE, se reordena la pesca de anchoveta y el establecimiento de nuevas zonas de pesca, lo que significó una disminución en la cuota de captura de 41.9% respecto de 2013 (INEI, 2015). Otra especie que se controla con la veda es el camarón de río. El Instituto del Mar del Perú ha emprendido importantes estudios para proteger las poblaciones de las praderas de macroalgas que constituyen ecosistemas megadiversos.

La economía nacional depende en gran medida de la biodiversidad, tanto en lo referente a la producción agrícola (65.0%), pesquera (99.0%), ganadera (95.0%) y forestal (99.0%) (INEI, 2015). Hoy, aun si el Perú es uno de los centros mundiales de reserva genética de especies silvestres y de

biodiversidad –y que es difícil de prever en el corto plazo la desaparición de esa diversidad–, se observa un agotamiento de diversidad genética por acciones antrópicas. Por eso, deben inventariarse y conservarse las plantas parientes silvestres de especies cultivadas que representan los reservorios de recursos genéticos favoreciendo con ello a la seguridad alimentaria (Tapia, 1993).

El Perú es un país de bosques. El 57.3% de su territorio está cubierto por este recurso y para 2014 existían 16.8 millones de hectáreas de bosques de producción permanente; de estos, 4.3 millones de hectáreas bajo planes de manejo (MINAGRI, 2015). No obstante, entre los años 2001-2014 se perdieron en el Perú 1.653.255 ha de bosque amazónico, con un promedio histórico de 118,089 ha/año (Programa Bosques, 2015). El 85% de la deforestación ocurre por cambio de uso de la tierra para agricultura de subsistencia y a pequeña escala, y aun si se han generado programas de reforestación, el proceso es lento; en 2014 se reforestaron solamente 8,990 ha (INEI, 2015).

e. Impactos potenciales del cambio climático

No solamente los efectos del cambio climático impactan los medios biofísicos (agua, suelo, glaciares, cobertura vegetal) (CONSAM, 2013), sino que significan pérdidas concretas para el sector agropecuario (disminución de la producción de papa en la costa y sierra; pérdida de terrenos agrícolas y salinización de los suelos; colmatación de reservorios y destrucción de la infraestructura productiva). Asimismo, las altas temperaturas generan baja producción de carne y leche, y la migración de peces marinos y ribereños (MINAM, 2016).

f. Construcción de resiliencia ante eventos extremos

En 2015, la elaboración del mapa de Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria, ante la recurrencia de fenómenos de origen natural, permitió reconocer a distintas escalas las zonas donde a la población le resulta más difícil conseguir sus alimentos cuando ha sido afectada por algún fenómeno provocado por la naturaleza. Es así que, del total de 36,606 centros poblados con 50 o más habitantes, alrededor de 25.7 mil (70%) –o sea una población de 4.35 millones– están en áreas predominantemente rurales con alta o muy alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria (PMA y CENEPRED, 2015). Con esto, el Gobierno Central aspira a mejorar las estrategias de intervención a través de programas y proyectos que reduzcan la vulnerabilidad, promuevan la seguridad alimentaria y la nutrición y, a la vez, preparen a los ciudadanos para enfrentar las distintas contingencias que causan dichos fenómenos, creando intervenciones que mejoren la resiliencia de las comunidades y de los ecosistemas hacia la variabilidad climática actual. En los últimos 6 años se han implementado unos 330 programas, proyectos y/o acciones de mitigación / adaptación al cambio climático (MINAM, 2016). Sin embargo, estos primeros meses de 2017 las lluvias y las inundaciones en el norte y centro del país revelan lo frágil que aún se encuentran estos sistemas.

g. Perspectivas en el futuro

El principal reto del Perú es lograr un desarrollo sostenible a favor de las personas, el planeta y la prosperidad (Agenda 2030), y promover la adopción de un enfoque de resiliencia frente al cambio climático (MINAM, 2016). La brecha de inversión para lograr estos propósitos es grande. El escenario actual justifica la urgencia de diseñar programas que permitan identificar, describir y caracterizar a la biodiversidad en la brevedad posible, para que se puedan tomar las debidas medidas de conservación y mitigación. Debe enfatizarse la importancia del uso de técnicas modernas dentro del modelo de estudio de la taxonomía integradora, incluyendo el estudio de los procesos evolutivos asociados a áreas con mayor diversidad y endemismo y los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad peruana (Von May y col., 2012).

4. Tecnología e innovación

De acuerdo con la evaluación del Índice de Transferencia Tecnológica (que varía entre +2 y -2), los países con mayor transferencia tecnológica son los del Este Asiático (+0.8), seguidos por los países industrializados (+0.4). En cambio, los países latinoamericanos, entre ellos el Perú (-0.3), presentan un déficit de transferencia tecnológica (CONSAM, 2013) que es necesario revertir.

a. Rol de la Biotecnología

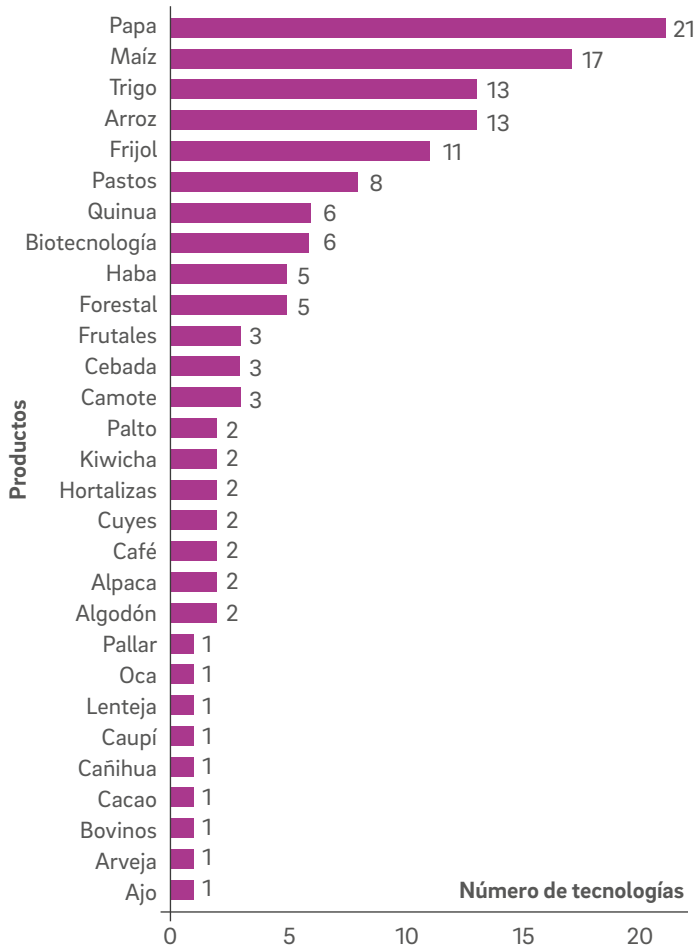
A nivel mundial, cerca de 2 mil millones de personas carecen de seguridad alimentaria. Se espera que la demanda de alimentos aumente 70% en 2050 (FAO, 2009). La biotecnología se aplica desde la época ancestral; un claro ejemplo es la preparación de la Chicha de Jora, hecho que se transmitió de generación en generación sin saber que era un proceso biotecnológico. En el año 1960, se dio la "revolución verde" caracterizada por un incremento en la productividad en las variedades de cultivos de alimentos básicos e introdujo métodos para el análisis de las secuencias genéticas, identificación de marcadores genéticos y, con el uso del ADN recombinante, es capaz de identificar, seleccionar y modificar las secuencias de ADN para lograr características genéticas específicas (OMS, 2005).

En el Perú, instituciones universitarias en conjunto con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y entidades internacionales desarrollaron un tipo de frijol resistente al gorgojo (*Zabrotes subfasciatus Boheman* y *Acanthoscelides obtectus Say*), tubérculos como el camote resistentes al nemátodo *Meloidogyne incognita*, con mayor contenido nutricional en dos variedades nativas. Se reportan avances en la producción de maíz con el doble de concentración de lisina y triptófano, mejoramiento de la producción y valor nutricional del arroz bajo diferentes condiciones de disponibilidad de agua (UNALM/AGROBANCO, 2014: 8-11).

El INIA desarrolla y transfiere semillas de quinua tolerante a factores climáticos adversos, con mayor rendimiento, mejor calidad de grano y aptitud para procesamiento agroindustrial, resistente a enfermedades y plagas; también, ha desarrollado la producción de semilla genética de ajo, papa y vid libre de virus, mejorando su rendimiento potencial (MINAGRI/INIA, 2009; 2012a; 2014b). Trabaja en la innovación agraria de recursos genéticos vegetales, cultivos andinos, frutales, hortalizas, maíz, paltos, raíces y tuberosas (MINAGRI/INIA. 2012a).

Entre las actividades de transferencia de tecnología, el INIA ha liberado 137 tecnologías, de las cuales 106 corresponden a cultivares mejorados, 23 a tecnologías de manejo, seis a protocolos biotecnológicos y dos a compuestos genéticos (**Figura 6**) (MINAGRI/INIA, 2012a).

Figura 6. INIA. Tecnologías liberadas por producto, durante el periodo 1991–2011 (número de tecnologías)



Elaboración: Nicole Bernex

El INIA desarrolla actividades en áreas de manejo animal como transferencia de embriones, fertilización *in vitro*, inseminación, sanidad animal, mejoramiento genético tanto en ganado bovino tropical, ganado altoandino, camélidos y cuyes (MINAGRI/INIA, 2011a;2011b;2012b). A pesar de lo anterior, la generación de nuevas capacidades biotecnológicas es todavía una tarea pendiente y urgente para el país.

El SENASA es la autoridad encargada del control y manejo de plagas y enfermedades entre los cultivos y crianzas de mayor importancia económica. Impone la política de vigilar por la inocuidad de alimentos destinados al consumo humano y la producción nacional o extranjera (SENASA, 2016).

Las estrategias de intervención, iniciadas en 2006, han permitido que el Perú tenga zonas libres de mosca de la fruta y sea 100% libre de fiebre aftosa sin vacunación, lo que genera un ahorro en los procesos de cultivo y crianza. Hay más de 1 mil plagas y enfermedades identificadas que no deben ingresar al Perú. De ese total, 947 son plagas vegetales, como la polilla guatemalteca de la papa que de ingresar afectaría más de 400 mil ha de cultivo, dañando hasta 80% de la producción (SENASA, 2014; 2017).

La aplicación del control biológico ha permitido disminuir las pérdidas de la producción agrícola por efecto de las plagas en cultivos como la caña de azúcar, cítricos, banano, café, diversas frutas y hortalizas, usando controladores biológicos (SENASA, 2014).

El IMARPE analiza la composición y abundancia del zooplancton asociado con las masas de agua, con la finalidad de extender los patrones y variabilidad en su distribución y abundancia disponiendo de alimento para otros niveles trópicos. Monitorea la presencia de indicadores biológicos de zooplancton asociado a la masa de agua.

b. Prospectos para nuevos productos agrícolas

En el Perú, el INIA es el principal ente dedicado a la obtención de nuevas variedades de plantas con características de resistencia a factores adversos y que permiten mejores rendimientos. Otra importante institución en la investigación de nuevas variedades de plantas es la Universidad Agraria La Molina, que ha desarrollado variedades de importancia nacional. Mencionamos anteriormente que se cuenta con laboratorios dedicados a investigación, en diferentes organismos.

El Centro Internacional de la Papa colabora con el INIA, la Universidad Nacional Agraria La Molina y otras universidades a fin de desarrollar investigaciones para obtener nuevas variedades de interés agrícola.

c. Oportunidades y obstáculos para el manejo de nuevas tecnologías (*v.g.* en irrigación y manejo de aguas o fertilizantes)

El Perú emplea generalmente fertilizantes importados. En 1993 se importó 303,807 t y en 2013 se importó 905,198 t. La más utilizada a 2013 es la urea (365,085 t). Entre los fertilizantes orgánicos tenemos al humus de lombriz, gallinaza y guano de isla. En 2012 se produjo en Perú 19,700 t de guano de isla y en 2013 llegó a 23,604 t. En 2012, de 2'213,500 unidades agropecuarias, 833,600 usan insecticidas químicos, 118,800 unidades usan insecticidas no químicos o biológicos, 521,200 usan herbicidas y 600 mil fungicidas (INEI, 2015).

En relación con el agua existe trasvase, característica que permite disponer de agua en algunas zonas para beneficio de la agricultura, pero es motivo de conflicto entre poblaciones. El Perú posee 14 represas de agua en la costa norte y la mayor parte es usada para la agricultura. Donde no hay infraestructura de almacenamiento se explotan aguas subterráneas como los valles de Ica-Villacurí, Caplina, Chilca, Motupe y Asia (ANA, 2012).

d. Desarrollo de acuicultura/recursos marinos

La actividad pesquera puede ser extractiva y de transformación. Existe la pesca artesanal y la industrial; la artesanal es para consumo directo, en tanto que la industrial puede transformar los productos en conservas y harinas de pescado. Ambas representan amenazas para la sostenibilidad del sector debido a la pesca indiscriminada.

En 2013 se desembarcaron 5 millones 949 mil t métricas de recursos hidrobiológicos, cifra superior en 23.9% a la de 2012. El desembarque de anchoveta representó 79.9% y en menor proporción fue el de jurel, perico, caballa, bonito y otras especies (INEI, 2015).

La trucha, de la familia de los salmónidos, se cría en piscigranjas de la sierra peruana y es importante fuente proteica para las poblaciones altoandinas. Hay truchas en Ayacucho, Huánuco, Pasco, Lima, Arequipa y Amazonas. En el Lago Titicaca, la introducción del pejerrey desde Argentina y la trucha Arco Iris han tenido repercusiones negativas sobre las especies autóctonas. En la selva hay piscigranjas de Paiche (*Arapaima Gigas*, Cuvier), pez emblemático de la Amazonía que en promedio mide 2.5 m y pesa 250 kg.

Asimismo, se han dado dispositivos legales para preservar especies de consumo masivo como la anchoveta, merluza y camarón, entre otros. Nos falta más inversión en tecnología, en equipamiento de última generación.

5. Incremento de la eficiencia de los sistemas alimentarios

a. Perspectivas para el aumento de la producción agrícola basada en la tecnología

En los años 2010 y 2011, a nivel nacional, menos de 1% de productores agropecuarios recibió alguna campaña informativa sobre la existencia e importancia del uso de las nuevas tecnologías agrarias. Asimismo, el porcentaje de los productores agropecuarios que recibió asistencia técnica sobre el uso adecuado de insumos agrícolas a nivel nacional fue de 3.8% entre los años 2008 y 2010 y de 2.6% entre 2009 y 2011 (MINAGRI/COMSAN, 2013). Esto evidentemente genera una dilación en lograr optimizar los procesos agrícolas tendentes a aumentar la productividad.

El limitado acceso al financiamiento por parte del pequeño y mediano productores agrarios y de los pescadores artesanales constituye un problema para aumentar la eficiencia en la producción de alimentos (MINAGRI/COMSAN, 2013). Solo la agricultura en la costa en manos de grupos empresariales ha mejorado su producción agrícola basada en el uso de tecnologías modernas.

b. Necesidades de Infraestructura (*v.g.* sistemas de transportes)

La red vial de carreteras a nivel nacional comprende un total de 156,792 km, incrementándose en más de 78 mil km desde el año 2000. Las vías ferroviarias, por el contrario, tienen menor extensión y se redujeron con el correr del tiempo. En la región amazónica, el transporte fluvial es el más utilizado por la población para sus diversas actividades (MINAM, 2016).

Según Webb (2012), la red vial en los últimos 50 años ha aumentado 372%. El despegue en la construcción de estas vías se dio a partir del año 2000. Sin embargo, no puede ser aún considerado como un sistema integrado y eficiente que satisfaga todos los requerimientos. A 2012, los cinco departamentos con más kilómetros de carreteras construidas son: Cusco, Puno, Arequipa, Ancash y Cajamarca; asimismo, cabe destacar que el departamento que tiene menos kilómetros de carreteras construidas es Loreto, el más grande del Perú (MINAGRI/CONSAM, 2013).

c. Qué hacer para la utilización de alimentos minimizando las pérdidas

Para 2015 se estima que 2.3 millones de personas en Perú se encontraban en inseguridad alimentaria. Según la FAO, el desperdicio de alimentos es de 7 millones de toneladas al año. El Perú se ha comprometido a reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita para 2030, particularmente a nivel de la venta al por menor y de los consumidores. Se calcula que los supermercados en Perú pierden en alimentos más de 500 millones de soles (US$ 151.5 millones) por año.

Para minimizar la pérdida de alimentos se ha creado desde la sociedad civil, a partir de 2014, el Banco de Alimentos Perú (BAP). El BAP recibe de empresas privadas aquellos alimentos que no pueden ser comercializados por diferentes motivos pero que aún son útiles. Estos son entregados a colegios, albergues, comedores populares, entre otros. El 2 de agosto de 2016 se dio la Ley que promueve la donación de alimentos.

d. Conflictos entre la producción de alimentos y producción de energía y fibra

Una razón por la cual la superficie sembrada de cultivos de consumo humano directo no ha crecido acorde a la demanda ha sido la expansión de otros cultivos (espárragos, caña de azúcar, ajíes, páprika, uvas, café, cacao) para la agroindustria y la agro-exportación. Esto ocasiona problemas en el crecimiento sostenido de los cultivos para alimentación directa (MINAGRI/CONSAM, 2013). Asimismo, existe un riesgo evidente de afectar la seguridad alimentaria en caso de que se destinen tierras agrícolas para producción de agrocombustibles en vez de destinarlas al consumo humano. Para prevenir esta situación, la FAO promovió el Proyecto Bioenergía y Seguridad Alimentaria (BEFS) que analizó cómo el desarrollo de la bioenergía puede llegar a ser una herramienta para incrementar la productividad del sector agrícola sin poner en peligro la seguridad alimentaria (García, 2010).

6. Consideraciones en salud

Los alimentos tienen implicaciones en la salud, ya sea directamente a través de sus constituyentes o, de manera indirecta, al ser vehículo de transporte de sustancias químicas y/o microorganismos que pueden generar daño para la salud.

a. Enfermedades trasmitidas por alimentos

Los alimentos de manera indirecta pueden afectar la salud de la personas. El uso de plaguicidas para preservar los cultivos agrícolas y la irrigación con aguas residuales o contaminadas pueden influir en la salud de los que consumen estos alimentos.

Plaguicidas

Muchos alimentos de origen vegetal son tratados con plaguicidas con la finalidad de mantener el cultivo y el rendimiento de la producción. Estos plaguicidas se impregnan en los alimentos y pueden ser consumidos por la población o por animales que luego servirán de consumo humano, o pueden contaminar el agua y exponer a riesgo a la población humana. En aplicadores de plaguicidas organofosforados, en Majes (Arequipa) se encontró una reducción en la calidad del líquido seminal, lo cual representa un problema de salud ocupacional (Yucra y col, 2006). La importación de acaricidas, fungicidas y herbicidas creció entre 2007 y 2013 (INEI, 2015), aumentando de manera significativa el riesgo a la salud, pues las medidas de protección no han mejorado.

Metales pesados

El Perú es un país minero y por ello no está libre de que una parte de la población esté expuesta a la contaminación por metales pesados. El agua es el principal vehículo debido a que es usado tanto para la irrigación de los cultivos, como para el procesamiento poscosecha, lavado de vegetales previo a su venta en los mercados de consumo o para el suministro a animales de utilidad comercial que luego son consumidos por los humanos.

Existen zonas como el sur del Perú donde metales como el arsénico (As) están presentes en agua de los ríos o en acuíferos subterráneos de manera natural (origen geogénico) (George y col, 2014). Aunque la contaminación con arsénico se asocia a problemas en la salud, no existen investigaciones que indiquen que la especiación de arsénico presente en el sur del Perú esté asociada a enfermedades prevalentes en la zona (Schlebusch y col, 2015).

Parásitos

La parasitosis aún es un problema en el Perú, particularmente en la sierra, selva y en zonas marginales de la costa urbana. Se ha reportado la presencia de parásitos al consumir alimentos contaminados, como la fasciolasis en el jugo de alfalfa (Marcos y col, 2006). Infecciones por Fasciola hepática son frecuentes en zonas altoandinas (Cajamarca y Cuzco) (Rinaldi y col, 2012; Cabada y col, 2014), tanto en humanos como en el ganado (Cabada y col, 2014). En general, niños con infecciones de moderadas a severas con helmintos, están asociados a desnutrición crónica (Gyorkos y col, 2011). Por ello, la importancia de mantener programas de desparasitación en niños de zonas altamente endémicas.

Infecciones con *Taenia solium* requieren de intervenciones sanitarias en humanos como en animales. Se ha demostrado que vacunando y tratando a los animales enfermos en zonas endémicas, se interrumpe la trasmisión infecciosa (García y col, 2016).

Micotoxinas

Las micotoxinas son producidas por hongos y pueden infestar los alimentos. La presencia de micotoxinas como ocratoxinas se ha asociado a cáncer de vesícula biliar. Estas micotoxinas están presentes en cereales y en la región andina se han encontrado en pimientos rojos (Ikoma y col, 2015).

b. Sobreconsumo

Como en otros países, en el Perú la mejora en la economía y la implementación de programas de reducción de la desnutrición infantil ha aumentado las tasas de sobrepeso y obesidad infantil. Contribuye a esto la alta publicidad de consumo de alimentos con alto contenido calórico como refrescos azucarados y comida rápida, disminución de la actividad física, menos horas de sueño y la inactividad asociada al número de horas en la televisión o frente a la computadora (Poskitt, 2009).

Igualmente, el aumento en los gastos del hogar, basado en el reciente crecimiento económico, viene favoreciendo el aumento en el consumo de alimentos de fuente animal (Humphries y col, 2014).

El sobrepeso y obesidad infantil son predominantes en la costa peruana y áreas urbanas. En un análisis espacial se encontró mayor prevalencia de sobrepeso en 199 distritos (126 urbanos y 73 rurales), y obesidad en 184 distritos (136 urbanos y 48 rurales) (Hernández-Vásquez y col, 2016). En poblaciones adultas el riesgo de obesidad es también frecuente en zonas urbanas, y mayor en migrantes de zonas rurales a urbanas (Antiporta y col, 2016). El Perú tiene un índice de 61.86 de prevalencia de sobrepeso/desnutrición (Méndez y col, 2005). Los programas de alimentación han contribuido a reducir la desnutrición en Perú a partir de 2005 (Pérez-Lu y col, 2016). Sin embargo, estos programas deben ser orientados para gente necesitada, pues en mujeres adultas que participan de estos programas aumenta el riesgo de sobrepeso y obesidad si viven en hogares sin indicadores de pobreza (Chaparro y col, 2014; Carrillo-Larco y col, 2016).

c. Cambios esperados en los patrones de consumo (e implicancia para la importación de alimentos)

Según la FAO, unas 7 mil plantas en el mundo han sido domesticadas para fines alimenticios, pero la seguridad alimentaria se basa en 30 cultivos que aportan 95% de las calorías de la dieta. El trigo, el arroz y el maíz aportan más de 50% de las calorías del poblador peruano (Salaverry, 2012).

Patrón de consumo alimenticio en la costa peruana

En el Perú antiguo, la costa se encontraba cortada por los valles, con extensas lomas, donde se criaban cuantiosos hatos de camélidos y proliferaba la fauna salvaje. La introducción del ganado ovino, caprino y el sobrepastoreo produjo su depredación, generando suelos áridos y el crecimiento de vegetaciones bajas y ralas (Antúnez de Mayolo, 1981). La alimentación fue más equilibrada por el consumo de especies marinas como peces, moluscos y lobos marinos.

Posteriormente, el patrón alimentario evolucionó con creciente dependencia de alimentos importados como trigo, azúcar, aceite vegetal y productos lácteos, y con disminución progresiva de productos de origen vegetal y autóctonos (FAO, 2000). Paralelamente a este patrón se sumaron los alimentos producto de las políticas sociales (Banco Mundial, 2007), la apertura de franquicias de comida rápida con un aumento en su consumo de 12% en 2001 a 35% en 2015 (Arbaiza, 2014) y una mayor tendencia de la ingesta alimentaria fuera del hogar (Arbaiza, 2014; OPS, 2015).

Se identifican cuatro productos tradicionales en el presupuesto familiar: leche, pan, pollo, huevo y arroz (IEP, 2010), y alimentos no tradicionales (aceituna, mango, caña de azúcar, páprika, palta, maíz amarillo duro, café y espárrago) (MINAGRI, 2014; 2015). Actualmente, el consumo se basa mayormente en carbohidratos, grasas y menor consumo de fibra, con promedio ligeramente descendente de ingesta de verduras (INEI, 2014; 2015a).

Patrón de consumo en la sierra peruana

El poblador andino disfrutó de una amplia variedad de alimentos que fueron domesticados hace miles de años, siendo la quinua (*Chenopodium quinoa*) una de las primeras plantas con sembríos en un sistema de andenería muy efectiva, que en la actualidad no iguala la superficie cultivada en el antiguo Perú (Salaverry, 2012). El patrón alimentario fue vegetariano con consumo de maíz, quinua, kañiwa, menestras, papa, mashua, ocasionalmente mixta, por el consumo de peces de lagos y ríos, caza de aves y auquénidos como la llama y alpaca. Procesaron la carne de auquénidos como charqui (carne seca y salada) (Cieza de León, 1995), y consumían hasta cuatro comidas al día.

Actualmente, la sierra peruana comparte hábitos alimentarios asociados a la producción y consumo de animales de la zona como carne de alpaca y vacuno, carne seca y vísceras de animales. El consumo de alimentos andinos como el olluco y la quinua predominan en épocas de cosecha, bajo una variedad de preparaciones tradicionales, que incluye a la papa, maíz o cultivos andinizados (haba, cebada) como ingredientes adicionales (Tapia, 2000; 2007). Los patrones de consumo de alimentos en la sierra urbana vienen modificándose por la creciente introducción de alimentos no nativos.

Antes del año 2000, 46% de los hogares tenía acceso a uno o más programas de apoyo alimentario (INEI, 2000); ello probablemente de-

terminó la disminución progresiva de productos autóctonos, situación que sumada a la entrada de franquicias de comida rápida en la década de los 90 (Arbaiza, 2014) modificó el patrón alimenticio (MINSA, 2006).

Patrón de consumo en la selva peruana

Poco se reporta respecto a los patrones actuales de consumo en la selva. Las comunidades nativas basan su alimentación en la yuca (95.1%) y plátanos (98%), complementada con el consumo de arroz, huevos, gusanos, pescado (carachama) y algunas verduras, con un consumo considerable de carbohidratos; el mayor gasto está dirigido a la adquisición de pescado, aves y arroz (Huamán y Valladares, 2006). La deficiencia calórica en la selva es de 23.1% y, en Lima, de 33%. La ingesta deficiente en grasas en la selva es menor (53.7%) en relación con la costa (74.2%) y sierra urbana (71.8%). El 33.1% tiene una ingesta deficiente en proteína animal y hay ingesta deficiente en vitamina A y hierro (MINSA/INS/CENAN, 2012).

El consumo calórico del poblador ha mejorado de 1980 kcal en 1983 (Parillón y col, 1983), a 2,100 kcal en 2016. Las dietas actuales muestran un consumo básicamente de carbohidratos e introducción de alimentos fritos y subproductos cárnicos industrializados (Caballero y Gonzales, 2016a); se encuentra una tendencia al consumo fuera del hogar, con una proporción de gasto de 32.4%, ligeramente inferior a la costa y sierra (INEI, 2014).

Efecto directo de la alimentación en la salud

Los alimentos al contribuir con metabolitos primarios como carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales tienen una implicancia directa en el crecimiento, desarrollo y en la salud del ser humano. La deficiencia de ingesta de alimentos produce desnutrición crónica, deficiencia de hierro y anemia, y deficiencia de otros micronutrientes como el yodo, vitamina A y ácido fólico.

Las poblaciones de la sierra y selva son sensibles a la deficiencia de yodo y, por años, han mostrado alta tasa de bocio endémico. Los programas contra la deficiencia de iodo y del bocio endémico por el Ministerio de Salud han logrado, a través de la yodación de la sal, erradicarlos (Pretell y col, 2017).

En el caso del ácido fólico, la OMS recomienda ingerir 2.6 mg/Kg harina de trigo fortificado; la legislación peruana recomienda menos de la mitad (1.2 mg/Kg). Ello genera una tasa de defecto de tubo neural de 18.4/10,000 (Ricks y col, 2012). Una modificación en la legislación peruana reduciría estas cifras.

La anemia en el Perú es calificada en niños <6 años como un problema moderado de salud pública en tanto que en gestantes o madres es considerada como un problema leve de salud pública (Mujica-Coopman y col, 2015). Un estudio en 7,513 infantes <6 meses de edad de 25 regiones del Perú reporta una prevalencia de 10.2% de anemia (Gómez-Guizado y Munares-García, 2014), mientras que en adultos la prevalencia de anemia leve es de 17.1%, moderada de 5.7% y severa de 0.5% (Tarqui-Mamani y col, 2015).

Diversos estudios registran tasas de anemia mayores en altura que en costa y selva, pudiendo deberse a que en la altura se corrige el punto de corte para definir anemia debido a que la hemoglobina aumenta con la altura. Hay estudios que sugieren que la hemoglobina no debe ser corregida en la altura (Gonzales y col, 2014b)

La deficiencia de vitamina A (<20 ug/dl) es un problema de salud pública con 11.7% de prevalencia en niños, aumentando este valor en niños menores de 5 meses y en aquellos que habitan en zonas rurales y de la selva (Pajuelo y col, 2015).

Los diversos gobiernos han aplicado y vienen aplicando diversas políticas de salud materno-infantil. Aunque hay todavía brechas que cerrar, el Perú ocupa el primer lugar entre 75 países de bajos y medianos ingresos en la reducción de la mortalidad neonatal, y segundo en la reducción de la mortalidad en niños menores de 5 años. La disminución de la prevalencia de desnutrición crónica y la equidad en el uso de los cuidados de salud y los resultados sobre salud han mejorado significativamente (Cotlear y Vermeersch, 2016).

En el periodo 2000-2011 se logró reducir la desnutrición crónica de 31.6 a 19.6%, la desnutrición aguda de 1.1 a 0.4% y la anemia de 50.4 a 30.7% (Sobrino y col, 2014); sin embargo, la desnutrición crónica es tres veces más alta en la zona rural que en la urbana y afecta más a los niños menores de 5 años en pobreza extrema (MINSA/INS/CENAN, 2015; Urke y col, 2014) y en poblaciones indígenas que en no-indígenas (56.2 vs. 21.9%) (Díaz y col, 2015).

En el país se han producido cambios en el estado nutricional de la población con mejoras en el peso al nacer, registrándose un aumento en el peso normal en recién nacidos a término, de 74.6% entre 2004-2006 a 92.5% en 2015, situación que es similar en la costa, sierra y selva (**Tabla 6**). Por otro lado, 14.9% de infantes presenta desnutrición crónica, 7.3% presenta sobrepeso y 1.52% obesidad (Apaza, 2014; Hernández, 2016a, 2016b). En los jóvenes, el sobrepeso alcanza 32.4% y, la obesidad, 12.6%. En adultos, la situación es más crítica, pues 46.1% tiene sobrepeso y 23.8% tiene obesidad (MINSA/INS/CENAN, 2015).

7. Consideraciones políticas

Reportes a finales de 2013 muestran que los subsidios del Estado en proyectos de envergadura no representan un impacto en la agricultura nacional, a pesar de las inversiones realizadas en los megaproyectos de irrigación en la costa, privatizados a partir de 1990. Los ingresos obtenidos por el Estado debido a la venta de nuevas tierras y otros bienes y servicios solo lograron cubrir 7% de la inversión pública realizada en dichos proyectos, es decir, hubo un subsidio de 93% del costo total de estos.

El sector de agroexportación sería el principal contribuyente del sector agrícola, sin embargo, el impacto en la tributación en este sector, desde 1998 a 2012, nunca logró superar 0.73% del total recaudado en el país, porcentaje que, sumado al del subsector azucarero, apenas llega a 1%. Esta participación marginal en la recaudación tributaria peruana no corresponde a la importancia que posee el sector agrícola en el PBI (Eguren, 2014).

Desde el año 2000, buscando responder a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el Perú implementó una serie de instrumentos de política social para la reducción de la pobreza y el logro de una seguridad hídrica, alimentaria y nutricional. Es así que en 2012 fue declarada de interés nacional y necesidad pública la seguridad alimentaria y nutricional de la población nacional y, para tal fin, crea la Comisión Multisectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional, de naturaleza permanente, adscrita al MINAGRI (Decreto Supremo N° 102-2012-PCM). Consciente de que el problema central se debe a que la población no satisface permanentemente sus requerimientos nutricionales, la Comisión realizó un diagnóstico permitiendo reconocer las causas y efectos de esta situación (MINAGRI, 2013). La **Figura 7** demuestra la preocupación y esfuerzo continuo del Gobierno central en este sentido.

Paralelamente, consciente de los desafíos planteados por la seguridad alimentaria y nutricional, con el fin de mitigar la degradación de la biodiversidad y, a la vez mitigar el impacto negativo del cambio climático, el Perú ha incorporado el tema de Gestión de Riesgos con la aprobación de la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres. Actualmente se cuenta con los siguientes Planes:

Tabla 6: Porcentaje de nacimientos con adecuado peso al nacimiento (≥2.5 Kg), según ámbito geográfico, 2004-2015

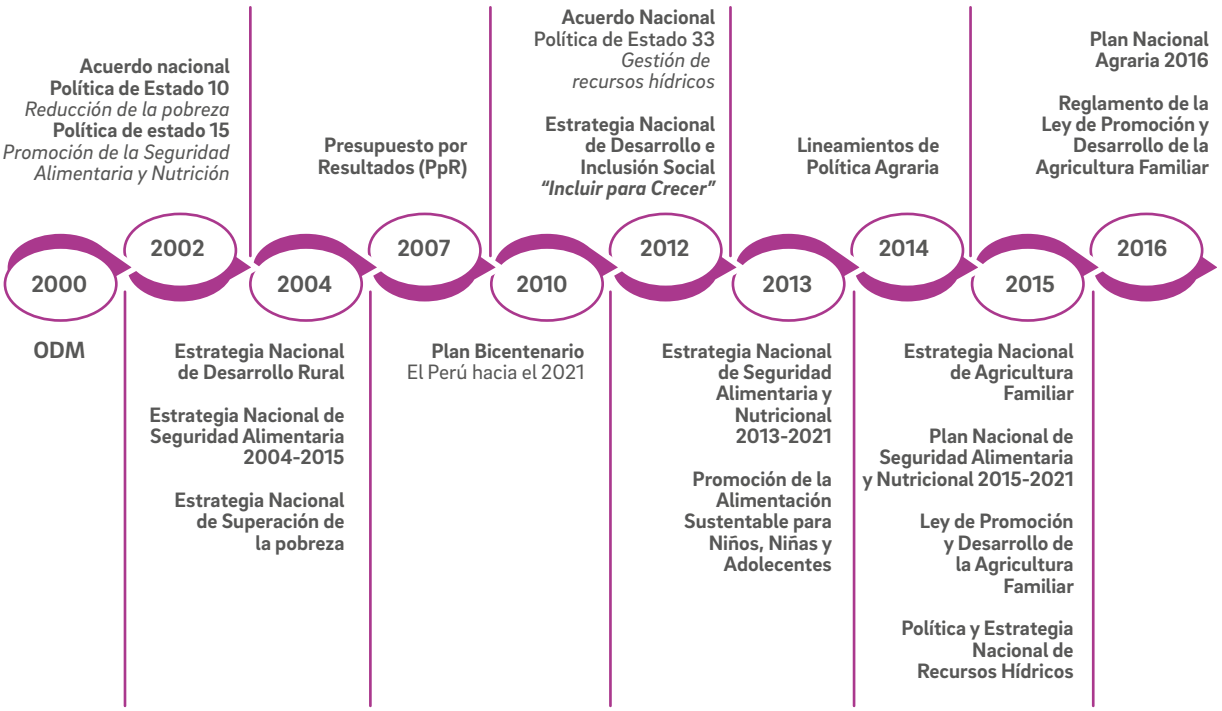
Años	Perú	Lima	Resto costa	Sierra	Selva	Urbano	Rural
2004-2006**a**	74.6	92.2	81.3	65.9	62.6	87.7	87.7
2007-2008**b**	79.5	92.7	83.8	72.5	74.2	89	89
2009**c**	83.2	93.9	89.3	77.2	73.0	89.8	89.8
2010**d**	82.8	92.5	88.1	77.6	73.1	89.6	89.6
2011**e**	84.9	93	89.4	80.7	75.0	91.1	91.1
2012**f**	86.2	93.1	89.9	81.2	81.8	90.7	77.7
2013**g**	85.9	92.8	88.6	81.5	79.0	90.4	76.3
2014**h**	87.6	94.4	90.3	84.1	78.6	91.9	77.3
2015**i**	92.5	93.2	93.1	91.3	92.0	92.7	91.9

Fuente: **a**INEI. ENDES. 2004-2006. **b**INEI. ENDES. 2007-2008. **c**INEI. ENDES. 2009. **d**INEI. ENDES. 2010. **e**INEI. ENDES. 2011. **f**INEI. ENDES. 2012. **g**INEI. ENDES. 2013. **h**INEI. ENDES. 2014. **i**INEI. ENDES. 2015.

- Plan de Acción Nacional para la Conservación de la Biodiversidad Marina y Costera en el Perú (R.M. N° 039-2006-PCM);
- Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres (D.S. N° 001-A-2004-DE/SG), consta de 6 estrategias relacionadas a la estimación, prevención, reducción, planificación del desarrollo, fortalecimiento institucional, prevención de desastres y respuesta a emergencias.
- Plan Nacional de Acción Ambiental 2010-2021 (PLANAA) (D.S. N° 014-2011-MINAM). Contiene las metas prioritarias que se deben lograr en los siguientes 10 años y que contribuirá con la conservación, aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la mejora de la calidad ambiental y de la calidad de vida de la población.
- Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático (R.M. N° 238-2010-MINAM). A nivel de los gobiernos regionales, plantea el incorporar e institucionalizar el enfoque de GRD y ACC en los procesos de planeamiento, para la elaboración de estudios y mapeo de la vulnerabilidad regional y de las cuencas hidrográficas frente a los efectos del cambio climático.
- Plan Nacional Bicentenario (D.S. N° 054-2011-PCM). Considera dos lineamientos estratégicos: "Fomentar la adopción de estrategias de mitigación y ACC por los tres niveles de gobierno, basadas en estudios e investigaciones científicas con un enfoque preventivo" y "Fomentar la reducción de vulnerabilidades y la GRD en el marco del desarrollo sostenible, así como la adaptación para mitigar los efectos negativos y aprovechar las oportunidades que se generan debido a los impactos positivos del FEN".

Desde hace una década, las instituciones del sector público a nivel nacional han emprendido un esfuerzo transectorial que facilita procesos de gestión integrada intersectorial y complementaria. Facilitaron la elaboración de las políticas de innovación tecnológica, de formación de recursos humanos, de promoción del consumo de alimentos saludables, entre otras.

Figura 7. Línea de tiempo de los instrumentos de Política Social



Elaboración Nicole Bernex

Políticas que fomentan la innovación tecnológica

La Ley 29811, promulgada en 2011, que declaró la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de diez años puso en agenda el debate sobre las semillas transgénicas. Esta Ley no fue la primera norma que limitaba el uso de semillas transgénicas. En el Perú, a partir de 2007, la mayoría de gobiernos regionales ha declarado a su respectiva región como «libre de transgénicos». Así lo hicieron los gobiernos de Áncash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, Lambayeque, Lima Metropolitana, Lima Región, Loreto, Madre de Dios, Puno y San Martín.

En el Perú se han generado políticas que han mejorado los indicadores sociales de pobreza, educación y salud. Las políticas educativas y de inclusión han disminuido las tasas de analfabetismo y se ha promovido la participación de la mujer en las actividades de gobierno y productivas del país. Aún existen muchas brechas que cubrir en materia educativa, entre ellas, la transferencia y capacitación sobre nuevas tecnologías agrarias.

La Ley 30021 de Promoción de la Alimentación Saludable para Niños, Niñas y Adolescentes (2013), y su Reglamento (2015), buscan reducir y eliminar las enfermedades vinculadas con el sobrepeso, la obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles.

Otras leyes vigentes, como el Código de Protección y Defensa del Consumidor (Ley 29571), consagran el derecho a consumir alimentos inocuos y establece la obligación de incluir el etiquetado nutricional, mostrando su composición, contenido de grasas trans y si contiene componentes genéticamente modificados. La Ley de Inocuidad de los Alimentos (D.L. N° 1062, 2008) garantiza la higiene de los alimentos destinados al consumo humano a lo largo de toda la cadena alimentaria.

Asimismo, el Perú cuenta con programas de asistencia como el Programa Nacional de Alimentación Escolar (Qali Warma), que desde 2013 brinda servicio alimentario a niños y niñas del nivel inicial y primario de las instituciones educativas públicas en todo el territorio nacional. El Programa del Vaso de Leche (PVL), de carácter nacional, cubre a la población infantil de 0 a 6 años de edad, madres gestantes y en período de lactancia con provisión diaria por parte del Estado. Otros programas, como el Programa Nacional Cuna Más y el Programa Juntos, contribuyen a la seguridad alimentaria.

Su situación física, su morfología, su gran biodiversidad, diversidad de climas, de suelos y su sociodiversidad crean grandes ventajas relativas para el país, permitiendo la producción de una extraordinaria variedad de alimentos, aspecto que ha favorecido la industria gastronómica. Desde el año 2000, el Perú ha obtenido un crecimiento acumulado de 116% en su PBI, siendo un mercado atractivo para la inversión interna y externa. En agricultura hubo un crecimiento en la producción de 1.4% en 2014 a 3.5% en 2016; el sector pesquero creció de 17.2% en 2015 a 18.1% en 2016 (MRE, 2015). Sin embargo, existen también riesgos crecientes. Es así que los tratados de libre comercio (TLC) han aumentado los riesgos de enfermedades crónicas por la mayor disponibilidad de alimentos procesados. Precisamente, entre el periodo de pre-ratificación del TLC en Perú y el periodo de post-ratificación, la producción de refrescos aumentó 122%. Entre las bebidas que aumentaron su uso están las carbonatadas endulzadas con azúcar (Baker y col, 2016), teniendo un impacto en la salud poblacional. El desafío a corto y mediano plazos es reducir la dependencia de productos importados, desarrollar productos innovadores y posicionarse competitivamente en nichos de mercado inexplorados. Así, varias pequeñas y medianas empresas peruanas desarrollan los denominados "*superfoods*" con alto valor nutritivo (quinua, kiwicha, kañihua, maca, maíz morado, yacón, camu camu, aguaymanto, algarrobo, cacao y sacha inchi).

VIII. Comentarios finales

El Perú es uno de los centros mundiales de reserva genética de especies y de biodiversidad que permite una gran capacidad de producción de alimentos. El país ha pasado por cambios sociales y económicos que han contribuido a aumentar la esperanza de vida y disminuir las tasas de natalidad y de mortalidad pero, a la vez, se han incrementado las enfermedades crónicas no transmisibles como causa de muerte y se han modificado los patrones alimentarios. El actual es de consumo elevado

en carbohidratos, grasas saturadas y grasas trans, con baja ingesta de ácidos grasos poliinsaturados omega 3, de vegetales, frutas, menestras, pescado y lácteos. La población infantil presenta tasas altas de obesidad y de desnutrición crónica.

a. Algunos escenarios nacionales potenciales para producción agrícola en los próximos cincuenta años

En el Perú, la disponibilidad de alimentos ha crecido de manera sostenida en los últimos años. Con ello mejora la oferta de calorías y proteínas para sus habitantes. Según el MINAGRI, en 2007 cada peruano disponía de 403 kg de alimentos primarios y 176 kg de alimentos derivados de los cereales, leche, aceites y grasas, representativo de un crecimiento promedio de 3% anual, con lo que cada habitante se beneficiaba con 3,043 kcal (COMSAN, 2013). Este escenario puede mejorar más; sin embargo, problemas asociados a una mayor dependencia de la importación de alimentos, al cambio climático, escasa accesibilidad al agua y sobreexplotación de tierras, pueden afectar la seguridad alimentaria y nutricional.

b. Acciones altamente prioritarias para lograr la sostenibilidad agrícola

Se debe propender a generar asociaciones de productores; desarrollar institutos tecnológicos cercanos a las zonas agropecuarias; proveer de capacitación tecnológica a los productores para optimizar su producción; continuar con el desarrollo de programas de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático; potenciar la legislación sobre el desarrollo de la biotecnología moderna; y propender a una legislación más enérgica para la protección de la biodiversidad y reforestación.

Bibliografía

Abderrahim F, Huanatico E, Segura R, Arribas S, González MC, Condezo-Hoyos L. (September 2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*) from Peruvian Altiplano. *Food Chem*., 183: 83-90.

Apaza D, Celestino S, Tantaleán K, Herrera M, Alarcón E, Gutiérrez C. (2014). Sobrepeso, Obesidad y la Coexistencia de Desnutrición Crónica en Niños menores de 5 años. *Rev. Peru. Epidemiol.,* 18(2):E05.

Apaza, V. (2010). *Manejo y mejoramiento de Kañiwa.* Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente –CIRNMA, Biodiversity International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú. 76 pp.

Anticona C, San Sebastián M. (2014). Anemia and malnutrition in indigenous children and adolescents on the Peruvian Amazon in a context of lead exposure: a cross-sectional study. *Glob Health Action,* 7:22888. Doi.org/10.3402/gha.v7.22888

Antiporta DA, Smeeth L, Gilman RH, Miranda JJ. (2016). Lenght of urban residence and obesity among within-country rural-to-urban Andean migrants. *Public Health Nutr,* 19:1270-1278.

Antúnez de Mayolo E. (1981). *La Nutrición en el Antiguo Perú.* Lima, Perú, Fondo Editorial Banco Central de Reserva del Perú.

Arbaiza L, Cánepa M, Cortez O, Lévano G. (2014). *Análisis prospectivo del sector de comida rápida en Lima: 2014-2030.* 1ª edición. Lima, ESAN ediciones.

Arellano-Acuña E; Rojas-Zavaleta I; Paucar-Menacho LM (2016). Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Fruta tropical de excelentes propiedades funcionales que ayudan a mejorar la calidad de vida, en: *Scientia Agropecuaria*, 7 (4): 433 – 443.

Autoridad Nacional del Agua (2012). *Recursos hídricos en el Perú.* 2da Ed. 490 pp.

Autoridad Nacional de Agua (ANA) (2013). *Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos*. Lima. 190 pp.

Baker P, Friel S, Schram A, Labonte R. (2016). Trade and investment liberalization, food systems

change and highly processed food consumption: a natural experiment contrasting the soft-drink markets of Peru and Bolivia. *Global Health,* 12(1):24 doi: 10.1186/s12992-016-0161-0

Banco Mundial (2007). Protección Social en el Perú. *¿Cómo mejorar los resultados para los pobres?* 1ª Edición. Lima, Perú.

Bernex N y Tejada M (2010). *Cambio climático, retroceso glaciar y gestión integrada de recursos hídricos.* Lima, PUCP-GWP-AEDES- Sociedad Geográfica de Lima. 132 pp.

Brack, A. (2004). Biodiversidad del Perú y su importancia estratégica. *CHASQUI*, 2(5):2-3.

Cabada MM, Goodrich MR, Graham B, Villanueva-Meyer PG, López M, Arque E, White AC Jr. (2014). Fascioliasis and eosinophilia in the highlands of Cuzco, Peru and their association with water and socioeconomic factors. *Am J Trop Med Hyg,* 91(5):989-993.

Cabada MM, Goodrich MR, Graham B, Villanueva-Meyer PG, Deichsel EL, López M, Arque E, Clinton White A Jr. (Feb 2015). Prevalence of intestinal helminths, anemia, and malnutrition in Paucartambo, Peru. *Rev Panam Salud Pública,* 37(2):69-75.

Caballero-Gutiérrez L, Gonzales GF. (2016). Alimentos con efecto anti-inflamatorio. *Acta Méd. Peruana,* 33(1):50-64

Caballero L, Gonzales GF. (2016). Patrones de Consumo Alimentario, Estado Nutricional y Características Metabolómicas del Habitante a Nivel del Mar y Altura del Perú. Lima, Perú, Universidad Peruana Cayetano Heredia. (Datos no publicados).

Caetano BF, de Moura NA, Almeida AP, Dias MC, Sivieri K, Barbisan LF. (2016). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a food supplement: Health promoting benefits of *fructooligosaccharides*. *Nutrients*; 8(7). Doi: 10.3390/nu8070436.

CENAN. Instituto Nacional de Salud (2006). Encuesta Nacional de Indicadores Nutricionales, Bioquímicos, Socioeconómicos y culturales relacionados con las enfermedades crónico degenerativas. (27,33)

CEPES. Centro Peruano de Estudios Sociales (2011). Perú en 2021: los escenarios de seguridad alimentaria en el año del bicentenario. *Revista Agraria*,132:8-10.

Cieza de León P. (1995). *La Crónica del Perú.* 3ª Edición. Lima, Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Colección Clásicos Peruanos.

Carrillo-Larco RM, Miranda JJ, Bernabé-Ortiz A. (2016). Impact of food assistance programs on obesity in mothers and children: A prospective cohort study in Peru. *Am J Public Health,* 106(7):1301-1307.

Casapía M, Joseph SA, Nulez C, Rahme E, Gyorkos TW (2007). Parasite and maternal risk factors for malnutrition in preschool-age children in Belen, Peru using the new WHO Child Growth Standards. *Br J Nutr;* 98(6):1259-1266.

Código de Protección y Defensa del Consumidor, Ley 29571. https://goo.gl/Bab4hQ

CONCYTEC. Programa Nacional Transversal de Biotecnología 2016-2021.

Comisión Multisectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (COMSAN) (2013). Estrategia nacional de seguridad alimentaria y nutricional 2013-2021. Lima, MINAGRO, 1-73.

Condori B, Hijmans RJ, Ledent JF, Quiroz R. (Jan 2014). Managing potato biodiversity to cope with frost risk in the high Andes: a modeling perspective. *PLoS One,* 30;9(1):e81510. doi: 10.1371/journal.pone.0081510.

Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (2016). *Programa «Contribución a las Metas Ambientales del Perú» (ProAmbiente). Cambio de uso actual de la tierra en la Amazonía peruana. Avances e implementación en el marco de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre 29763.* Lima. 28 pp.

Cotlear D, Vermeersch C. (Jun 2016). Peruvian lessons for the transition from MDGs to SDGs. *Lancet Glob Health,* 4(6):e353-e354.

Chaparro MP, Bernabé-Ortiz A, Harrison GG. (2014). Association between food assistance program participation and overweight. *Rev Saude Publica,* 48(6):889-898.

Decreto legislativo 1062 Inocuidad de los Alimentos. https://goo.gl/3Ya2iG

Díaz A, Arana A, Vargas-Machuca R, Antiporta D. (2015). Health and nutrition of indigenous and nonindigenous children in the Peruvian Amazon. *Rev Panam Salud Pública,* 38:49-56.

Diez A (s/f). Perú: el problema agrario en debate. Sepia XV. Seminario Permanente de Investigación Agraria. 732 pp.

Eguren, L. Subsidios a la agroindustria costeña: cifras millonarias. Publicado en la edición N° 160 de LRA. Disponible en: https://cepesrural.lamula.pe/2014/04/03/subsidios-a-la-agroindustria-costena-cifras-millonarias/cepesrural/

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2000). Perú - Perfiles Nutricionales por países. Roma, Italia.

FAO (2009). 2050: un tercio más de bocas que alimentar. Disponible en: http://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017). El Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Disponible en www.fao.org/publications/es

FAO. PROINPA. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Julio 2011). Promoción e Investigación de Productos Andinos La Quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible en: http://www.fao.org/quinoa-2013/publications/es/

Fischer G, Almanza-Merchán PJ, Miranda D. Importancia y cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana L.*). Recebido em: 20-09-2013. Aceito para publicação em: 15-12-2013. Palestra II Simpósio Internacional de Fruticultura-Frutas Exóticas, 21 a 25 de outubro de 2013. Jaboticabal-SP.

García Bustamante H (2010). El panorama de la bioenergía y la seguridad alimentaria en Perú. Lima. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/013/i1713s/i1713s02.pdf

García HH, González AE, Tsang VC, O'Neal SE, Llanos-Zavalaga F, Gonzálvez G, Romero J, Rodríguez S, Moyano LM, Ayvar V, Díaz, Hightower A, Craig PS, Lightowlers MW, Gauci CG, Leontsini E, Gilman RH; Cysticercosis Working Group in Peru (2016). Elimination of Taenia solium Transmission in Northern Peru. *N Engl J Med.,* 374(24):2335-2344.

Garcilazo de la Vega I (1945). *Comentarios Reales sobre los Incas.* II vols. Ed. Ángel Rosenblat. 2ª Ed. Buenos Aires, Emecé Editores.

George CM, Sima L, Arias MH, Mihalic J, Cabrera LZ, Danz D, Checkley W, Gilman RH. (Aug 2014). Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat in Peru. *Bull World Health Organ,* 1;92(8):565-572.

Gómez-Guizado G, Munares-García O. (2014). Anemia y estado nutricional en lactantes de dos a cinco meses atendidos en establecimientos del Ministerio de Salud del Perú, 2012. *Rev Peru Med Exp Salud Pública,* 31(3):487-493.

Gonzales GF, Villaorduña L, Gasco M, Rubio J, Gonzales C. (2014). Maca (*Lepidium meyenii Walp*), una revisión sobre sus propiedades biológicas. *Rev Peru Med Exp Salud Pública,* 31(1): 100-110.

Gonzales GF, Gonzales C, Villegas L. (2014a). Exposure of fatty acids after a single oral administration of sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) and sunflower oil in Human adult Subjects. *Toxicol Mech Methods,* 24(1):60-69.

Gonzales-Arimborgo C, Yupanqui I, Montero E, Alarcón-Yaquetto DE, Zevallos-Concha A, Caballero L, Gasco M, Zhao J, Khan IA, Gonzales GF. (Aug 2016). A randomized, double-blind placebo-controlled study on acceptability, safety and efficacy of oral administration of extracts of black or red maca (*Lepidium meyenii*) in adult human subjects. *Pharmaceuticals*, Pharmaceuticals (Basel), 18;9(3). pii: E49. doi: 10.3390/ph9030049.

Gonzales GF. (2010). Maca: Del alimento perdido de los Incas al milagro de los Andes: Estudio de seguridad alimentaria y nutricional. *Segurança Alimentar e Nutricional,* Campinas, 16-17 (1): 16-36.

Gonzales GF, Tapia V, Gasco M. (2014b). Correcting haemoglobin cut-offs to define anaemia in high-altitude pregnant women in Peru reduces adverse perinatal outcomes. *Arch Gynecol Obstet,* 290:65-74.

Graf BL, Rojas-Silva P, Rojo LE, Delatorre-Herrera J, Baldeón ME, Raskin I. (2015). Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Compr Rev Food Sci Food Saf,* 14(4):431-445.

Guillén-Sánchez J, Mori-Arismendi S, Paucar-Menacho LM. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. Subnigroviolaceo. En: *Scientia Agropecuaria,* 5:211-217. Trujillo: UNT.

Gyorkos TW, Maheu-Giroux M, Casapía M, Joseph SA, Creed-Kanashiro H. (2011). Stunting and helminth infection in early preschool-age children in a resource-poor community in the Amazon lowlands of Peru. *Trans R Soc Trop Med Hyg,* 105(4):204-208.

Hernández-Vásquez A, Bendezu-Quispe G, Díaz-Seijas D, Santero M, Minckas N, Azañedo D, Antiporta DA. (2016). Análisis espacial del sobrepeso y la obesidad infantil en el Perú, 2014. *Rev Per Med Exp Salud Pública* 33(3):393-396.

Hernández-Vasquez A, Bendezú-Quispe G, Santero M, Azañedo D. (13 de septiembre de 2016). Prevalencia de obesidad en menores de 5 años en Perú, según sexo y región, 2015. *Rev Esp Salud Pública,* Vol. 90; e1-e10.

Huicho L, Segura ER, Huayanay-Espinoza CA, de Guzmán JN, Restrepo-Méndez MC, Tam Y, Barros AJ, Victora CG; Peru Countdown Country Case Study Working Group (2016). Child health and nutrition in Peru within an antipoverty political agenda: a Countdown to 2015 country case study. *Lancet Glob Health.* 4(6):e414-e426.

Humphries DL, Behrman JR, Crookston BT, Dearden KA, Schott W, Penny ME (2014). Young lives determinants and consequences of child growth project team. *PLoS One,* 9(11):e110961.

IEP. Instituto de Estudios Peruanos. Díaz RV. (2010). Análisis económico de la ingesta de alimentos en el Perú. Lima, Perú. 59 pp.

Ikoma T, Tsuchiya Y, Asai T, Okano K, Ito N, Endoh K, Yamamoto M, Nakamura K. (2015). Ochratoxin A Contamination of Red Chili Peppers from Chile, Bolivia and Peru, Countries with a High Incidence of Gallbladder Cancer. *Asian Pac J Cancer Pre,* 16(14):5987-5991.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2016). Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático: sistematización del ciclo de foros virtuales en el marco del Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015, Lima. 29 pp.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2006). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2004-2006.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2008). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2007-2008.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2009). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2009.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2010.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2011). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2011.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2012.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2013). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2013.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2014.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. ENDES. 2015.

INEI (2015). En el año 2014, el 33% del gasto en alimentos de los peruanos son realizados fuera del hogar. Nota de Prensa N° 116 -04 agosto 2015. Lima, Perú.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (1999). Diferencias regionales en los patrones de consumo en el Perú. 19. Lima, Perú.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2000). Impacto de los Programas de Apoyo Alimentario. Lima, Perú.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014). Perú Enfermedades no Transmisibles y Transmisibles, 2013. Lima, Perú. 82 pp.

INEI (2015). Perú Enfermedades no Transmisibles y Transmisibles, 2014. 1-145. Lima Perú.

INEI (2012). Anuario de Estadísticas Ambientales 2012, Lima, Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática (Diciembre de 2015). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2015. Lima, Perú. 594 pp.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Información pública. Disponible en: https://goo.gl/AUBKkx

INEI (2013). IV Censo Nacional Agropecuario-CENAGRO 2012. Resultados definitivos. pp. 3-5.

Jouravlev AS (Septiembre de 2016). Introducción a la temática nexo agua, energía y alimentación. Reunión de Expertos "Gobernanza del Nexo Agua, Energía y Alimentación: Desafíos de la Agenda 2030 en Agua y Saneamiento". Antigua, Guatemala, 6 al 7 de septiembre de 2016; en: https://goo.gl/aDEyv5

Ley de Seguridad Alimentaria y Nutricional. https://goo.gl/ixh1WZ

Ley 29664. Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riego de Desastres (SINAGERD) https://goo.gl/Amg4oS

Ley 29811 de moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/leyes/ley29811_ley_prod_organismos_vivos.pdf

Ley 30021, Ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes. http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/30021.pdf

Ley 30355. De Promoción y Desarrollo de la Agricultura Familiar. http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/30355.pdf

Libélula. Diagnóstico de la agricultura en el Perú. Peru Opportunity Fund. https://goo.gl/Xoa2cX

Marcos L, Maco V, Samalvides F, Terashima A, Espinoza JR, Gotuzzo E. (2006). Risk factors for *Fasciola hepatica* infection in children: a case-control study. *Trans R Soc Trop Med Hyg.,* 100(2):158-166.

MEF. Ministerio de Economía y Finanzas (2010). Marco macroeconómico multianual. Rev. 2011-2013. Lima, Perú. Disponible en: www.bcrp.gob.pe/docs/...Economico/MMM-2011-2013-agosto.pdf

MEF. Ministerio de Economía y Finanzas (2011). Marco macroeconómico multianual. Rev. 2012-2014.

MIDIS (2012). Mapa de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, 2012. Lima. 150 pp.

MRE. Ministerio de Relaciones Exteriores (2015). *Guía de negocios e inversión en el Perú* 2015/2016. Lima, Perú. Ediciones EY.

Méndez MA, Monteiro CA, Popkin BM. (2005). Overweight exceeds underweight among women in most developing countries. *Am J Clin Nutr;* 81(3):714-721.

Mendoza W., García J. Perú (2006). 2001-2005: Crecimiento económico y pobreza. Documento de Trabajo 250. Lima, Perú, PUCP. En: http://www.pucp.edu.pe/economia/pdf/DDD250.pdf

MINAGRI. Ministerio de Agricultura y Riego (2014a). Valor Bruto de la Producción Agropecuaria. Edición Agosto-14. Lima, Perú.

MINAGRI (2014b). Estrategia Nacional de Agricultura Familiar 2015-2021. Lima. 126pp.

MINAGRI. Ministerio de Agricultura y Riego (Diciembre de 2015). Valor Bruto de la Producción Agropecuaria. Lima Perú.

MINAGRI. Ministerio de Agricultura y Riego (2015). Lineamientos de Política de Inversión Pública en Desarrollo Forestal 2015-2021. Lima, Perú.

MINAGRI. Ministerio de Agricultura y Riego (2015). La zonificación ecológica económica. Lima, Perú.

MINAGRI. Ministerio de Agricultura y Riego (2015). Plan Estratégico Regional Agrario de Amazonas 2009-2015. Lima, Perú.

MINAGRI (2014). Estrategia nacional de agricultura familiar 2015–2021. Lima. 126 pp.

MINAGRI. Comisión Multisectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2013). Estrategia nacional de seguridad alimentaria y nutricional 2013 – 2021. Lima. 72 pp.

MINAGRI (s/f). Recursos Naturales, en: https://goo.gl/2sgv3f

MINAGRI. Plan de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agrario, período 2012-2021 (PLANGRACC-A) Documento resumen aprobado por R.M. 0265-2012-AG del 06.08.12. Lima. 33pp.

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Agosto de 2009). Técnica de Producción de Semilla Genética y Básica de Ajo (*Allium sativum* L.) Libre de Virus. Serie Folleto N°6-09. Lima, Perú.

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Marzo de 2011a). Transferencia de Embriones en Camélidos. Plegable N° 1. Lima Perú

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Diciembre de 2011b). Técnica de Multiovulación y Transferencia de Embriones de Ganado Bovino en Condiciones de Trópico del Perú. Plegable N° 12. Lima, Perú

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (2012a). *Lo que el INIA hace por el Perú.* Lima, Perú, Ed. INIA.

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Agosto 2012b). Conservación de Alpacas de color en la Región Puno. *Hoja divulgativa* N°4. Lima, Perú.

MINAGRI/ INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Febrero de 2014a). Innovación Tecnológica en Quinua. Díptico N° 1. Lima, Perú.

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Junio de 2014b). Importancia de los virus en el cultivo de la vid. Díptico N° 3. Lima, Perú.

MINAGRI/INIA. Ministerio de Agricultura y Riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Agosto 2014c). Papa INIA 323 Huayro Amazonense. Plegable N° 7. Lima, Perú.

MINAM. Comisión Nacional de Diversidad Biológica (CONADIB) (2008). Perú: país megadiverso, p. 2. 16pp. En: http://sinia.minam.gob.pe/documentos/peru-pais-megadiverso

MINAM (2014). Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012–2013. Lima, Ministerio del Ambiente, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. 324 pp.

MINAM (2016). Estrategia nacional de lucha contra la desertificación y la sequía 2016-2030. Lima. 178 pp.

MINAM (2016). El Perú y el Cambio Climático: Tercera comunicación del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Perú. 1-329.

MINSA (2006). Encuesta Nacional de Indicadores nutricionales, bioquímicos, socioeconómicos y culturales relacionados con las enfermedades crónicas degenerativas. Lima, Perú. 163 pp.

MINSA/INS/CENAN (2012). Sala Situacional Alimentaria y Nutricional. Consumo Alimentario. Lima, Perú. 81 pp.

MINSA/INS/CENAN (2015). Estado nutricional por etapas de vida en la población peruana. 2013-2014. Lima, Perú.

MINSA/INS/CENAN (2015). Estado nutricional en el Perú por etapas de vida; 2012-2013. Lima, Perú.

Mujica-Coopman MF, Brito A, López de Romaña D, Ríos-Castillo I, Coris H, Olivares M. (2015). Prevalence of Anemia in Latin America and the Caribbean. *Food Nutr Bull,* 36(2 Suppl):S119-S128.

National Research Council (1989). *Lost Crops of the Incas: Little-Known plants of the Andes with promise for Worldwide cultivation.* The National Academies Press. DOI: https://doi.org/10.17226/1398. 482 pp.

OECD (2016). *Skills strategy diagnostic Report.* Executive Summary, 1-10. Perú.

OMS. Organización Mundial de la Salud (2005). *Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias.* Suiza.

ONERN (1981). Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras del Perú. 1 mapa en 8 pliegos, col. 62 x 77 cm. y una guía explicativa. Lima.

OPS (2015). Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: Tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas. Washington, DC. 76 pp.

Pajuelo J, Miranda M, Zamora R. (Apr-Jun 2015). [Prevalence of vitamin a deficiency and anemia in children under five years of age in Peru]. [Article in Spanish]. *Rev Peru Med Exp Salud Pública,* 32(2):245-251.

Parrillón C, Karp E, Leonard J, Araujo F, Harrell M, Franklin D. (1983). *Un Análisis de la Situación Alimentaria Nutricional en el Perú.* USA, Corporation Sigma. 147pp.

Pérez-Lu JE, Cárcamo C, Nandi A, Kaufman JS (2016). Health effects of 'Juntos', a conditional cash transfer programme in Peru. *Matern Child Nutr,* doi: 10.1111/mcn.12348.

PMA y CENEPRED (2015). Mapa de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria ante la recurrencia de fenómenos de origen natural 2015. Lima. 222 pp.

Poskitt EM (2009). Countries in transition: underweight to obesity non-stop? *Ann Trop Paediatr,* 29:1-11.

Pretell EA, Pearce EN, Moreno SA, Dary O, Kupka R, Gizak M, Gorstein J, Grajeda R, Zimmermann MB (Jan 312017). Elimination of iodine deficiency disorders from the Americas: a public health triumph. *Lancet Diabetes Endocrinol,* pii: S2213-8587(17)30034-7.

Pulgar Vidal J (2014). Geografía del Perú. *Las ocho regiones naturales.* Ed. Nicole Bernex. Lima, INTE-PUCP. 250 pp.

Quesada-López LE (2011). La agricultura en el Perú. http://inginieriaagroindustrial-unt.blogspot.pe/2011/10/la-agricultura-en-el-peru.html

Rendón-Schneir E. (2010). La gestión pública de la innovación agraria en el Perú: Antecedentes y Perspectivas. *Cuadernos de Investigación EPG, UPC,* 11:1-20.

Repo-Carrasco-Valencia R. (2014). *Valor Nutricional y Compuestos Bioactivos en los Cultivos Andinos. Redescubriendo los tesoros olvidados.* Lima, Perú, Editorial UNALM, 1997. 112 pp.

Ricks DJ, Rees CA, Osborn KA, Crookston BT, Leaver K, Merrill SB, Velásquez C, Ricks JH (2012). Peru's national folic acid fortification program and its effect on neural tube defects in Lima. *Rev Panam Salud Pública,* 32(6):391-398.

Rinaldi L, González S, Guerrero J, Aguilera LC, Musella V, Genchi C, Cringoli G (2012). A One-Health integrated approach to control fascioliasis in the Cajamarca valley of Peru. *Geospat Health,* 6(3):S67-73.

Salaverry O (2012). La comida en el antiguo Perú: haku mikumusum (¡vamos a comer!). *Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública,* 29(3):409-413.

Sandweiss DH, Solís RS, Moseley ME, Keefer DK, Ortloff CR (2009). Environmental change and economic development in coastal Peru between 5,800 and 3,600 years ago. *Proc Natl Acad Sci USA,* 106(5):1359-1363.

SENASA. Actividades de prevención y mitigación del SENASA frente al FEN (Fenómeno de El Niño)" 2015-2016. Disponible en: https://goo.gl/bMB7r1

SENASA (Enero de 2017). *Comunicándonos*. BOLETÍN INSTITUCIONAL Servicio Nacional de Sanidad Agraria Edición N° 11.

SENASA (Noviembre de 2014). *Comunicándonos*. BOLETÍN INSTITUCIONAL Servicio Nacional de Sanidad Agraria Edición N° 1.

Schlebusch CM, Gattepaille LM, Engström K, Vahter M, Jakobsson M, Broberg K (Jun 2015). Human adaptation to arsenic-rich environments. *Mol Biol Evol,* 32(6):1544-1555.

Sierra Exportadora (2013). *La riqueza exportadora de nuestra sierra.* Lima, Ed. Zoila Hernández-Aguilar. 109 pp. MINAGRI. www.sierraexportadora.gob.pe

Sobrino M, Gutiérrez C, Cunha AJ, Davila M, Alarcón J. Child malnutrition in children under 5 years of age in Peru: trends and determinants. *Rev Panam Salud Pública* 2014; 35(2):104-112.

Spooner DM, McLean K, Ramsay G, Waugh R, Bryan GJ (2005). A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proc Natl Acad Sci USA,* 102(41):14694-14699.

Tapia M, Fries A (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos.* Lima, FAO y ANPE.

Tapia M (2000). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación.* 2ª Edición. Santiago, Chile, FAO.

Tapia ME (1993). *Semillas andinas El Banco de Oro.* Lima, Perú, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 76 pp.

Tarqui-Mamani C, Sánchez-Abanto J, Álvarez-Dongo D, Espinoza-Oriundo P, Jordan-Le-

chuga T. (2015). Prevalence of anemia and associated factors in elderly residing in Peruvian households. *Rev Peru Med Exp Salud Pública,* 32(4):687-692.

UNALM/AGROBANCO (2014). *Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas.* Lima, Perú, UNALM-AGROBANCO-Promototra Lima, Col. Agrosaber del Banco Agropecuario.

Urke HB, Mittelmark MB, Valdivia M (2014). Trends in stunting and overweight in Peruvian pre-schools from 1991 to 2011: findings from the Demographic and Health surveys. *Public Health Nutr,* 17(11):2407-2418.

Vásquez E., Cortez R., Parodi C., Montes J., Riesco G. (1999). Revisión principales tendencias macroeconómicas y sociales desde 1980. Perú, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. En: http://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/4648/PERU.pdf

Villar-Castillo F. (2008). La agricultura Peruana: Enfrentando el reto del cambio. En: https://goo.gl/55awUP

Von May R; Catenazzi A; Angulo A; Venegas PJ.; Aguilar C (Diciembre de 2012). Investigación y conservación de la biodiversidad en Perú: importancia del uso de técnicas modernas y procedimientos administrativos eficientes. *Revista Peruana de Biología,* vol. 19, núm. 3, pp. 351-358. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Webb R (2012). *Pobreza y dispersión poblacional.* Lima, Instituto del Perú, USMP. 1-275.

Yucra S, Rubio J, Gasco M, Gonzales C, Steenland K, Gonzáles GF (2006). Semen Quality and Reproductive sex hormone levels in Peruvian pesticide sprayers. *International Journal of Occupational and Environmental Health,* 12: 355-361.

Zegarra E y Tuesta J. Crecimiento agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural. En: *Boom agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural.* pp. 299-329. Roma, FAO.

Box 6

Perú: La tierra de los superalimentos

Gustavo F. Gonzales, Jefe del Laboratorio de Endocrinología y Reproducción, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Verónica Rubín De Celis, Directora del Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad Ricardo Palma.

En febrero de 2013, Luiz Costa Jr., productor de O'Globo Reporter de Brasil, llegó a Perú con un grupo de reporteros para realizar un reportaje televisivo sobre los superalimentos andinos como la maca (*Lepidium meyenii*), la quinoa, (*Chenopodium quinoa*), la kiwicha (maíz azul) y el yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Visitaron todos los lugares en donde se producen estas plantas y en Junín (a 4,200 m) entrevistaron a uno de los coautores (GFG) sobre las ricas propiedades de la maca, una planta que crece a más de 4,000 m en las tierras altas peruanas, un lugar en el que no crece nada. El programa sobre los superalimentos andinos se transmitió en la televisión brasileña en abril de 2013.

El 2 de diciembre de 2014, el *Wall Street Journal* publicó un informe de Kris Maher y Robert Kozak titulado: "¿El último superalimento? La raíz de maca del Perú". Después, el 30 de agosto de 2016, la cadena de televisión CBS New York transmitió un reportaje titulado: "Perú: La tierra de los superalimentos", que presentaba una variedad de productos agrícolas peruanos útiles para lograr una vida saludable. Los superalimentos que incluyó el periodista, caracterizados por su alto valor nutricional, eran *Physalis peruviana* (aguaymanto), *Lepidium meyenii* (maca), *Smallanthus sonchifolius* (sacha inchi), *Chenopodium quinoa* (quinoa), *Amaranthis caudatus* (kiwicha), *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), maíz azul, y *Myrciaria dubia* (camu camu), entre otros.

La noticia de que Perú produce una variedad de cultivos calificados como "superalimentos" hizo que las autoridades del Gobierno peruano lanzaran, a través de Eduardo Ferreyros, ministro peruano de Comercio Exterior y Turismo, el miércoles 8 de febrero de 2017, la campaña "Superalimentos de Perú", una iniciativa público-privada para promover la calidad, variedad y beneficios de la oferta alimenticia peruana. La campaña se presentó

Arbusto de Maca en Pasco. Foto: Wendy Gonzales.

en Berlín en el marco de la feria de productos frescos Fruit Logistica 2017. La estrategia de promoción tomó en cuenta las últimas tendencias entre los clientes y su preocupación por un estilo de vida más saludable.

Superalimentos peruanos

¿Por qué Perú produce tal variedad de superalimentos? La nación peruana goza de una situación privilegiada entre los productores globales de superalimentos, porque es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo. Cuenta con 84 de las 117 zonas de vida de la tierra y 17 de las 104 zonas de transición del mundo. La agricultura en Perú se ha practicado desde hace casi 10,000 años, cuando nuestros antepasados domesticaron los cultivos. Además, Perú es el único país en el que se pueden cosechar a más de 4,000 m de altitud dos cultivos importantes con propiedades nutracéuticas como la maca (*Lepidium meyenii*) y la mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

La singular geografía de Perú hace posible plantar una diversidad de cultivos en la costa, la montaña y la selva. La medicina peruana tradicional incluye aproximadamente 1,400 especies de plantas; sin embargo, solo unas cuantas han sido objeto de investigación científica (1-15).

Las plantas como la *Lepidium meyenii* (maca), *Chenopodium quinoa* (quinoa), *Amaranthus caudatus* (amaranto), *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), maíz azul y *Lupinus mutabilis* (tarwi) crecen en la región andina, mientras que otras, como la *Plukenetia volubilis* (sacha inchi), *Physalis peruviana* (aguaymanto) y *Smallanthus sonchifolius* (yacón), crecen en la región amazónica. Según estudios científicos, estos superalimentos tienen antioxidantes y metabolitos secundarios con propiedades saludables, y algunos de ellos tienen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y antienvejecimiento. Es necesario realizar más estudios sobre la diversidad genética.

Recientemente, las siguientes plantas –no todas utilizadas como alimento– se incluyeron en la Medicina Tradicional Peruana: *Smallanthus sonchifolius* (yacón), *Croton lechleri* (sangre de drago), *Uncaria tomentosa / U. guianensis* (uña de gato), *Lepidium meyenii* (maca), *Physalis peruviana* (aguaymanto), *Minthostachys mollis* (muña), *Notholaena nivea* (cuti-cuti), *Maytenus macrocarpa* (chuchuhuasi), *Dracontium loretense* (jergón sacha), *Gentianella nitida* (hercampuri), *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) y *Zea mays* (maíz) (Lock *et al.*, 2016).

A partir de estos ejemplos, es claro que, gracias a su biodiversidad, capacidad de exportación, así como a su rastreabilidad e innovación a través de cadenas de procesos sostenibles y transparentes, los superalimentos de Perú desempeñan un importante papel en la seguridad alimentaria y nutricional de todo el mundo.

En resumen, los superalimentos son una realidad en Perú, una tierra con muchas zonas de vida, una variada topografía, una cocina de renombre mundial y el regalo de los Incas –Machu Picchu–, considerada una de las nuevas Siete Maravillas del Mundo.

Bibliografía

Abderrahim F, Huanatico E, Segura R, Arribas S, Gonzalez MC, Condezo-Hoyos L. Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*) from Peruvian Altiplano. *Food Chem.* 2015 Sep 15;183:83-90.

Atchison GW, Nevado B, Eastwood RJ, Contreras-Ortiz N, Reynel C, Madriñán S, Filatov DA, Hughes CE. Lost crops of the Incas: Origins of domestication of the Andean pulse crop tarwi, *Lupinus mutabilis*. *Am J Bot.* 2016 Sep;103(9):1592-606.

Gonzales GF, Vasquez VB, Gasco M. The transillumination technique as a method for the assessment of spermatogenesis using medicinal plants: the effect of extracts of black maca (*Lepidium meyenii*) and camu camu (*Myrciaria dubia*) on stages of the spermatogenic cycle in male rats. *Toxicol Mech Methods.* 2013 Oct;23(8):559-65

Langley PC, Pergolizzi JV Jr, Taylor R Jr, Ridgway C. Antioxidant and associated capacities of Camu camu (*Myrciaria dubia*): a systematic review. *J Altern Complement Med.* 2015 Jan;21(1):8-14.

Leiva-Revilla J, Cárdenas-Valencia I, Rubio J, Guerra-Castañón F, Olcese-Mori P, Gasco M, Gonzales GF. Evaluation of different doses of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) on the reduction of sperm production, motility and morphology in adult male rats. *Andrologia*. 2012 May;44 Suppl 1:205-12.

Seguridad alimentaria y nutricional en la República Dominicana

Una visión para los próximos cincuenta años

Pastoreo de ganado en un campo de palmeras, República Dominicana © Shutterstock

República Dominicana

[1] Helmut Bethancourt
[2] Jorge A. Tallaj A.
[3] Lourdes Tapia Benoit
[4] Pedro Pablo Peña
[5] Angel Roberto Sánchez
[6] Elpidio Avilés
[7] Rafael Pérez Duvergé
[8] Anabel Kunhardt
[9] Miguel J. Henríquez
[10] Lidio Martínez

Todo dominicano tiene derecho a una alimentación apropiada. Si bien **el país logró uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio al reducir el hambre,** 1.3 millones de ciudadanos aún la padecen, así como muchos otros malnutrición. Resta mucho por hacer para erradicarlas

Resumen

La República Dominicana es un estado insular de 48,308 km², que cuenta con 1.9 millones de hectáreas (ha) dedicadas a la producción agropecuaria. Los principales rubros agrícolas del país son arroz, maíz, caña de azúcar, café, cacao, tabaco, coco, habichuelas (frijoles), gandul, yuca, yautía, batata, ñame, papa, banano, plátano, cebolla, ajo, ajíes, berenjena, auyama, tomate, aguacate, papaya, piña, naranja dulce, chinola, pepino y tayota. Es muy importante, además, la ganadería bovina, porcina, la cría de aves y la producción agropecuaria.

Las políticas de investigación del país son trazadas por el Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF) y ejecutadas por el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Se recibe financiamiento de organismos nacionales (MESCyT y CONIAF) o internacionales. Participan en las investigaciones la universidad estatal (UASD) y diversas universidades privadas. Un problema actual del país es la alta edad promedio de los investigadores agropecuarios y la falta de una política clara de relevo generacional. Por otro lado, el gasto público dominicano en investigación agropecuaria fue de 0.30% con relación a su PIBAg, muy por debajo del 1% que recomienda la ONU.

La República Dominicana enfrenta una gran crisis de agua fresca como consecuencia del cambio climático, debido a la reducción de 20% en la precipitación anual, el aumento de la evapotranspiración y al incremento de la población. Se espera que la disponibilidad de agua fresca per cápita se reducirá de 2,200 m³ en 2008 a menos de 400 m³ para 2100.

El 23% de los suelos dominicanos se considera adecuado para cultivos agrícolas, con prácticas específicas de uso y manejo, a lo que se agregaría 16% utilizable para pastoreo y arroz con métodos modernos de mecanización y medidas muy intensivas de manejo. Sin embargo, los mismos están sufriendo degradación, cuyas causas principales son: la deforestación, la construcción del entramado vial, la actividad minera, el impacto de los fenómenos climáticos, el uso de agroquímicos y el manejo poco sostenible del agua. Además, muchos suelos de vocación agrícola están siendo urbanizados.

La biodiversidad dominicana se encuentra amenazada debido a que una serie de especies de la flora y la fauna endémica y nativa está en peligro de extinción. Las razones principales son: la destrucción y fragmentación de hábitats para cambios en el uso de los suelos, la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, el crecimiento urbano, la construcción de infraestructuras, la minería, la deforestación, la captura y extracción de especies silvestres, los incendios forestales, la introducción de especies invasoras, la aparición de nuevas enfermedades y el cambio climático (eventos hidrológicos extremos y sequía).

En la República Dominicana se estima que la cubierta forestal se ha reducido de 83% de la superficie a inicios del siglo XX, hasta 28.5% en 2005. La actividad agrícola ha sido en parte responsable de esto. Ade-

más, el uso de materiales provenientes del bosque en la industria para la obtención de energía y la construcción, el desarrollo de la agricultura de tumba y quema y el abuso de agroquímicos son prácticas que afectan de forma directa y brutal los bosques. Es impostergable la estructuración y ejecución de un Plan de Ordenamiento Territorial que permita identificar los usos potenciales del suelo en función de las condiciones particulares del lugar.

A nivel de investigación tecnológica, en el país se ha trabajado el uso de tecnologías enzimáticas para producir extractos, fermentaciones de interés industrial, bioprospección, cultivo de tejidos y caracterización molecular. Algunas universidades, así como varias empresas privadas, han desarrollado protocolos propios para producción de plantas mediante cultivo *in vitro* de tejidos. Fruto de este auge se pueden mencionar casos de éxito con la introducción masiva de variedades de banano, piña, papa, fresas, entre otros cultivos. La Biotecnología animal no ha tenido el mismo auge. La incorporación de organismos genéticamente modificados ha sido lenta, ya que se carecía del marco legal al respecto hasta 2015.

La República Dominicana no escapa a las enfermedades transmitidas por alimentos, de las cuales se tienen documentados muchos brotes. De gran importancia por el alto porcentaje de ETA que provocan son los alimentos provenientes del mar. Un problema de gran importancia en cuanto a la alimentación es el alto índice de sobrepeso y obesidad en la población dominicana, lo cual puede deberse a patrones de alimentación no saludables tanto tradicionales (gastronomía dominicana rica en carbohidratos y alimentos fritos) como producto de la globalización (comida rápida, alimentación fuera del hogar, entre otros). Se observa un pequeño segmento de la sociedad preocupándose por cambios saludables en la alimentación, no necesariamente fundamentados en bases científicas sólidas.

Sobre el marco legal, es muy importante la promulgación, en 2016, de la Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria, que define el derecho a una alimentación adecuada de todas las personas, lo que implica el acceso a alimentos sanos y nutritivos en cantidad suficiente.

Es de suma importancia realizar una profunda reflexión para actuar frente a los retos y perspectivas que plantea el sector agropecuario, es una realidad que para el 2020 el sector pecuario completo estará dentro del DR-CAFTA por lo que se deberá competir con importaciones libres de cuotas y de arancel. La competitividad actual de las exportaciones agropecuarias dominicanas es relativamente débil. El DR-CAFTA brinda posibilidades, reglas y previsibilidad al sector agropecuario, pero plantea dos desafíos conocidos, el primero, aprovechar el acceso ampliado al mercado de Estados Unidos de América (EUA) y, en segundo término, proteger a los productores de bienes sensi-

[1] Helmut Bethancourt, Coordinador del Capítulo. Investigador, Universidad Nacional Evangélica (UNEV); Profesor, Facultad de ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), helmutbio@yahoo.com **[2] Jorge A. Tallaj A.,** Decano de Post-Grado, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM). Experto en Ciencia y Tecnología de alimentos, jtallaj@pucmm.edu.do **[3] Lourdes Tapia Benoit,** Recursos Naturales y Evaluación de Impacto Ambiental. Coordinadora de Maestrías de Gestión Ambiental, Decanato de Postgrado Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, ltapia@pucmm.edu.do **[4] Pedro Pablo Peña,** Ing. Agrónomo y Economista Agrícola, Director Ejecutivo del Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF), ppena@cedaf.org.do **[5] Angel Roberto Sánchez,** Profesor y Director Interino de la Dirección de Investigación Científicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), robertosanche66@hotmail.com **[6] Elpidio Avilés,** Especializado en Manejo y Conservación de Suelos Tropicales; Profesor, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD); Investigador, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), avilesquezada@hotmail.com **[7] Rafael Pérez Duvergé,** Director Ejecutivo del Instituto Dominicano de Investigaciones Agrícolas y Forestales (IDIAF), pduverge@idiaf.gov.do **[8] Anabel Kunhardt,** Licenciada en Nutrición y Dietética. Departamento de Nutrición y Dietética de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, akunhardt@pucmm.edu.do **[9] Miguel J. Henríquez,** Licenciado en Nutrición y Dietética. Departamento de Nutrición y Dietética de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, m.henriquez@ce.pucmm.edu.do **[10] Lidio Martínez,** Ing. Agrónomo, Coordinador Técnico del Proyecto de Exportación de Alimentos (SAFE) implementado por NCBA CLUSA y la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD), lidiomartinez@gmail.com

Cuadro 1. Distribución porcentual de las unidades productivas agrícolas en República Dominicana, según el principal tipo de cultivo sembrado

Principal tipo de cultivo sembrado	Número de unidades	
	Absoluto	Relativo
Total	**251,916**	**100.0**
Cereales	70,638	28.0
Hortalizas y melones	8,256	3.3
Frutas y nueces	61,892	24.6
Cultivos de semillas oleaginosas	3,292	1.3
Cultivos de raíces / tubérculos con altos contenidos de féculas o inulinas	23,654	9.4
Cultivos para bebidas y especias	43,750	17.4
Cultivos de leguminosas	19,035	7.6
Cultivos azucareros	1,418	0.6
Otros cultivos	19,981	7.9

bles. Para nuestro país es muy importante atender a los pequeños productores y a los pobres, para no acentuar las ya marcadas desigualdades de ingreso y aprovechar su potencial productivo.

I. Características nacionales

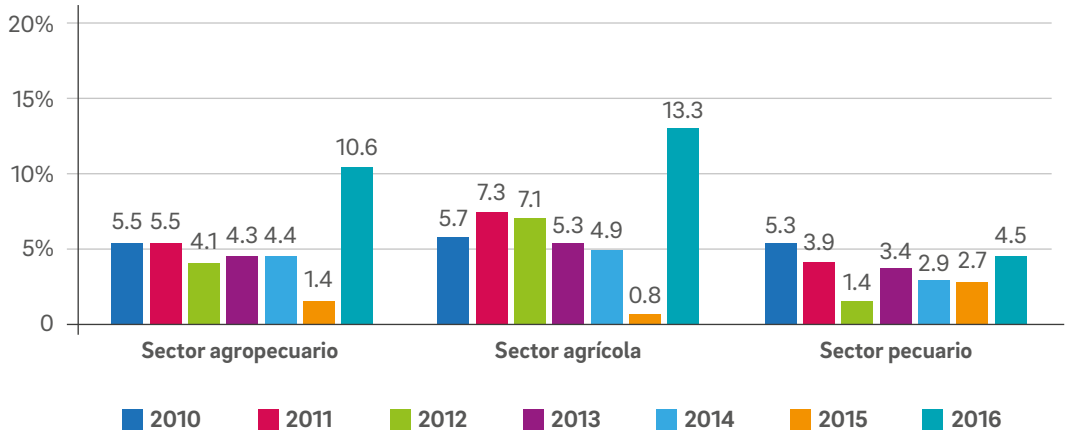
La República Dominicana es un estado insular, que ocupa la parte este de la isla Hispaniola, con una superficie total de 48,308 km². En el país 1.9 millones de hectáreas están dedicadas a la producción agropecuaria, distribuidas de la siguiente manera: más de 0.69 millones para uso agrícola, 0.56 millones destinadas a la cría de animales, 0.46 millones dedicadas a la siembra de productos agrícolas combinados con la cría de animales, 0.07 millones de hectáreas se utilizan para la siembra de árboles forestales y maderables, 19 mil en actividades combinadas de siembra de árboles y cría de animales y 17 mil en la siembra de flores y/o plantas ornamentales (Precenso Nacional Agropecuario, 2015).

El aprovechamiento de la tierra a nivel nacional muestra una preponderancia de las actividades agrícolas. La mayoría de unidades productivas del país (251,916, es decir, 62.6%) están dedicadas a estas actividades. Una quinta parte (20%) está dedicada a la cría de animales, mientras que 16.3% se dedica habitualmente tanto a actividades agrícolas como a actividades pecuarias. Menos de 1% se dedica a actividades como la siembra de árboles forestales o maderables, o siembra de flores o plantas ornamentales (Precenso Nacional Agropecuario, 2015). El **Cuadro 1**, tomado del informe de Resultados del Precenso Nacional Agropecuario 2015, realizado por la Oficina Nacional de Estadística, muestra la distribución porcentual de las unidades productivas agrícolas de acuerdo con el tipo de cultivos.

Los principales productos agrícolas cultivados en el país son: arroz, maíz, caña de azúcar, café, cacao, tabaco, coco, habichuela (frijol) roja, habichuela (frijol) negra, habichuela (frijol) blanca, gandul, yuca, yautía, batata, ñame, papa, guineo (banano), plátano, cebolla, ajo, ajíes, berenjena, auyama, tomate, aguacate, lechosa (papaya), piña (ananás) naranja dulce, chinola, pepino y tayota (chayote). Actualmente existen unas 300,000 ha bajo sistema de irrigación, que corresponden a 55% de los terrenos potencialmente irrigables del país. El 68.58% de las tierras cultivadas cuenta con infraestructura de riego (Oficina Nacional de Estadísticas, 2013).

El sector agropecuario tiene una importancia social capital para el país, ya que existen 319,676 unidades productivas agropecuarias (Precenso Nacional Agropecuario, 2015). El 5.8% del PIB de la República Dominicana pertenece al sector agro-

Figura 1. Variación del PBI para el sector agropecuario y los subsectores agrícola y pecuario



pecuario. La **Figura 1** muestra la variación del PBI para el sector agropecuario y los subsectores agrícola y pecuario para los últimos 7 años.

La tercera parte de la población dominicana es rural, estando sus ingresos vinculados a las actividades agropecuarias y forestales; sin embargo, cada día hay un mayor enlace de la población rural a la dinámica urbana, tanto en el tema económico como en el social. Una importante cantidad de familias rurales tiene parientes en el exterior que envían remesas que contribuyen al desarrollo rural y son un paliativo a la pobreza. Pese a esta realidad, análisis realizados a diferentes cultivos revelan que las limitantes para acceder a financiamiento para la producción y comercialización siguen siendo una fuerte barrera para la expansión (JAD, 2009).

De acuerdo con las estadísticas publicadas por el Ministerio de Agricultura (MA), los productos que se exportan desde la República Dominicana son: arroz, habichuela, guandul, batata, papa, ñame, yautía, yuca, ajo, cebolla roja, berenjena, auyama, ajíes, pepino, zanahoria, aguacate, lechosa, piña, melones, chinola, naranja, banano, plátanos, carne de res, carne de pollo, carne de cerdo, huevos. De estos, los principales (>= 100,000 quintales al año) son: bananos, aguacate, arroz, ajíes, carne de pollo, berenjena, habichuelas, batata, zanahoria, pepino y piña (Base Estadística del MA de la República Dominicana, 2017).

En cuanto al subsector pecuario, en el país existen unas 115,578 unidades productivas; en el país se producen diversos tipos de ganado: bovino, porcino, caprino, ovino, equino y aves de granja y de crianza doméstica, siendo los principales, el bovino (carne, leche y derivados) y el avícola (pollos y huevo). Otros productos pecuarios de importancia son: el conejo, los patos, la guinea, las codornices, los pavos, los peces y camarones, la miel y la cera. Las actividades acuícolas y de pesca han estado en crecimiento en los últimos años, ocupando 11.3% de las unidades productivas pecuarias (Precenso Nacional Agropecuario, 2015).

Las investigaciones realizadas han evidenciado que el crecimiento del sector agropecuario está fundamentado en el desarrollo del subsector pecuario. En el lapso comprendido entre enero y septiembre de 2016, de acuerdo con los datos del Banco Central, el crecimiento interanual en el valor agregado de la ganadería, la silvicultura y la pesca fue de 4.5%.

Las exportaciones de los productos del sector pecuario primario son limitadas; se exporta carne de pollo, res, cerdo y huevos y algunos productos agroindustriales. En el caso de las importaciones, la situación es un poco diferente: cerca de 5% de ellas corresponden a este tipo de productos; en la República Dominicana se importa una variada gama de productos agropecuarios.

Como fortalezas principales del sector agropecuario se encuentran: la posición geográfica atractiva a los principales mercados, la condición insular que crea una barrera natural contra las plagas y enfermedades continentales, el eficiente sistema de telecomunicación que facilita el fácil y ágil acceso a los mercados internacionales; tam-

bién existen un entramado vial básico en todas las regiones del país, alto consumo de los productos tradicionales de la gastronomía autóctona por parte de la diáspora, desarrollo de un sistema de innovación tecnológico (CONIAF, IDIAF y CEDAF) y programas de apoyo a la competitividad (PATCA, PRODEVECO, CNC) (JAD, 2009).

De acuerdo con un estudio realizado por la FAO, para que los países caribeños puedan hacer frente a las necesidades de producción y, así, poder garantizar su desarrollo y la seguridad alimentaria de sus habitantes es necesaria la implementación de políticas públicas y programas dirigidos a fomentar la agricultura familiar. Dichos programas deberán considerar, entre otros aspectos, el acceso a tecnologías para mejorar el rendimiento y la productividad, a información para apoyar la toma de decisiones, a sistemas de extensión y capacitación pertinentes al sector, a mecanismos de financiamiento, a tierras agrícolas, a recursos hídricos y a mecanismos de gestión de riesgo ante posibles desastres naturales; además, deberán darse alianzas estratégicas para una mejor inserción de los pequeños productores en los mercados (CEPAL, FAO, IICA, 2014).

Particularmente, en la República Dominicana estos sistemas de producción serían un componente muy importante para la producción a pequeña escala de alimentos y de este modo seguir incrementando la proporción de la población que dispone de un balance nutricional adecuado. En el país, en el período 1990-92, 34.35% de la población se encontraba subalimentada, sin embargo, en el lapso comprendido entre 2014 a 2016 esta proporción disminuyó 20 puntos porcentuales, cumpliendo con la meta 1C de los Objetivos del Desarrollo del Milenio (FAO, 2015).

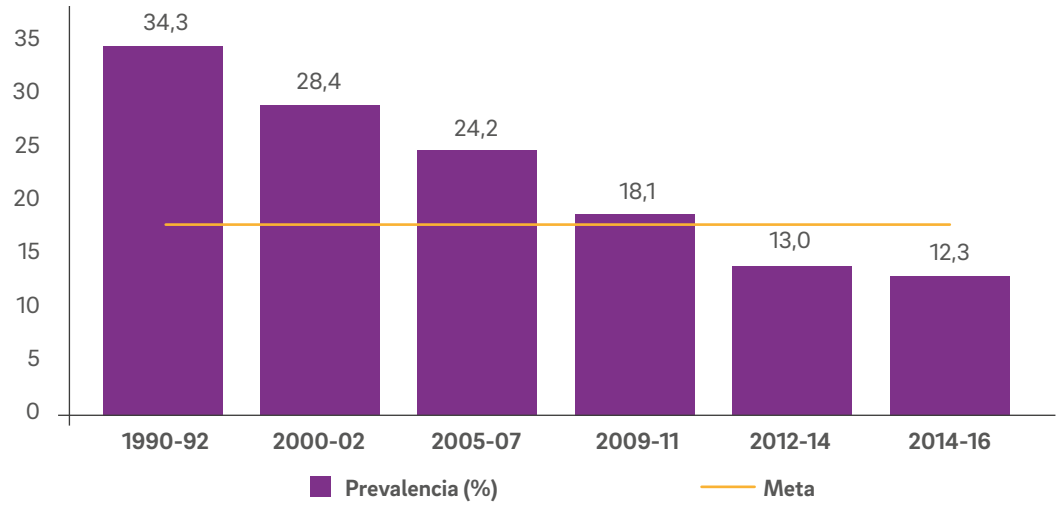
Para ilustrar la evolución de la subalimentación en la República Dominicana en los últimos 25 años, se incluye la **Figura 2** tomada del informe de la FAO *Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe: La región alcanza las metas internacionales del hambre*, publicado en 2015.

En dicho informe se afirma que: *"La positiva situación de la seguridad alimentaria y nutricional en el país responde a que la disponibilidad alimentaria de República Dominicana ha aumentado durante las últimas décadas, llegando a las 2.619 calorías al día por persona en el trienio 2014-16, a pesar de que el país es importador neto tanto del conjunto de bienes como de productos agroalimentarios...*

Otros aspectos importantes que revela este estudio como fortalezas son:

- Entre los años 2004 y 2013 el país ha logrado reducir la pobreza desde un 54,4% a 40,7% y la pobreza extrema se redujo en 8,8 puntos porcentuales en igual periodo, alcanzando el 20,2% de la población (CEPAL, en línea).
- El país ha sido uno de los pioneros regionales en materia de la institucionalización de los programas de ayuda alimentaria, desde la década de los 40, los Comedores Económicos

Figura 2. Evolución de la subalimentación (%) en República Dominicana



del Estado entregan raciones de alimentos a la población vulnerable.

- La creación en 2008 del Consejo para la Seguridad Alimentaria, institucionalidad encargada de sustentar las acciones en materia de seguridad alimentaria y nutricional, así como de consolidar y fortalecer el sistema de protección social dominicana. (Banco Mundial, en línea)" (FAO, 2015).

Un hito importante para garantizar el derecho fundamental a una alimentación y nutrición adecuadas de los dominicanos lo constituye la promulgación de la Ley No. 589-16 –Ley que crea el Sistema Nacional para la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la República Dominicana (SNSSAN)–, cuyo objeto es establecer el marco institucional para la creación del SNSSAN.

No obstante todas estas acciones y avances, por sí solos no lograrán garantizar la seguridad alimentaria en la República Dominicana, ya que constituimos un pequeño Estado insular colocado en una de las rutas de huracanes más activas del planeta, altamente vulnerable a los impactos del Cambio Climático, con un alto índice de analfabetismo en la población, un sistema educativo deficiente, en donde no existe la continuidad política cuando cambian los gobernantes ni se dispone de un sistema de salud pública adecuado a la realidad y a las necesidades de la población.

Otro aspecto medular que hay que enfrentar es el creciente fenómeno migratorio de la población rural hacia las ciudades; en muchos de los campos dominicanos no se ha dado el relevo generacional. Frente a la falta de incentivos para la producción agropecuaria, los jóvenes dominicanos parten hacia los núcleos urbanos en búsqueda de oportunidades de mejora, concentrándose muchas veces en espacios confinados con deficiencia de recursos y servicios que garanticen su subsistencia y su calidad de vida.

II. Clima institucional

a. Sistemas Nacionales de Investigación Agrícola

En la República Dominicana existe el Sistema Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Foresta-

les (SINIAF). Este fue creado en el año 2012, mediante la Ley 251-12 y está conformado por varias instituciones incluyendo al Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF), que es el organismo responsable de trazar la política de investigación agropecuaria del país. De gran importancia es el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), que es el organismo oficial responsable de ejecutar la política de investigación, así como de llevar a cabo los distintos proyectos de investigación aprobados por organismos nacionales (MESCyT y CONIAF) o internacionales (JICA-Japón, GIZ-Alemania, KOPIA-Korea, USAID-Estados Unidos, entre otras). También lo integran las instituciones y organizaciones públicas o privadas que realizan acciones de investigación o transferencia de tecnología en el sector agropecuario y forestal, las universidades con facultades relativas al sector, redes tecnológicas y cualquier otra entidad directa o indirectamente vinculada a actividades de investigación agropecuaria o forestal (universidades UASD, UCATECI, UNPHU, UISA, UNEV, UTECO) y el Instituto de Innovacion en Biotecnología e Industria.

b. Situación actual del SINIAF

Actualmente se estima la edad promedio de los investigadores del SINIAF en 55 años. Esto se debe a la dificultad en lograr un efectivo relevo generacional, lo cual conduce a pensar que deben mejorar las condiciones laborales y salarios para hacer más atractiva la profesión de investigador en el país (SODIAF, 2016). También se requiere seguir fortaleciendo el programa de capacitación a través del otorgamiento de becas de maestría y doctorado a los investigadores actuales y potenciales, para incrementar la capacidad de investigación del país.

Las instituciones de investigación en República Dominicana tienden a no recibir incrementos de presupuesto, y en algunos casos estos han sido re-

Los monocultivos pueden tener un impacto ecológico negativo a largo plazo.

ducidos hasta en 30%. Con una adecuada inversión se pueden realizar acciones necesarias como mejorar la infraestructura de investigación en los laboratorios de suelo, fitopatología, entomología, virología y biotecnología. Esto incluye compra de equipos actualizados y la correspondiente capacitación del equipo técnico del laboratorio (SODIAF, 2016).

c. Universidades e institutos de investigación

En la República Dominicana se registran 50 centros de educación superior, según la ONE citando como fuente los registros administrativos del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT). En el año 2014 se reportó una población de 443,555 estudiantes matriculados en la educación superior, 181,340 (41% del total) de ellos en la UASD, la universidad pública del país. El resto se distribuye en instituciones de educación superior privadas y siete institutos especializados públicos, repartiéndose entre ellas 262,215 matriculados (59% del total).

Estas instituciones se agrupan en la Asociación Dominicana de Universidades y en el marco de esta funciona la mesa de facultades de Agricultura y Pecuaria. En abril de 2016 se llevó a cabo una reunión de la mesa para levantar información sobre las capacidades de investigación de las universidades en las áreas de ciencias agrícolas y de producción animal, en la que participó la UASD junto a otros diez centros de educación superior. En la mayoría de estos centros se realiza investigación, pero en muchos casos su impacto es marginal en la realidad, aunque se le atribuye bastante importancia en los documentos filosóficos de estas entidades. Muchas de estas universidades poseen laboratorios y campos experimentales y una modesta nómina de investigadores.

La creación del Fondo de Investigaciones en Ciencia y Tecnología (FONDOCYT), que administra el MESCyT, ha permitido impulsar la investigación en la mayoría de las universidades y centros de educación superior. En los últimos años, me-

Las técnicas que evitan la erosión de suelos garantizan la producción a largo plazo.

diante el FONDOCYT, se han aprobado proyectos que han permitido la adquisición de equipos y mejoramiento de laboratorios para investigación en universidades. Aunque el FONDOCYT está abierto para muchas áreas de la ciencia que no inciden en la seguridad alimentaria y nutricional, es el fondo competitivo local más abundante que existe actualmente, y se prevé que seguirá siendo una oportunidad para desarrollo de capacidades de investigación agrícola en universidades.

d. Fortalezas del SINIAF

- Existen capacidades de investigación con experiencia, lo que sería aprovechado por jóvenes investigadores en un proceso de relevo generacional.
- Se publica la Revista Agropecuaria y Forestal (APF) de la SODIAF (impresa y digital) como instrumento importante para la divulgación de resultados de investigación.
- Se realiza un Congreso Bianual de la SODIAF, que facilita el intercambio entre investigadores de las áreas agrícola, ganadera y forestal.
- Varias propuestas de investigadores del SINIAF han recibido financiamiento del MESCyT a través del FONDOCyT.

e. Desafíos y perspectivas para la investigación agrícola

- Reorientar la política de investigación: haciendo énfasis en la utilización de materiales locales alternativos para reducir costos y mejorar la calidad de los frutos de los cultivos.
- Convencer a las autoridades gubernamentales, así como a instituciones del sector privado, de invertir más recursos económicos en investigación y desarrollo.
- Fortalecer el sistema de extensión de República Dominicana.
- Fomentar la agrupación de pequeños productores en cooperativas y clústeres para aprovechar la economía de escala.
- Agregar valor a los productos agrícolas dominicanos mediante la innovación agroindustrial.
- Crear sinergias entre el sector público y privado, y entre las instituciones estatales para impulsar la investigación en el país.
- Incentivar a los jóvenes a estudiar agronomía y carreras afines, y a hacer estudios de especialización que les permita desarrollar la labor investigativa.

Un indicador clave, utilizado internacionalmente para entender la prioridad que los gobiernos otorgan a la investigación agropecuaria, es la intensidad de inversión. Esta se calcula como el porcentaje que representa esa inversión sobre el PIB Agrícola (PIBAg). En 2012, el gasto público dominicano en investigación agropecuaria fue de 0.30% en relación con su PIBAg. La ONU recomienda que ese porcentaje no sea inferior a 1% (Stads *et al.*, 2016). De acuerdo con un estudio reciente del Instituto de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias Internacionales (IFPRI), para que la República Dominicana pueda cerrar la brecha de inversión, se requerirá subir la intensidad de inversión en el sector agropecuario a 2% del PIBAg (Nin, 2016).

III. Características de los ecosistemas y recursos

a. Recursos de agua y retos para los próximos cincuenta años

La República Dominicana tiene una precipitación media anual de 1,410 mm, un volumen total de 68,620 millones de m³. Los recursos hídricos renovables internos han sido estimados en 23,498 millones de m³/año, distribuidos en seis cuencas hidrográficas. Los recursos hídricos subterráneos han sido evaluados en unos 4,161 millones de m³/año; de esta cantidad solo es recuperable para su aprovechamiento 59.34% (FAO-Aquastat, 2017).

La extracción hídrica nacional supera los 7,000 millones de m³, de los cuales 80% se utiliza para la producción agrícola y pecuaria, 12% para los municipios y el restante 8% para actividades industriales. Solo 80% de la población tiene acceso a fuentes mejoradas de agua potable (FAO-Aquastat, 2017), con serias limitantes en su calidad y cantidad.

En el país, este recurso enfrenta diversos problemas para su sostenibilidad; la degradación ambiental junto a los problemas de producción y distribución y a las varianzas en el clima por la incidencia del cambio climático se combinan con la inadecuada planificación, la contaminación de las

fuentes, la falta de saneamiento y la insuficiencia e inadecuación de la infraestructura, dando como resultado la escasez actual y la amenaza de una importante crisis en el futuro (Observatorio Político Dominicano, 2014).

Un estudio publicado por la Universidad de Columbia, New York, en el año 2008, fundamentado en las proyecciones del IPCC, reveló que la República Dominicana enfrenta una gran crisis de agua fresca como consecuencia del cambio climático, debido a la reducción de 20% en la precipitación anual, al aumento en la evapotranspiración de 2 km³ para finales de siglo y al incremento de la población dominicana casi en 50% para mediados de siglo. Se espera que la disponibilidad de agua fresca per cápita se reducirá de 2,200 m³ en 2008 a menos de 400 m³ para 2100.

En la República Dominicana para la gestión de este recurso existen 13 organismos estatales que se ocupan de la gobernanza del agua, además, se cuenta con una Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con normativas específicas para el manejo del agua tanto potable como para otros usos, para aguas subterráneas y descargas en el subsuelo y también, para aguas residuales y una Ley sobre el Dominio de Aguas Terrestres y Distribución de Aguas Públicas; sin embargo, aún no se tiene una Ley General de Agua ni una Ley de Ordenamiento Territorial que permitan realizar una gestión integral y sostenible del agua desde el enfoque de cuencas hidrográficas.

b. Recursos de suelo y retos para los próximos cincuenta años

La República Dominicana comparte la isla Española con la República de Haití, ocupando aproximadamente las tres cuartas partes del territorio (48,308 Km²). Su fisiografía está determinada por cuatro cadenas montañosas orientadas de manera casi paralela del noroeste al sureste; en medio de estas elevaciones se intercalan cinco cuencas de deposición y llanuras que contienen los suelos más fértiles de la nación.

En el país existen varios organismos estatales relacionados con el uso de los suelos, siendo los principales: el MA, el Viceministerio de Suelos y Aguas como parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), el Instituto Agrario Dominicano y el Banco Agrícola.

De acuerdo con la vocación productiva, en un estudio realizado por la OEA en 1967, se determinaron ocho clases de suelos en la geografía nacional, de las cuales las Clases I a la IV (23.24%) se consideran adecuadas para cultivos agrícolas, con prácticas específicas de uso y manejo. Los métodos modernos con mecanización consideran también que la Clase V (15.75%) puede destinarse al pastoreo y al cultivo de arroz. con medidas muy intensivas de manejo (Atlas Biodiversidad RD, 2012).

En el Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente, con base en los datos suministrados por el MIMARENA, se reporta que 15% de los suelos del país está siendo sobreutilizado; en contraste, 40% es subutilizado. Esta misma fuente precisa que solo 30% de los suelos dominicanos tiene un uso adecuado, los cuales se encuentran mayormente en los Parques Nacionales.

Las causas principales de la degradación de los suelos en el país son: la deforestación, la construcción del entramado vial, la actividad minera, el impacto de los fenómenos climáticos, el uso de agroquímicos y el manejo poco sostenible del agua. La complejidad de todas estas variables plantea un gran reto para los dominicanos. Para poder revertir el proceso de degradación de los suelos será necesario estructurar un Plan Estratégico Nacional desde la perspectiva de manejo de cuencas hidrográficas; además deberá ser promulgada la Ley de Ordenamiento del Territorio, regular de forma estricta el uso de agroquímicos e integrar, como parte de la cultura agrícola, prácticas continuas de conservación, considerando la topografía, el tipo de suelo y su uso potencial. Es preciso prestar especial cuidado a la reforestación de zonas críticas y a la integración de la agricultura orgánica para avanzar hacia la sostenibilidad en el medio plazo.

c. Retos de energía

La República Dominicana por más de 30 años ha enfrentado una severa crisis energética que se evidencia por la constante interrupción del servicio –de 4 a 10 horas diarias que afecta a más de 50% de la población (CDEEE, 2015)– y el uso de electricidad a través de conexiones ilícitas –25% de la población carece de contrato formal (CDEEE, 2015)–, lo que provoca que una minoría tenga tarifas excesivas para cubrir estas ineficiencias y una

Los cultivos bajo ambiente controlado tienen mucho potencial de crecimiento.

significativa carga fiscal para el Gobierno por los subsidios directos e indirectos (*Diario Libre*, 24 de abril de 2014). Más de 85% de la energía proviene de combustibles fósiles y experimenta pérdidas importantes, principalmente por fallas en la distribución (PNUD, 2017).

La demanda de energía eléctrica se incrementa a una gran velocidad debido al crecimiento demográfico. Según la Comisión Nacional de Energía (CNE), para el año 2030 la demanda energética se duplicará.

En la búsqueda de soluciones, a partir de 2001 se crea la Comisión Nacional de Energía con la promulgación de la Ley General de Electricidad (Ley 125-01). Otra de las medidas tomadas fue la creación, mediante la Ley No. 100-13, del Ministerio de Energía y Minas. Además, existe un Plan Energético Nacional hasta 2025.

El reto principal del sector energético del país es la regularización del servicio para que sea accesible a toda la población de manera regular a un precio justo; esta meta deberá hacerse viable con la incorporación de la producción de energía a través de fuentes alternas, aprovechando la existencia de la Ley de Incentivo a Energías Renovables e Incentivos Especiales promulgada en 2007.

d. Conflictos y retos para la biodiversidad. Problemas asociados a la sobreexplotación. Reducción de la diversidad genética

De acuerdo con registros históricos y a los conteos realizados en las últimas décadas, en la isla Española existen 6 mil especies de plantas vasculares, de las cuales 5,500 crecen en la República Dominicana. En 2011, el MIMARENA elaboró la primera Lista Roja de las Plantas Amenazadas según los criterios establecidos por la UICN, que contiene 547 especies.

En 2016, el Jardín Botánico Nacional publica la Lista Roja de la Flora Vascular en la República Dominicana como resultado de una minuciosa investigación que incluyó 1,388 especies, de las cuales 831 son endémicas y 557 son nativas. Ese documento revela que existen 813 especies en Peligro Crítico, 249 en Peligro, 249 vulnerables y 45 en Preocupación Menor.

Detección de residuos de pesticidas.

En cuanto a la fauna, los invertebrados representan el mayor grupo con unas 7,030 especies; varios investigadores coinciden en que aquella ha sido pobremente estudiada y que, además, existen 74 especies de anfibios, de los cuales 71 son endémicos de la isla; 166 especies de reptiles, siendo 87% de estas endémicas; 306 especies de aves, 32 endémicas; y 53 especies de mamíferos. En la Lista Roja de Especies en Peligro de Extinción, Amenazadas o Protegidas de la República Dominicana de 2011 aparecen 223 especies animales, muchas de ellas en Peligro Crítico.

Todas las especies incluidas en la Lista Roja de la República Dominicana están protegidas por leyes nacionales y por convenios internacionales.

Las razones principales que ponen en riesgo la preservación y conservación de la biodiversidad dominicana son: la destrucción y fragmentación de hábitats para cambios en el uso de los suelos, la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, el crecimiento urbano, la construcción de infraestructuras, la minería, la deforestación, la captura y extracción de especies silvestres, los incendios forestales, la introducción de especies invasoras y la aparición de nuevas enfermedades (Lista Roja, 2016) y el cambio climático (eventos hidrológicos extremos y sequía).

Un elemento de gran trascendencia que impacta negativamente la biodiversidad autóctona es la introducción de especies invasoras; en la región del Caribe este hecho se relaciona íntimamente con las actividades productivas.

Frente a esta situación, como parte de las políticas nacionales de conservación de la biodiversidad, la República Dominicana forma parte de las naciones del mundo que aúnan esfuerzos en forma global, regional y particular, para impulsar la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, en particular de la diversidad biológica, habiendo ratificado varios convenios como son: los

de la Convención de Diversidad Biológica, la Convención de Cambio Climático, la Convención sobre Lucha contra la Desertificación y la Sequía, la Convención sobre Humedales (RAMSAR) y el Protocolo de Kioto, entre otros (MIMARENA, 2017).

e. Implicaciones de las tendencias forestales

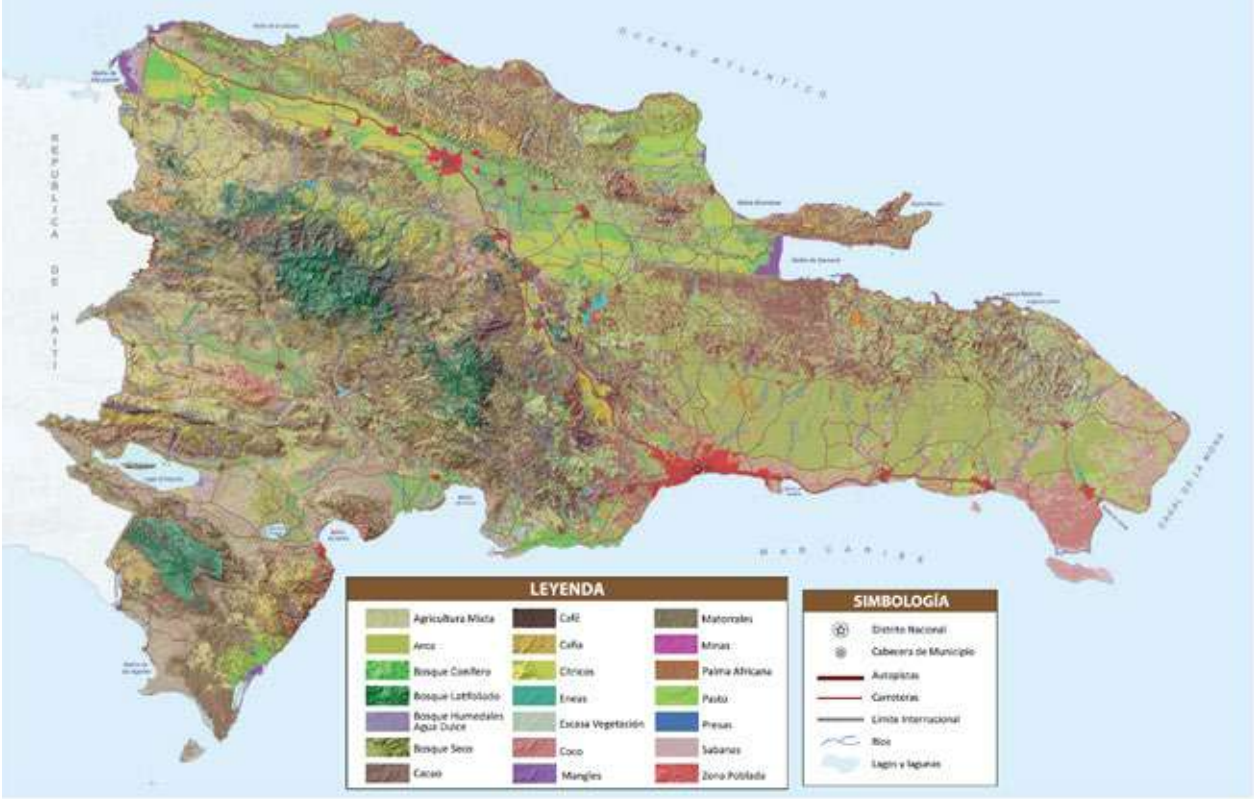
En la República Dominicana la actividad agrícola se desarrolla intensamente a partir del Siglo XIX; esto ha propiciado en gran medida la merma de muchas especies de plantas debido a la eliminación de sus hábitats. Además, el uso de materiales provenientes del bosque en la industria para la obtención de energía y la construcción, el desarrollo de la agricultura de tumba y quema, y el abuso de agroquímicos son prácticas que afectan de forma directa y brutal los bosques. Se estima que la cubierta forestal en la República Dominicana en los inicios del Siglo XX ocupaba 83% de la superficie; para 2005 ese porcentaje se redujo a 28.5%, de acuerdo con una evaluación realizada por la FAO sobre los recursos forestales mundiales.

Para contrarrestar esta situación han surgido diversas iniciativas tanto privadas como del sector público con el objetivo de preservar y/o conservar especies, ecosistemas y ambientes de importancia capital para la naturaleza dominicana tanto *in situ* como *ex situ*.

El trabajo de conservación de especies fuera de su área natural lo realiza especialmente el Jardín Botánico Nacional. Por años, desde esta institución se ha realizado una importante labor a tal punto que, el año pasado, se puso a circular la Lista Roja de la Flora Vascular en la República Dominicana como resultado de un minucioso proceso investigativo y hace pocas semanas fue inaugurado en las instalaciones de este Jardín un Banco de Semillas.

Uso de técnicas moleculares para certificar la producción agrícola.

Mapa de ecorregiones y mapa de regiones agrícolas de la República Dominicana



El MIMARENA, a través del Proyecto Quisqueya Verde, desde 1997 también realiza una labor de reforestación y rescate de especies florísticas. En casi 20 años se han sembrado millones de plantas en zonas degradadas o vulnerables, privilegiando el uso de especies nativas y endémicas, siendo este el primer plan gubernamental de reforestación masiva de alcance nacional.

En esta misma dependencia existe un Viceministerio de Áreas Protegidas y Biodiversidad; también hay la Ley Nacional para el Manejo de la Áreas Protegidas, preservándose 25% del territorio nacional bajo la figura de Áreas Protegidas. Existe, además, un Viceministerio de Recursos Forestales.

Entre otras instituciones, en el país existe la Cámara Forestal Dominicana y una importante cantidad de Instituciones sin Fines de Lucro trabajan para rescatar, proteger y/o conservar reductos de bosques o especies en zonas de alto endemismo, zonas de captación de agua, áreas protegidas y áreas degradadas con suelos de Clase VI, VII y VIII.

f. Potenciales impactos del cambio climático

La República Dominicana es uno de los diez Estados más vulnerables a los efectos del cambio climático. Los fenómenos extremos asociados al clima –como inundaciones y sequías– van en aumento y se calcula que su frecuencia y magnitud se incrementarán, y probablemente afecten a todas las regiones del país, en lo que respecta a la producción agrícola y pecuaria (Estrategia Nacional de Adaptación al CC, 2014-2020).

El ascenso del nivel del mar puede tener como consecuencia la intrusión de agua salada, a través de las desembocaduras de los ríos durante la pleamar, o afectar directamente las cuencas subterráneas, lo que puede impactar la calidad de agua en acuíferos que tienen una continuidad hidrológica con el mar, perjudicándose la calidad de agua para uso humano y la agricultura. La intrusión marina del agua subterránea constituye uno de los problemas más serios derivados del impacto del cambio climático.

Las reservas de aguas subterráneas del país estarían seriamente afectadas por su deterioro físico-químico y por la disminución del potencial hídrico debido al déficit de lluvia. Los escenarios hidrológicos más probables se caracterizarían por una merma significativa del potencial hídrico del país, tanto superficial como subterráneo, lo cual produciría también el deterioro de la calidad química y biológica del agua (Estrategia Nacional de Adaptación al CC, 2014-2020), lo que a su vez impactará la biodiversidad.

g. Construyendo resiliencia a eventos extremos

En la República Dominicana se han realizado importantes avances en favor de la adaptación a los impactos del cambio climático con la finalidad de propiciar ciudadanos y comunidades resilientes. Para tal fin han sido claramente definidas políticas públicas, leyes y normativas, así como también programas nacionales de educación para el cambio climático dirigidos a docentes y estudiantes con los que se ha impactado a miles de personas.

La propia Constitución Dominicana establece en su Artículo 194, como prioridad del Estado, la formulación y ejecución, mediante ley, de un plan de ordenamiento territorial que asegure el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales de la Nación, acorde con la necesidad de adaptación al cambio climático. En ese mismo sentido, la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 en su Eje 4, acorde con la visión de la Nación, "persigue lograr una sociedad con cultura de producción y consumo sostenibles, que gestiona con equidad y eficacia los riesgos y la protección del medio ambiente y los recursos naturales y promueve una adecuada adaptación al cambio climático."

Existe, además, una Comisión Nacional para la Adaptación al Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio encabezada por el presidente de la República, a través de la cual se han consecuentado importantes iniciativas a nivel local e internacional y se han conseguido socios estratégicos para la ejecución de proyectos y acciones en procura de fortalecer las capacidades nacionales para enfrentar los impactos derivados de esta alteración del clima. Es importante desatacar por su importancia el Plan Nacional de Gestión Integral del Riesgo de Desastres en la República Dominicana, basado en la Ley 147-02.

h. Perspectivas y panorama futuro

El futuro de los recursos naturales en la República Dominicana es bastante incierto, principalmente porque la sostenibilidad de los mismos depende

de una multiplicidad de factores e implica muchas variables. Una solución real dependerá del entendimiento claro y preciso del estado de situación de este activo ambiental y la importancia de lograr la sostenibilidad de los mismos, de la disponibilidad de inconmensurables recursos, de una férrea voluntad de Estado, del conocimiento de la problemática por parte de los sectores sociales y principalmente del abordaje integral de la problemática, entendiendo y atendiendo los diversos factores internos y externos de orden social, económico y ambiental.

Por lo que respecta a la agricultura en la República Dominicana, las proyecciones indican que habrá un aumento de la temperatura, una disminución de la precipitación total junto con una disminución en la duración del período de lluvia. Muchos modelos indican que habrá eventos extremos con lluvias más intensas durante la época lluviosa, además de sequías intensas (Estrategia Nacional de Adaptación al CC, 2014-2020).

En valles y planicies donde se concentra la gran parte del sector agrícola, la resiliencia será probada por varios eventos de cambio climático aumentando notablemente los caudales de los ríos, las inundaciones, alta temperatura, alta humedad relativa, más incidencia de plagas y enfermedades, intrusión salina, altas tasas de evaporación y mayor estrés en las plantas (cultivos) (Estrategia Nacional de Adaptación al CC, 2014-2020).

Es impostergable la estructuración y ejecución de un Plan de Ordenamiento Territorial que permita identificar los usos potenciales del suelo en función de las condiciones particulares del lugar. Serán precisos también, la identificación de las áreas más vulnerables, el establecimiento de sistemas de control de avenidas, el manejo integrado de las cuencas hidrográficas, la diversificación de los cultivos, favorecer el acceso a créditos y la implementación de Sistema de Alerta Temprana frente a inundaciones.

IV. Tecnología e innovación

El uso de biotecnologías para producir bienes y servicios incluyendo alimentos más abundantes o con características particulares interesantes pue-

Frutas y vegetales frescos en el mercado.

de hacer una gran contribución a la seguridad alimentaria y nutricional. El país cuenta con el Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI), institución oficial que lidera los esfuerzos en biotecnología, y tiene un fuerte énfasis en apoyar la agricultura y la agroindustria. Entre sus logros para apoyar la agroindustria se puede mencionar el uso de tecnologías enzimáticas para producir extractos, fermentaciones de interés industrial, bioprospección, cultivo de tejidos y caracterización molecular.

Algunas universidades, así como varias empresas privadas, han desarrollado protocolos propios para producción de plantas mediante cultivo *in vitro* de tejidos. Fruto de este auge se pueden mencionar casos de éxito con la introducción masiva de variedades de banano, piña, papa, fresas, entre otros cultivos. En el caso del banano, se manejaron variedades resistentes a sigatoka, lo que contribuyó a un incremento en la producción y, por consiguiente, reducción del precio al consumidor.

Desde el IIBI se han realizado caracterizaciones moleculares de frutas con interés para la exportación y con fines de garantizar calidad y denominación de origen. Entre ellas resaltan el mango banilejo y el aguacate criollo, productos de origen local que tienen nichos de mercado en el extranjero.

En el IDIAF y la UASD se desarrollan proyectos con microorganismos del suelo beneficiosos para las plantas. Se prevé la obtención de inóculos que logran incrementar el crecimiento y acortar el tiempo de espera para la primera cosecha en leguminosas a campo abierto y especies cultivadas en ambiente controlado. Esta línea de investigación sobre microbiología de suelos promete ser de suma importancia para lograr la eficiencia e incremento de la productividad en algunos cultivos consumidos por la población dominicana. Un beneficio importante es que mediante la misma se puede lograr un control biológico de patógenos del suelo, reduciendo de esta manera el uso de fungicidas y otros agroquímicos.

La biotecnología aplicada a la producción animal es un campo que no ha tenido amplio desarrollo en la República Dominicana. Se han hecho algunas investigaciones como la caracterización genética del ganado criollo lechero y, actualmente, en la UNEV se desarrolla un proyecto con novillos y otro con ovejas para seleccionar animales sobresalientes mediante pruebas moleculares que definan genes de importancia. Aún no se ha masificado el uso de selección de semen de toros o machos de otra especie basado en resultados de pruebas genómicas.

En cuanto a la acuicultura, los esfuerzos por su desarrollo en República Dominicana han sido liderados por el IDIAF y la Asociación Dominicana de Acuicultores (ADOA). Pero este sector no ha tenido suficiente apoyo estatal, y actualmente cuenta con pocos miembros que mantienen granjas de forma rentable y algunos esfuerzos cooperativistas recientes. La Estrategia para el Desarrollo de la Acuicultura (IDIAF, 2007) propuso los siguientes temas de importancia para fines de investigación:

- Mejoramiento genético de la tilapia del Nilo para fines de investigación
- Producción de alevines YY
- Diversificación de especies en cultivo (róbalo, pargo, crustáceos, trucha, peces ornamentales, entre otros)
- Diversificación de métodos de cultivo y aprovechamiento de cuerpos de agua (jaulas, corrales, "raceway", intensivo y policultivos).

a. Uso de organismos genéticamente modificados

Aunque el uso de cultivos transgénicos ha implicado ganancias importantes en países de la región, la incorporación de organismos vivos modificados ha sido muy lenta en la República Dominicana. En gran parte se debe a que no había una ley que permitiera el marco legal y definiera las medidas de bioseguridad para ese fin. Por otro lado, algunos sectores entienden que podían ser afectados si se aprobaba el uso de transgénicos en el país.

Luego de más de diez años de revisión, se aprueba en 2015 la Ley No. 219-15 sobre Seguridad de la Biotecnología. Esta tiene como ámbito todo lo relacionado con el uso seguro de organismos vivos genéticamente modificados. Este marco legal puede permitir que se inicien los procesos de análisis de riesgo para la introducción de semillas y cultivos de transgénicos. Es responsabilidad del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA) otorgar la debida aprobación. Sin embargo, ya en 2012 se reportaba en la prensa la firma de acuerdos entre empresas domi-

nicanas y extranjeras para la introducción al país de semillas transgénicas (Listín Diario, 2012).

En el país existe desde 2010 un laboratorio para identificación de transgénicos. Es una dependencia del IIBI, y el mismo fue fundado para dar certificación a exportadores que necesitaban una certificación de que sus productos son libres de transgénicos. De la misma manera, en este laboratorio puede ser detectada una importación no declarada de transgénicos.

La tardanza en aprobar la Ley de Bioseguridad limitó el desarrollo en ingeniería genética. Dicha ley es indispensable para la implementación de técnicas de manipulación de ADN como la CRISPR y la importación de semillas transgénicas que puedan ser favorables para la seguridad alimentaria en el país, sobre todo de plantas con genes de resistencia al estrés hídrico y tolerantes a la salinidad. En la República Dominicana se carece aún del entrenamiento y la infraestructura requeridos para el desarrollo de animales modificados genéticamente para ser más productivos, resistentes o con mayor valor nutricional.

Una de las maneras de asegurar que las personas ingieran los nutrientes requeridos según sus necesidades particulares es mediante la obtención y producción de rubros agrícolas con determinadas características nutricionales. Esto se logrará mediante la investigación en mejoramiento genético, con la obtención y/o identificación de productos biofortificados. Estos productos poseen algunos elementos nutritivos clave en mayores concentraciones que sus contrapartes no mejoradas. Como ejemplos se pueden citar el esfuerzo mundial que se ha hecho para la obtención de batatas con alto contenido de beta-carotenos, la obtención de variedades de arroz y frijoles con alto contenido de hierro y zinc, ya disponibles en el país. Esto permitirá reducir problemas como la anemia en poblaciones de niños o envejecientes. Algo similar debe ocurrir con la promoción del consumo de alimentos funcionales.

Las investigaciones biotecnológicas, y otras innovaciones tecnológicas, tendrían mayor impacto en la seguridad alimentaria del país si se concentraran en estos rubros agrícolas (**Cuadro 2**).

V. Incrementando la eficiencia de los sistemas alimenticios

a. Tecnología en la producción agrícola

Un diagnóstico del sector agroalimentario dominicano mostró que los obstáculos principales que han impedido el logro de los objetivos de las políticas públicas son:

1. Baja productividad, rentabilidad y competitividad.- Pese a que hay grupos de productores muy dinámicos, en general persisten rezagos en el sector agropecuario.
2. Sistema financiero rural.- Es uno de los problemas más evidentes, ya que para muchos productores el crédito formal es escaso o de muy alto costo.
3. Limitadas economías de escala en las funciones de producción.- Se relaciona con el tamaño reducido del mercado interno y también con la alta fragmentación de los predios agrícolas.
4. Baja incorporación de valor agregado nacional a la producción primaria.- Eso se debe fundamentalmente a la deficiencia de estructuras de procesamiento y de comercialización y a la falta de información sobre oportunidades de mercado.
5. Incidencia de fenómenos naturales tales como huracanes, tormentas, inundaciones y tornados. Estos han afectado históricamente la producción agroalimentaria e incidido en una baja en la producción.

Cuadro 2. Cultivos más importantes según consumo local en la República Dominicana

Arroz (*Oriza Sativa*)	Cacao (*Theobroma cacao*)	Pepino (*Cucumis sativus*)
Habichuela (*Phaseolas vulgaris*)	Batata (*Ipomoea batatas*)	Papa (*Solanum tuberosum*)
Plátano (*Musa paradisiaca*)	Berenjena (*Solanum melogena*)	Cebolla (*Allium cepa*)
Banano (*Musa paradisiaca*)	Ají (*Capsicum annuum*)	Ajo (*Allium sativum*)
Yuca (*Manihot esculenta*)	Tomate (*Solanum lycopersicum*)	

Para revertir el escenario anterior se han establecido las siguientes prioridades:

A. Mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos, con base en prácticas de agricultura sostenible y la protección de los ecosistemas forestales frágiles.
B. Incrementar la productividad y rentabilidad de los agricultores y agricultoras, para eliminar los retrasos que dificultan la inserción competitiva en los mercados.
C. Mejorar la equidad social rural y reducir la pobreza en que vive una parte significativa de la población rural, para lo cual se ha desarrollado un modelo que combina el logro de resultados económicos, sociales y medioambientales y que esté enfocado hacia grupos poblacionales específicos.

En algunos mercados se ofrece carne que no cumple las normas de inocuidad.

La disponibilidad en variedad de granos contribuye a una buena nutrición.

b. Incremento de la eficiencia de los sistemas alimenticios

Para incrementar la eficiencia de los sistemas alimenticios se plantean las siguientes acciones para el sector agropecuario y rural en la Republica Dominicana: a) fortalecimiento de la seguridad alimentaria nutricional y combate de la pobreza; b) fortalecimiento de la Red de Protección Social para los sectores más vulnerables; c) aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos; d) protección de los recursos naturales y el medio ambiente; e) apoyo al desarrollo de capital humano y gestión empresarial, y f) desarrollo rural comunitario.

Para lograr la seguridad alimentaria y nutricional en el país es necesario aumentar la inversión en los activos de los agricultores, como una estrategia exitosa para combatir la pobreza. La eficiencia de estas inversiones depende de un conjunto de condiciones que incluyen: la coordinación entre las políticas macroeconómicas, sectoriales y de desarrollo rural; el establecimiento de un criterio regional de desarrollo rural descentralizado y participativo; y el fortalecimiento de las instituciones de apoyo a actividades generadoras de ingresos en el medio rural.

Los componentes básicos interrelacionados, divididos en acciones de corto, mediano y largo plazos, son los siguientes:

1. Reconversión productiva y diversificación. La República Dominicana debe aprovechar las ventajas comparativas que tiene en los cultivos tradicionales de exportación (café, cacao, azúcar y plátano), así como en cultivos no tradicionales, tales como mango, aguacate, vegetales orientales, piña, banano y tomate.
2. Apoyo al desarrollo de servicios rurales de micro-financiamiento. El acceso a los servicios financieros en las zonas rurales es aún limitado. Con este componente se busca incrementar la oferta de financiamiento rural para los productores, contribuir a reducir los costos de transacción y fortalecer las organizaciones comunitarias y otras propias de los productores para fomentar la "intermediación financiera" en el medio rural.

3. Fortalecimiento de las capacidades técnicas de los pequeños y medianos productores y desarrollo de cadenas de valor. El propósito es contribuir a crear capacidades técnicas y una estructura de organización, a través de la educación, el acceso a tecnologías y la formación de cadenas de valor, para que los productores puedan intensificar y diversificar la producción satisfaciendo los parámetros de calidad, inocuidad y precios del mercado, lo que llevará a garantizar la seguridad alimentaria nutricional de la población. La integración eficiente de las cadenas de valor es de gran importancia para competir exitosamente en los mercados tanto nacionales como internacionales.
4. Promoción de los mercados rurales, periurbanos y las plazas agropecuarias. El objetivo sería establecer un mecanismo de inteligencia de mercados (nichos de mercado, requerimientos de acceso, empaques, entre otros), que ofrezca información comercial útil para reorientar los patrones de producción y comercialización, y poner a disposición de los productores asistencia para organizar sistemas novedosos de comercialización de manera directa, procesamiento y empaque.
5. Fortalecimiento de la organización social. Actividades de fortalecimiento de las capacidades de las comunidades en su organización y participación, incluyendo la realización de diagnósticos y planes participativos. Para ello se pone énfasis en la capacitación y en la asistencia para preparar planes de manejo e inversión en finca y en las comunidades.
6. Fortalecimiento de las municipalidades rurales mediante inversión en infraestructura productiva y social. Fortalecer las municipalidades rurales, incluyendo actividades de capacitación y financiamiento de proyectos comunitarios y de alcance municipal, como medio para potenciar el desarrollo comunitario. Estos últimos comprenderán infraestructura básica (ej. caminos vecinales, canales de riego y centros de acopio) y otros servicios.
7. Desarrollo rural comunitario. Esta iniciativa está en conformidad con los compromisos que el Gobierno de la Republica Dominicana ha asumido para responder a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y forma parte de la Estrategia Nacional de Desarrollo. Los apoyos se enfocarían, primordialmente, hacia aquellas zonas que presentan los mayores niveles de pobreza e inseguridad alimentaria. En esta situación, en particular, se encuentra la región suroeste y algunas comunidades fronterizas de la región noroeste.
8. Innovación tecnológica. El nivel tecnológico agregado de la producción agropecuaria dominicana es bajo con excepción de los subsectores de producción avícola, algunas frutas y hortalizas, café de especialidad, banano orgánico y el adoptado por algunos productores individuales.

Actualmente coexisten dos subsectores diferentes: uno moderno o en vías de modernización, con estructura empresarial y orientación a los mercados, cuya tecnología es relativamente avanzada, y otro de pequeña escala y limitada capacidad de gestión empresarial, que tiende a concentrarse en ambientes frágiles y suelos de baja fertilidad. Se busca fortalecer las instituciones nacionales (públicas y privadas) de generación y transferencia de tecnologías agropecuarias, con el fin de promover la eficiencia productiva, la competitividad y la sostenibilidad ambiental, como requisitos para garantizar la seguridad alimentaria nutricional en la República Dominicana.

VI. Consideraciones de salud

a. Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define las enfermedades trasmitidas por alimentos (ETA) como aquellas que resultan de la ingestión de alimentos que presentan agentes etiológicos en cantidades significativas que pueden afectar la salud del consumidor. El síntoma más común que estas manifiestan es la diarrea o alguna otra sintomatología gastrointestinal.

De acuerdo con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la República Dominicana (MISPAS), en el periodo 1995-2002 se notificaron 267 brotes de las enfermedades transmitidas por

Variedad de arroz IDIAF-3 seleccionada por investigadores locales.

alimentos, de los cuales solo 55% fue investigado y el alimento más involucrado fue el pescado con 61% del total (MISPAS, 2003).

El Informe General de Salud 2014 de la Dirección General de Epidemiología (MISPAS, 2014) indica que hubo en 2013 un total de 471,383 consultas médicas externas (8.03% del total) debidas a diarreas y gastroenteritis de presunto origen infeccioso. Según estimados internacionales, la causa principal de los problemas diarreicos o gastroenterológicos se deben al consumo de alimentos no inocuos o a agua contaminada (Peralta, 2011). En República Dominicana solo 84.4% de la población tiene acceso a fuentes mejoradas de agua potable, según el Informe General de Salud 2014. En el mismo informe, se reporta la muerte de 57 niños de entre 1 y 4 años por enfermedad diarreica aguda, para una tasa de 3.1%.

De acuerdo con lo planteado por Peralta Girón (2011), durante el periodo 2004-2010 en la República Dominicana fueron reportados 103,102 casos de ETA y 164 brotes (proporción de 153/100,000 habitantes). De estos brotes, 21% requirió hospitalización. Se reportaron, además, 3'010,915 casos de Enfermedad Diarreica Aguda (EDA). La OMS estima que 100% de la población dominicana ha padecido, a lo largo de su vida, al menos un caso de ETA. Los principales alimentos implicados fueron los pescados y mariscos (34%), el agua (18%), productos lácteos (15%), carnes y aves (9%). Asimismo, los agentes infecciosos aislados fueron en orden de importancia: *E. Coli, Staphylococcus aureus, Entoameba histolistica, Salmonella spp. Shiguella, virus de la hepatitis A* y *Norovirus*.

Por la ubicación geográfica de la isla, es importante destacar desde el punto de vista de la

inocuidad alimentaria la ciguatoxina, que se transmite por consumo de pescado en ciertos meses del año, en los cuales estos se alimentan de las microalgas que la producen. Los pescados y mariscos fueron responsables de 34% de los casos de ETA en el período 2004-2010 (Peralta, 2011).

En los últimos años, el cólera se ha convertido en una amenaza a la salud de la población de la isla, principalmente en Haití, donde llegó por medio de tropas nepaleses de la ONU. Desde Haití se extendió a la República Dominicana, presuntamente por la constante migración de nacionales haitianos hacia este país. En 2013 se registraron 1954 casos de cólera ocurridos en el país, para una tasa de 20 casos/100,000 habitantes, siendo La Altagracia, una de las principales zonas turísticas del país, la provincia más afectada con una tasa de 317 casos/100,000 habitantes (MISPAS, 2014).

Las ETA representan no solamente un problema de salud pública, sino que afecta asimismo al turismo, principal fuente de divisas de la República Dominicana. Domenech-Sánchez *et al*. (2009) reportan resultados de investigación de un brote de Norovirus en dos hoteles de la República Dominicana. Jiménez *et al*. (2011) reportan sobre un brote internacional de cólera adquirido en una boda en República Dominicana, resultando infectadas personas de cuatro países diferentes. Blume *et al*. reportan casos de ciguatera en turistas alemanes en 1983 (Blume *et al*., 1983).

b. Sobreconsumo de alimentos

La sociedad postmoderna se ha caracterizado por un incremento en los índices de sobrepeso y obesidad, como consecuencia de un desequilibrio entre la ingesta calórica y el gasto energético, debido fundamentalmente a estilos de vida más sedentarios y a cambios en los patrones de alimentación. República Dominicana no escapa a esta realidad. La obesidad es un factor de riesgo relacionado con las enfermedades crónicas no transmisibles, y en muchos casos es el detonante de muchas comorbilidades secundarias que afecta a todos los países latinoamericanos. Para referirnos al consumo excesivo de alimentos en la República Dominicana se utilizará como indicador el Índice de Masa Corporal (IMC).

Los datos sobre los índices de sobrepeso y obesidad en la República Dominicana varían según las fuentes consultadas. Así, un informe presentado por la firma Deloitte publicado en la prensa nacional, reporta que en el país la obesidad se incrementó de 6% en 1980 a 22% en 2014 (Diario Libre, 2016), situándose en el lugar 11 entre 21 países americanos. Mientras, el Segundo Consenso Latinoamericano de Obesidad (Gómez *et al*., 2014) reporta que en República Dominicana 27.1% de las personas son obesas y 37.5% presenta sobrepeso, para un total de 64.6% de la población dominicana con peso alto. El Perfil Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la FAO (2015), citando a la OMS, sitúa la obesidad en la población mayor de 18 años en 23.9%, segmentando esos datos en 18.2% de los hombres y 29.5% de las mujeres. Según la misma fuente, 7.6% de los niños menores de 5 años presenta sobrepeso.

Esta situación es el resultado del aumento significativo en la ingesta calórica que ha tenido la población dominicana desde 2,118 kcal/día/persona para 1900 a las 2,620 kcal/día/persona que se está consumiendo en la actualidad. Otra posible causa del aumento de los índices de sobrepeso y obesidad se podría tener en el aumento de personas que consumen alimentos fuera del hogar, sobre todo en las grandes ciudades, por motivos laborales y también recreacionales, unido esto a la proliferación, en los últimos 20 años, de restaurantes de comida rápida alta en calorías y la mayor accesibilidad, en precio, de los mismos. A esto se agrega que la alimentación dominicana es deficiente en frutas y verduras (12% de las calorías consumidas), y muy rica en azúcares (13% de las calorías consumidas) (FAO, 2015).

La República Dominicana se proyecta, según el Segundo Consenso Latinoamericano de Obesidad, como uno de los países con mayor índice de obesidad del mundo para el año 2020 (Gómez *et al*., 2014). Asimismo, la diabetes y la hipertensión arterial, dos enfermedades que han sido relacionadas con los hábitos alimenticios, y que tienen como factor de riesgo la obesidad, tienen una alta prevalencia en la República Dominicana. De acuerdo con el Informe 2014 de la Dirección General de Epidemiología (MISPAS, 2014), la diabetes afecta a 10.4% de los hombres y a 9.9% de las mujeres en el país. La hipertensión arterial afecta a 34.4% de la población adulta de la República Dominicana.

El apoyo a pequeños productores agrícolas puede tener un impacto favorable en la seguridad alimentaria.

En el país persisten altos niveles de desigualdad. Es por esto que, a pesar de los problemas derivados del sobreconsumo de alimentos, persiste la desnutrición. Según datos de la OMS citados por la FAO (2015), la desnutrición en niños menores de 5 años era de 4%, subdividiéndose en 7.1% de niños menores de 5 años con desnutrición crónica y 2.4% con desnutrición aguda. Sin embargo, la Dirección General de Epidemiología reportó que, para el mismo año, 9.8% de los niños menores de 5 años presentan desnutrición crónica. Asimismo, 8.1% de los niños nacen con bajo peso corporal (MISPAS, 2014). Según la FAO (2015), la incidencia de deficiencias de micronutrientes es la siguiente: 34.6% anemia, 86% deficiencia de yodo y 13.7% presenta deficiencia de Vitamina A.

Por lo anteriormente expuesto, la República Dominicana requiere enfrentar el problema de seguridad alimentaria al tiempo que desarrolle políticas de educación nutricional que ayude a prevenir problemas de obesidad y otras enfermedades como diabetes e hipertensión arterial.

c. Cambios esperados en los patrones de consumo de alimentos y sus implicaciones

En la alimentación tradicional dominicana el almuerzo es la comida principal y consiste en arroz, habichuelas, carne (si se puede) y una ensalada que consta, en la mayoría de los casos, de lechuga o repollo con tomate y pepinos. El desayuno y la cena se componían generalmente de "víveres" (plátanos, yuca y otras raíces y/o tubérculos) con huevo, salami o queso. El pan ha sustituido, en muchos casos, los llamados víveres. Muchos de estos alimentos se consumen fritos.

Sin embargo, en los últimos años se pueden percibir cambios en los hábitos de consumo de alimentos en los dominicanos, sobre todo de los

El cacao orgánico es uno de los productos exportables de alta calidad.

El consumo local y la exportación de mango tienen gran importancia.

Cultivo *in vitro* de banano libre de hongos.

Los hábitos alimenticios locales no incluyen el consumo de pescado.

estratos socioeconómicos medios y altos. Estos cambios en los hábitos de consumo vienen dados por el interés de muchos de llevar una vida más sana y controlar el peso corporal. Sin embargo, no son guiados necesariamente por asesoría nutricional especializada, sino por diversas fuentes de dudosa validez científica.

La globalización ha traído como consecuencia la internacionalización de patrones culturales y económicos, que influyen, a su vez, en los patrones alimenticios de las personas. El cambio en los horarios laborales trae como resultado que muchas personas, sobre todo en Santo Domingo, se vean obligadas a almorzar fuera de su casa, ya sea en comedores de las empresas donde trabajan, o en restaurantes cercanos.

Un tipo de restaurantes que ha tenido una gran expansión en los últimos 25 años son los denominados de comida rápida. En la República Dominicana se establece la primera franquicia de comida rápida en 1992. A 2015, ya existían 41 sucursales de hamburgueserías en las mayores ciudades y puntos turísticos del país (Listín Diario, 2015). Es notoria también la expansión de las pizzerías, puestos de venta de hot dogs, empanadas fritas y de carnes y derivados fritos. La comida rápida se puede considerar una parte importante del patrón de consumo de los niños y jóvenes dominicanos (Listín Diario, 2015).

En República Dominicana el Banco Central llevó a cabo la Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares en 2007. En la misma se obtuvo el total absoluto y la distribución porcentual del gasto de los hogares en alimentos y bebidas no alcohólicos. Menchú *et al*. (2013) analizan la composición de la dieta dominicana partiendo de los datos de dicha encuesta, realizada consultando, en una semana específica, los alimentos adquiridos por los dominicanos.

De acuerdo con esta encuesta, los alimentos más consumidos fueron: aves, huevos, pan de trigo, bananas y plátanos, comidas preparadas y jugos naturales procesados. En algunas regiones se agregan la cebolla, los condimentos, sopas deshidratadas y salsas y aderezos. A estos le seguirían: leche, embutidos, arroz, azúcares, aceite vegetal, papas y raíces, cebolla, ají, bocadillos salados, bebidas gaseosas, sopas deshidratadas y salsas o aderezos. En algunas regiones café, té y chocolate.

Como se ha podido ver, los patrones alimentarios van cambiando y esto se manifiesta en la adición o eliminación de ciertos alimentos de la canasta alimentaria, la disponibilidad de lugares de expendio de comidas rápidas. Es importante destacar que el poder adquisitivo y la disponibilidad de tiempo son las primeras causas que provocan que las familias opten por comprar productos terminados listos para su consumo.

d. Entendiendo e incentivando cambios de conducta y emergencia de la nutrición personalizada

A pesar de contar, desde 2016, con una Ley de Seguridad y Soberanía Alimentaria y Nutricional, quedan muchas tareas pendientes, y una de ellas es estudiar a fondo la calidad nutricional de la alimentación de los dominicanos. Sobre la base de estas investigaciones se podrán entender e incentivar cambios en los patrones de consumo de alimentos, que verdaderamente respondan a criterios científicos.

La República Dominicana debe tomar las precauciones necesarias para combatir el creciente problema de sobrepeso y obesidad, además de la diabetes y la hipertensión arterial. En el otro extremo, se debe combatir la persistencia de los altos índices de desnutrición infantil, anemia, deficiencias de yodo y de vitamina A.

VII. Políticas para la Seguridad Alimentaria y Nutricional

El Gobierno Dominicano definió como los objetivos específicos más relevantes de su política en Seguridad Alimentaria y Nutricional los siguientes: incrementar la disponibilidad de alimentos; facilitar el acceso físico y económico a los mismos; lograr el consumo recomendado de alimentos, en cantidad y calidad; y fortalecer las acciones preventivas y curativas, que contribuyan al aprovechamiento biológico de los alimentos, entre otros.

Las políticas de seguridad alimentaria nutricional priorizan, además, el desarrollo de los recursos humanos y resaltan la necesidad de reforzar la educación en nutrición y seguridad alimentaria

en la educación básica y de fortalecer las capacidades del personal docente, que contribuyen a la educación integral de niños, niñas y adolescentes. La población objetivo de las actividades en Seguridad Alimentaria y Nutricional incluye los grupos siguientes: niños y niñas menores de cinco años y en edad escolar; mujeres jefas de hogar; mujeres embarazadas; madres lactantes; jóvenes; adultos mayores; y otros segmentos que representan familias en situación de pobreza extrema en zonas económica, social y ambientalmente vulnerables.

a. Marco legal

El país tiene un marco legal que toca el tema de seguridad alimentaria y nutricional a diversos niveles. Esto incluye lo siguiente:

a. La Constitución de la República: Modificada en 2010, reconoce el derecho de toda persona a tener acceso a bienes y servicios de calidad (Artículo 53). En el Artículo 54 se hace referencia directa a la seguridad alimentaria. Asimismo, el Artículo 61 sobre derecho a la salud indica que el Estado debe velar por el acceso al agua potable y el mejoramiento de la alimentación entre otros aspectos.
b. Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria (No. 589-16): La misma tiene por objetivo establecer el marco institucional para la elaboración y desarrollo de las políticas sobre soberanía y seguridad alimentaria y nutricional como garantía para preservar el derecho a la alimentación (Art. 1).

   El Artículo 6 define el derecho a una alimentación adecuada de todas las personas, el cual implica poder alimentarse por sus propios medios, capacidad financiera, protección contra el riesgo de perder acceso a alimentos, oportunidad de consumir alimentos sanos y nutritivos y disponer de información adecuada. En la actualidad, está pendiente la elaboración del Reglamento de la Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria.
c. Estrategia Nacional de Desarrollo: Mediante la Ley No. 1-12, promulgada el 25 de enero del 2012, se aprobó la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) con una vigencia hasta 2030. En ella se define una visión de país y se articula con la formulación de planes plurianuales de cada gestión de gobierno y planes institucionales, sectoriales y territoriales, y los presupuestos nacionales y municipales.

   La END plantea cuatro ejes estratégicos. Entre los objetivos del tercer eje se destacan dos que tienen relación directa con la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional. Estos son el Objetivo 3.4 que se plantea empleos suficientes y dignos, y el Objetivo 3.5 que se propone alcanzar una estructura productiva sectorial y territorialmente articulada, integrada competitivamente a la economía global y que aprovecha las oportunidades del mercado local.
d. Plan Estratégico Sectorial de Desarrollo Agropecuario 2010-2020 del MA: Este Plan Estratégico establece líneas políticas, a través de ejes estratégicos con sus respectivos objetivos y metas, previo a lo cual hace un análisis del sector. En general, en el plan predomina el enfoque neoliberal y el impulso a la producción empresarial principalmente orientada a la exportación de bienes, pero contiene poco sobre una visión de seguridad alimentaria y nutricional.

b. Políticas macroeconómicas relativas a alimentos

Las políticas macroeconómicas permiten una amplia importación y mantienen un déficit constante y creciente en la relación entre importaciones y exportaciones. En 2015 el déficit fue de 6,985 millones de euros, lo que representa 11.38% del PIB. Esto atenta contra la seguridad alimentaria y nutricional.

Para obtener las divisas que sustenten el modelo importador, se ha tenido que descansar en un creciente endeudamiento externo. En 2015, la deuda externa alcanzó un monto de 21,159 millones de euros, 34.94% del PIB y 2,118 euros per cápita. Esta tendencia mantendría en un futuro incierto la estabilidad y la disponibilidad de alimentos para la población.

c. Política de financiamiento

El financiamiento del sector agropecuario descansa principalmente en el financiamiento público a través del Banco Agrícola y el Fondo Económico para el Desarrollo Agropecuario (FEDA). El Plan

Estratégico apuesta por fortalecer estas entidades y fortalecer el seguro agropecuario, todo desde una óptica estatal. Es necesario desarrollar políticas que, al tiempo de aumentar el financiamiento público de la producción agropecuaria, obliguen a la banca comercial privada a transformar su cartera de créditos, facilitando los préstamos tendentes a financiar la producción y no solo el consumo.

Un elemento considerado positivo y a la vez distorsionador de la política pública es la modalidad de las llamadas "visitas sorpresa", por medio de las cuales el presidente visita comunidades y asigna recursos de manera directa de acuerdo con las demandas que se le presenten. Esta práctica va en detrimento de las instituciones correspondientes, ya que se asignan recursos directamente a grupos de productores agropecuarios, sin la debida planificación previa, análisis de la realidad ni el seguimiento técnico y empresarial, por lo que están destinadas a no producir ningún efecto productivo de largo plazo.

d. Política de reforma agraria

El Plan Estratégico elaborado por el MA en 2010 plantea una política de reforma agraria que incluye fortalecer los mecanismos de aplicación de la reforma agraria, la visión de desarrollo territorial rural para el desarrollo del sector reformado, la captación de tierras a través de la recuperación de tierras estatales, la aplicación de la ley de cuota parte, la compra de terrenos y el saneamiento de los asentamientos actuales, así como el fortalecimiento de los grupos asociados y cooperativismo.

Según el Registro Nacional de Productores Agropecuarios (actualizado en 2003), la superficie agropecuaria del país era de 1.9 millones de ha. La propiedad de la tierra presenta una alta concentración con 34.6% de propietarios con fincas de más de 100 ha, cerca de 49% de propietarios de unidades con superficie entre 5 y 100 ha y apenas 17.4% de los propietarios con fincas menores de 5 ha. Una parte de la tierra productiva está siendo dedicada a otros usos no agropecuarios como el crecimiento urbano, infraestructura turística, minería, aeropuertos y otras infraestructuras. Si no se aplican políticas más agresivas para conservar y recuperar tierras productivas, la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional será una quimera.

La producción de cítricos se ha desestabilizado a nivel nacional debido a una enfermedad.

e. Política de investigaciones y transferencia tecnológica

En el Plan Estratégico del Sector (2010-2020) se formula que se propone impulsar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación para mejorar los procesos de producción, procesamiento y comercialización de los productos agropecuarios, a través de nuevas prácticas que permitan a los productores aumentar la producción y productividad, así como insertarse en los mercados nacionales e internacionales. También se propone introducir nuevas variedades agrícolas y animales, y nuevas técnicas de extensión y de divulgación de las investigaciones.

f. Políticas de Seguridad Alimentaria y Nutricional

Los instrumentos legales que expresan las políticas de Seguridad Alimentaria y Nutricional se han mencionado previamente en la sección de Marco Legal. En resumen, estas políticas dependen de voluntad política enfocada en tres aspectos: 1) Asignación de recursos a través del presupuesto y el aumento del financiamiento privado, 2) Fortalecimiento de las instituciones del sector y transformación de algunas de ellas, y 3) Enfoque al desarrollo de Empresas Rurales Asociativas.

Bibliografía

Asociación Dominicana de la Industria Eléctrica (ADIE). Disponible en https://goo.gl/6ek4DC

Banco Central de la Republica Dominicana (2011). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2010. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2010-12.pdf

Banco Central de la Republica Dominicana (2012). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2011. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2011-12.pdf

Banco Central de la Republica Dominicana (2013). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2012. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2012-12.pdf

Banco Central de la Republica Dominicana (2014). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2013. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2013-12.pdf

Banco Central de la Republica Dominicana (2015). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2014. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2014-12.pdf

Banco Central de la Republica Dominicana (2016). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2015. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2015-12.pdf

Banco Central de la Republica Dominicana (2016). Informe de la Economía Dominicana Enero-Diciembre 2016. Recuperado de http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/infeco/infeco2011-9.pdf

Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2012). Programa de Investigación y Desarrollo Agropecuario (DR-L1054). Perfil de documento de préstamo. Santo Domingo, DO. 18p.

Banco Mundial, World Development Indicators (2016). Documento en línea. Disponible en https://goo.gl/Wt3D1J Fecha de acceso: 4 de noviembre de 2016.

Blume, C.; M. Rapp, J. Rath, H. Köller, G. Arendt, D. Bach, B. Grabensee (1999). Ciguatera poisoning. Growing differential diagnostic significance in the age of foreign tourism. En: *Medizinische Klinik*, Vol. 94 (1), enero 15 de 1999, pp. 45-49.

Caribbean Community Climate Change Centre; Ministerio de Agricultura, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio; Fundación Plenitud (2014). Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la República Dominicana, 2014-2020. Recuperado en http://www.agricultura.gob.do/media/107758/NASAP%20%20Rev%201%20ESP%2027-11-14.pdf

CDEE; EGEHID; ETD (2016). Informe de Desempeño del Sector Eléctrico. Recuperado de http://cdeee.gob.do/transparencia/?wpfb_dl=609

CEPAL, FAO, IICA (2014). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. Recuperado de https://goo.gl/TxuPCJ

Clay, E. (2002). Food Security: Concepts and Measurement, Paper for FAO Expert Consultation on Trade and Food Security: Conceptualising the Linkages Rome, 11-12 July 2002. Published as Chapter 2 of *Trade Reforms and Food Security: conceptualising the linkages*. Rome: FAO, 2003.

Congreso Nacional, Ley No. 589-16 (2016). Ley que crea el Sistema Nacional para la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de República Dominicana. En trámite de publicación en *Gaceta Oficial de la República Dominicana*.

Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio –CNCCMDL (2017). https://goo.gl/NjeMsQ

Constitución de la República Dominicana, proclamada el 26 de enero. Publicada en la *Gaceta Oficial* No. 10561, del 26 de enero de 2010. Recuperada de https://goo.gl/X1sLKP

Cooperación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) (2015). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Modernización Red de Distribución y Reducción de Pérdidas Eléctricas Banco Mundial. Recuperado de: https://goo.gl/4zkYZV

Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales. Disponible en https://goo.gl/Caoazj

Diario Libre (23 de mayo de 2016). República Dominicana aumentó su población obesa de 6% a 22% en 34 años. Recuperado el 18 de enero de 2017 en https://goo.gl/FDnUPF

Domenech-Sánchez, J., A. Rullán, J. Pérez, C. Berrocal (2009). Gastroenteritis Outbreaks in 2 Tourists Resorts, Dominican Republic. En *Emerging Infectious Diseases* (www.cdc.gov/eid) Vol. 15 No. 11, November 2009.

Del Rosario, P., J. Morrobel, A. Escarramán (2014). *La territorialidad dominicana: de la dicotomía a la gradación rural-urbana.* Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-IDIAF. Santo Domingo, DO. 163p.

El Caribe (12 julio 2016). Gobierno anuncia medidas sobre etiquetado: "Ante todo protegeremos la salud del pueblo". Recuperado de: http://www.elcaribe.com.do/2016/07/12/gobierno-establece-plazos-para-etiquetado-espanol-alimentos#sthash.zQRAPlWk.dpuf

FAO (2015). Perfil Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional República Dominicana, recuperado el 19 de enero de 2016 en: https://goo.gl/pi8MNG

FAO (2015). Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe: La región alcanza las metas internacionales del hambre. Recuperado de http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf

FAO (2016). FAO felicita a legisladores por aprobación ley SAN. Publicación en página web de la FAO el 13 de junio de 2016. Recuperado el 17 de enero de 2016 de: http://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/418433/

FAO (2017). Bases de datos estadísticos en línea sobre indicadores por país (FAOSTAT; http://www.fao.org/faostat/es/#country Acceso en línea el 19 de enero de 2017.

FAO, AQUESTAT (2017). Disponible en https://goo.gl/GV8gvY

FAO, Ministerio de Agricultura de la República Dominicana, ONE, Unión Europea (2011). Precenso Nacional Agropecuario 2015: Informe de resultados. Recuperado de: http://www.one.gov.do/Categoria/Publicaciones/1552

FUNGLODE (2011). Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente. Recuperado de https://goo.gl/J3SF9P

Gómez-Cuevas, R. (2014). Segundo Consenso Latinoamericano de Obesidad. Recuperado el 18 de enero de 2017 en: http://www.seme.org/docs/Resumen-II-Consenso-Latinoamericano-Obesidad.pdf

Heidhues, F., A. Atsain, H. Nyangito, M. Padilla, G. Ghersi y J. Le Vallée (2004). Development Strategies and Food and Nutrition Security in Africa: An Assessment. 2020 Discussion Paper No. 38.

IDIAF (2007). Plan Estratégico para el Desarrollo de la Acuicultura en la República Dominicana. Disponible online en la dirección: http://www.idiaf.gov.do/publicaciones/Publications/estrategiaacuiculturard/HTML/index.html#/49/zoomed

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, INDRHI. Datos estadísticos. Disponible en de http://www.indrhi.gob.do/index.php/cultura-agua

Jardín Botánico Nacional. Disponible en http://www.jbn.gob.do/

Jardín Botánico Nacional; Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). *Lista Roja de la Flora Vascular en República Dominicana.* Santo Domingo, República Dominicana, Amigo del Hogar. 763 pp.

Jiménez, M; A. Apostolou, A. Palmera, L. Meyer, S. Hiciano, A. Newton, O. Morgan, C. Then, R. Pimentel (2011). Multinational Chlolera Outbreak after Wedding in the Dominican Republic. En *Emerging Infectious Diseases* (www.cdc.gov/eid) Vol. 17 No. 11, November 2011.

Junta Agroempresarial Dominicana (JAD) (2009). Estrategias para el Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial Sostenible de la República Dominicana 2010-2030, Tomo I: Fortalezas, Desafíos y Oportunidades. Recuperado de http://jad.org.do/wp-content/uploads/2015/09/Estrategia-para-el-Desarrollo-del-Sector-Agropecuario-2010-2030.pdf

Ley 1-12. Estrategia Nacional de Desarrollo 2030. Recuperado en https://goo.gl/eZz7eB

Ley de Incentivo a Energías Renovables y Regímenes Especiales (Ley No. 57-07) (2007). Recuperado en http://retecsa.net/ley_57-07.pdf

Listín Diario (enero 8, 2012). Transgénicos en la mira. Recuperado el 21 de febrero de 2017 de: https://goo.gl/8hgrH4

Listín Diario (febrero 17, 2015). Las franquicias de comida rápida. Recuperado el 17 de enero de 2017 de: www.eldinero.com.do/9310/las-franquicias-de-comida-rapida/

Menchú, M., Méndez, H., Dary, O. (2013). La Calidad de la Dieta en República Dominicana Aproximada con los Datos de la ENIGH 2007. Publicación de la USAID del 21 de marzo de 2007. Recuperado de: https://goo.gl/mUETDi

Ministerio de Agricultura de la República Dominicana. Base Estadística. Consultado en enero de 2017. Disponible en https://goo.gl/Tc426Z

Ministerio de Industria y Comercio (MIC) (2016). Informe de Importaciones de Productos Alimenticios Julio 2016. Recuperado el 17 de enero de 2017 de: http://www.onec.org.do/wp-content/uploads/2016/09/Informe-importaciones-julio2016.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; GEF; PNUMA, Cobi. ORG. (2012). Especies Exóticas Invasoras una Amenaza a la Biodiversidad. Recuperado en http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Especies-Exoticas-Invasoras.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000). Ley sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00), publicación oficial, Santo Domingo República Dominicana.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2011). Lista de Especies en Peligro de Extinción Amenazadas o Protegidas de la República Dominicana (Lista Roja).

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA, DO) (2014). *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad en la República Dominicana*. MIMARENA, Santo Domingo, DO. 80pp.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MISPAS (2003). Dirección General de Epidemiología (DIGEPI). Análisis de la Situación de Salud de la República Dominicana 2003. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: http://www.arssenasa.gov.do/index/documentos/Analisis_Situacion_Salud_2003.pdf

Ministerio de Salud Pública (MISPAS) (2014). Indicadores Básicos de Salud. Recuperado el 18 de enero de 2017 en: http://digepisalud.gob.do/documentos/

Morillo Pérez, A. (2014). *El mapa de la pobreza en la República Dominicana 2014*. Informe general. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo-MEPYD. Santo Domingo, DO. 402pp.

Nin Pratt, A. (2016). *Comparing apples to apples. A new indicator for research and development investment intensity in agriculture.* International Food Policy Research Institute (IFPRI). Environment and Technology Production Division. 44p.

Objetivos del Milenio (2016). Seguridad alimentaria y agricultura familiar en República Dominicana. Periódico Diario Libre. Consultado el 28 de diciembre de 2016. Disponible en: https://goo.gl/fohoQC

Observatorio Político Dominicano (2014). ¿Qué pasa con el agua? Recuperado de http://www.opd.org.do/index.php/analisis-politicas-publicas/infraestructura-y-habitat-humano-analisis-politicas-publicas/1688-ique-pasa-con-el-agua

Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) (2014). Boletín: *La población dominicana en el Siglo XXI. Un panorama basado en los datos de las Proyecciones Nacionales de Población 2014*. Oficina Nacional de Estadísticas-ONE. Santo Domingo, DO. 16pp.

Oficina Nacional de Estadística (ONE) (2017). Base Estadística de la Oficina Nacional de Estadísticas de la República Dominicana. Consultado en enero de 2017. Disponible en http://www.one.gov.do/Estadisticas/4/agropecuarias

Oficina Nacional de Estadística (ONE) (2015). Pre-censo Nacional Agropecuario 2015. Consultado el 28 de diciembre de 2016. Disponible en: http://www.one.gob.do/Estadisticas/4/agropecuarias

OMS (2017). Enfermedades de Transmisión Alimentaria. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: https://goo.gl/5FfWM9

Peralta Girón, R. (2011). *Enfermedades Transmitidas por los Alimentos en República Dominicana.* Tesis de Maestría presentada en la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), San José, Costa Rica. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: http://uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMIA66.pdf

Periódico Hoy Digital. Disponibilidad de agua dulce bajará en 85% al 2,100. Disponible en http://hoy.com.do/disponibilidad-de-agua-dulce-bajara-en-85-al-2100/

Pingali, P., L. Alinovi y J. Sutton (2005). Food Security in complex emergencies: enhancing food system resilience. *Disasters*, Vol. 29, Junio de 2005.

PNUD. PNUD en República Dominicana. Recuperado de: https://goo.gl/u2txNe

Reynoso, Gilberto (2015). *Contraste de la disponibilidad de agua por provincia (Situación actual y retos futuros).* Santo Domingo, República Dominicana, Amigo del Hogar. 108 pp.

SODIAF (2016). *Situación actual de los investigadores agropecuarios y forestales de República Dominicana. Informe técnico.* Santo Domingo, Sociedad Dominicana de Investigaciones Agropecuarias y Forestales.

Stads, G., N. Beintema, S. Pérez, K. Flaherty, C. Falconi (2016). *Agricultural research in Latin America and the Caribbean. A cross-country analysis of institutions, investments, and capacities.* Washington, International Development Bank and International Food Policy Research Institute. 44 pp.

World Food Summit (1996). *Rome Declaration on World Food Security.*

Uruguay, productor de alimentos para el mundo: Hacia una producción sustentable en una perspectiva de seguridad alimentaria y nutricional

Joven técnica agropecuaria trabajando en una estación experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.

Foto: Zulma Saadoun

Uruguay

[1] María Cristina Cabrera, [2] Laura Astigarraga, [3] Omar Borsani, [4] Gianfranca Camussi, [5] Pablo Caputi, [6] Miguel Carriquiry, [7] Pablo Chilibroste, [8] Milka Ferrer, [9] Guillermo Galván, [10] Fernando García Préchac, [11] Lucía Grille, [12] Carmen Marino Donangelo, [13] Daniel Panario, [14] Ali Saadoun, [15] Pablo Soca, [16] Valentín Picasso, [17] Daniel Vázquez y [18] Fernanda Zaccari

Uruguay, país con alto índice de desarrollo humano y disponibilidad de recursos naturales, competitivo y capaz de producir alimentos para todo el mundo, enfrenta el desafío de mejorar su agricultura haciéndola menos vulnerable a los cambios externos, **agregando valor a las cadenas en un enfoque sustentable y sensible a la seguridad alimentaria y nutricional,** incorporando calidad e inocuidad, y promoviendo equidad en el componente humano y social

Resumen

Ubicado en el cono sur, Uruguay tiene un área total de 176.216 km², y con una población, para el año 2015, de 3.431.555 habitantes (Banco Mundial, 2015). Su población, ubicada mayormente en zonas urbanas (más de 95%), se caracteriza por tener una tasa de alfabetización cercana a 99% y por una tasa de reemplazo baja. Uruguay ha sido clasificado como un país de ingresos altos por el Banco Mundial, y se ubica en la categoría de alto desarrollo humano según el índice utilizado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2015). El país dispone de abundantes recursos naturales, suelos arables, disponibilidad de agua y praderas naturales, lo cual ha sido favorable a la predominancia de la actividad agrícola y agropecuaria. Uruguay es un país netamente agrícola exportador, con capacidad para producir alimentos para su población y el mundo. Es el séptimo exportador de carne bovina a nivel mundial (USDA, 2016) y su exportación de arroz representa 2.1% del arroz comercializado a nivel mundial. El riesgo de inseguridad alimentaria y nutricional no presenta desafíos significativos por la abundancia y variedad de alimentos, así como por las condiciones favorables para producirlos. Sin embargo, se dan situaciones de deficiencias en micronutrientes al mismo tiempo que sobrepeso y obesidad en individuos jóvenes, lo cual es un desafío mayor para los años venideros.

La producción de *commodities*, con costos bajos, hace que el país sea competitivo. Sin embargo, esta especialización también lo hace vulnerable a situaciones de cambio del mercado internacional y eventos climáticos o sanitarios, impactando en la población y disminuyendo las expectativas para emprender e innovar. La seguridad alimentaria y nutricional en el Uruguay es vulnerable a estos cambios y ello es lo que provoca inequidades que afectan a los sectores de la población uruguaya con menores recursos. En los últimos años se han iniciado acciones que contribuyen a enfocar, desde un punto de vista integral, la mejora y la transformación de la agricultura hacia sistemas más sostenibles, más cuidadosos del ambiente e innovadores. Esto implicaría necesariamente tener en cuenta el agregado de valor, la calidad e inocuidad de los productos alimentarios que produce el país, el componente social y humano, así como el conocimiento necesario para llevar adelante estos cambios. En este sentido, se están dando acciones desde la nueva institucionalidad para aumentar el capital humano altamente calificado. También, a partir de los programas de investigación, desarrollo e innovación, entre públicos y privados, se abre un camino donde se prioriza la formación de recursos humanos capaces de innovar e impactar fuertemente en las cadenas de valor. El enfoque interdisciplinario para la resolución de problemas ha sido estimulado en esta nueva etapa e impactará positivamente en el mediano plazo.

Introducción

A través de un abordaje interdisciplinario, el presente capítulo expone los principales aspectos que determinan la situación de seguridad alimentaria y nutricional del Uruguay, un país agrícola ganadero, desde sus recur-

sos naturales hasta la producción de alimentos, e incluyendo el componente humano. Los académicos y especialistas que participan de esta obra colectiva, invitados por la IANAS (Inter-American Network of Academies of Sciences) y la Academia de Ciencias del Uruguay, aportan una visión crítica del presente y de los posibles escenarios futuros. Este trabajo destaca los avances que se van logrando desde la investigación científica, así como la evolución hacia políticas públicas que impactan en SAN.

Foco del estudio

La producción de alimentos en un país agrícola exportador se ve hoy enfrentada a los desafíos que imponen los cambios en los mercados, las exigencias en la calidad e inocuidad y el cuidado de los recursos naturales como el suelo, el agua y el tapiz vegetal natural, en una situación climática variable y cambiante. Hacia adentro y en relación con su propia población el desafío para el país es lograr más eficiencia en los sistemas alimentarios, disponer en cantidad y calidad nutricional, contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional de la población uruguaya. En cada aspecto se prioriza la definición de las oportunidades que el país tiene, los obstáculos a vencer y los desafíos a afrontar para lograr una producción de alimentos sustentable y de alta calidad, así como cadenas de valor sensibles a la nutrición e inclusivas en lo humano y social.

1. Características nacionales

Miguel Carriquiry[1]

1.1 Área del país, inventario de tierra arable, heterogeneidad ambiental del paisaje

Uruguay ocupa 176.216 km², conteniendo una variedad de recursos naturales que permiten el desarrollo de actividades agropecuarias y forestales en más de 90% de su territorio. Tradición y la disponibilidad de recursos naturales se encuentran entre las principales razones detrás del liderazgo del sector agropecuario como determinante del crecimiento económico (PNUMA, 2015). Más de 80% del territorio se destina a la producción pecuaria, mientras que los cultivos extensivos y la forestación comercial ocupan la mayoría del área restante. Los establecimientos dedicados a la cría vacuna son responsables de más de 75% del área destinada a la producción pecuaria.

1.2 Características demográficas y tendencias futuras

Uruguay tiene una población relativamente estable, que alcanzó los 3.286.314 de habitantes según el último censo oficial (INE, 2012), con alguna estimación que la ubican en 3.431.555 habitantes en 2015 (Banco Mundial, 2015). La mayor parte de la población (más de 95%) es urbana, y la tasa de alfabetización es cercana a 99%. Uruguay ha sido clasificado como un país de ingresos altos por el Banco Mundial, y se ubica en la categoría de alto desarrollo humano según el índice utilizado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2015).

Con tasas de reemplazo bajas, emigración de jóvenes adultos y una expectativa de vida relativamente alta, la población de Uruguay envejece rápidamente. Estudios recientes (Calvo, 2016) indican que las tendencias en la estructura de edad, las cuales modifican las ratios de dependencia demográfica, revelan ciertos desafíos que se avecinan en varios frentes, desde los cuidados de salud, el sistema de seguridad social, y los mercados de trabajo y educación. Las proyecciones muestran que, dado el reducido aumento natural de la población de Uruguay, la proporción de niños se reducirá hasta igualar a la de adultos mayores hacia 2035, y la segunda excederá el número de niños posteriormente. Esos cambios agudizarán algunos desafíos socioeconómicos, como el aumento en los costos del sistema de salud y cuidados en el contexto de la estructura de familias actuales, y las demandas del mercado de trabajo, provocando una carga financiera en el sistema de jubilaciones y pensiones (Calvo, 2016).

1.3 Proporción de la población sufriendo de inseguridad alimentaria y nutricional y la trayectoria de SAN

De acuerdo con cifras del Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional, la proporción de la población bajo las líneas de pobreza y la indigencia

1. Ing. Agr. Dr, Profesor Titular, Instituto de Economía (IECON), Facultad de Ciencias Económicas y de la Administración, UdelaR.

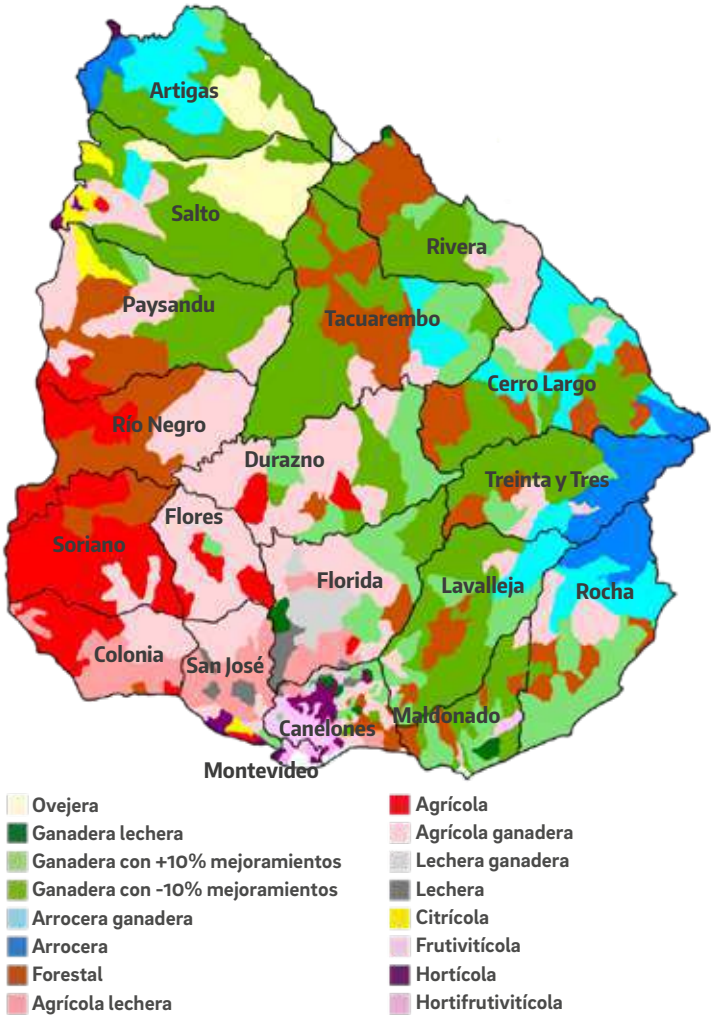
ha declinado con el tiempo, ubicándose respectivamente en 9,7% y 0,3% en 2014. La misma fuente indica que la fracción de la población en riesgo de no satisfacer las demandas alimentarias asociadas a actividades físicas normales también ha declinado con el tiempo. Esta fracción se ha reducido de 17,5% en 1990 a aproximadamente 10% en 2004, oscilando en torno a 8% desde entonces. Uruguay alcanzó con antelación (en el año 2014) la meta de los objetivos del Milenio de reducir a la mitad el número de personas que tenían inseguridad alimentaria.

1.4 Sistemas de producción agropecuarios

El sector agropecuario uruguayo es altamente heterogéneo en términos de escala, prácticas productivas, entre otras dimensiones. Sin embargo, y particularmente en el sector de la agricultura extensiva, se encuentran similitudes con lo que el PNUMA (2011) define como "agricultura industrial", caracterizada por prácticas de producción basadas en el uso de insumos externos al establecimiento.

A grandes rasgos, la mayor parte del área agropecuaria es ocupada por tres actividades: la agricultura extensiva, la ganadería y la forestación comercial. El país ha visto una transformación rápida en la combinación de estas actividades productivas. Asimismo, ha habido cambios significativos dentro de la actividad agrícola, en particular en términos del área total dedicada, de la mezcla de diferentes cultivos y de las estaciones en las cuales se producen estos cultivos. Un aspecto importante de la agricultura en el Uruguay es la relevancia de los sistemas mixtos agrícola-ganadero de producción, en áreas del país donde los suelos son aptos para los cultivos. La coexistencia en el espacio de animales (principalmente ganado de carne) y de cultivos en rotaciones cultivo-pasturas son aspectos destacables de la agricultura en Uruguay, cuya extensión varía con el tiempo. Los aumentos recientes en los retornos a la producción de cultivos (en relación con los de producción de carne), y los cambios en los modelos de producción y su gobernanza, han llevado a una reducción en la inclusión de pasturas en las rotaciones y a un desplazamiento del ganado a suelos de menor aptitud. Algunos de estos cambios podrían estar revirtiéndose en la medida que declinan los precios de los cultivos.

Carta geográfica del Uruguay mostrando divisiones políticas y zonas de producción agropecuaria

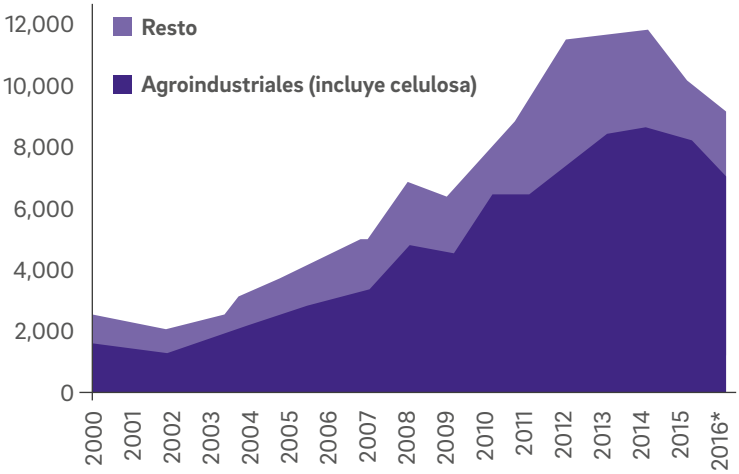


Adaptado de Mapa del MGAP.

Mientras que el área de la soja era insignificante antes del año 2000, esta se ha convertido en el cultivo de mayor extensión en los últimos años, ocupando más de un millón de hectáreas. En términos de valor, la soja es en la actualidad el principal cultivo de exportación, compitiendo con la carne vacuna por el primer lugar en las exportaciones del país. Esto ha llevado también a un cambio significativo en términos de la estacionalidad de la producción de cultivos. En el pasado reciente, el área de cultivos de invierno duplicaba a la de verano. Esta ratio se ha invertido en la actualidad con la rápida expansión de los cultivos de verano, y en particular con el de soja. Esta reversión ha preocupado

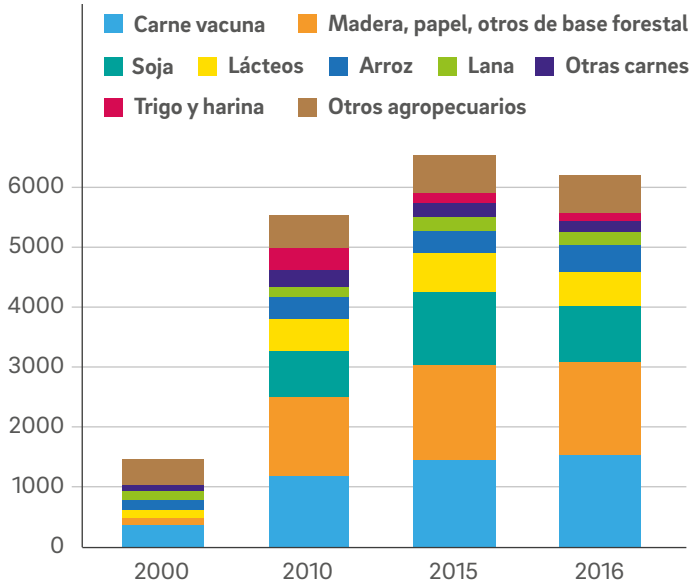
a algunos observadores, ya que así se incrementan los requerimientos de recursos y, en particular de agua, en estaciones donde son más probables las sequías o los déficits hídricos. Aumentos en la variabilidad de las precipitaciones, como resultado del cambio climático, pueden incrementar los riesgos para la economía agropecuaria.

Figura 1. Evolución de las exportaciones de bienes en millones de dólares



Fuente: Anuario OPYPA 2016. *Valor estimado.

Figura 2. Exportaciones agropecuarias y agroindustriales en millones de dólares



Fuente: Preparada por los autores con base en datos de OPYPA.

1.5 Principales mercados y productos agropecuarios de exportación e importación

Los productos agropecuarios o agroindustriales cuentan por más de 80% de las exportaciones del país (Paolino y Hill, 2011), con una participación que ha crecido en los años recientes. El país es principalmente exportador de productos alimentarios y otros productos agrícolas. Los principales productos de exportación son la carne vacuna (enfriada y congelada), la soja, los productos forestales, los lácteos (principalmente leche en polvo entera) y el arroz. La **Figura 1** muestra la evolución de las exportaciones de productos agropecuarios en años recientes.

Nótese que, mientras las exportaciones de soja eran insignificantes o no existían en el año 2000, estas se han convertido en uno de los principales productos vendidos al exterior en los últimos años (**Figura 2**). Es también de destacar el crecimiento en las exportaciones de productos de base forestal, que son el resultado de fuertes incentivos públicos para plantar bosques comerciales a mediados de los 1990 y de importantes inversiones recientes en capacidad para la producción de celulosa.

El mercado exterior es el principal destino de varios productos uruguayos. Para mencionar algunos, más de 90% del arroz y la soja, y más de 70% de la producción de carne vacuna se exporta. Los mercados de exportación son variados y cambian con los productos, pero China, NAFTA y la Unión Europea son destinos importantes de productos uruguayos en general, y de carne vacuna en particular. Más de 75% de la soja exportada se destina al mercado chino.

1.6 Fuentes potenciales de inestabilidad para la seguridad alimentaria y nutricional

La disponibilidad de tierras productivas, el clima, la producción agropecuaria y la baja densidad poblacional son factores que determinan que Uruguay no enfrente desafíos significativos en términos de SAN. De hecho, comúnmente se afirma que Uruguay tiene la capacidad para alimentar entre 27 y 28 millones de personas, y esto sería aún mayor si se mejoraran ciertas prácticas productivas con base en tecnologías y marcos institucionales que se encuentran actualmente disponibles (Mondelli y Bervejillo, 2015). Como se mencionó anterior-

mente, Uruguay exporta una proporción alta de los alimentos y *commodities* que produce. A pesar de esta abundancia en términos de producción de alimentos a nivel agregado, existen aún sectores de la población que enfrentan inseguridad alimentaria, aunque su prevalencia ha declinado en forma rápida en el pasado reciente.

1.7 Principales desafíos de la agricultura

La naturaleza de sus sistemas de producción es una fuente de competitividad y de vulnerabilidad. Dados sus recursos naturales, el país puede producir cultivos y, en particular, productos ganaderos a bajo costo, pero sus sistemas productivos son vulnerables a la variabilidad climática, particularmente a las sequías. La erosión del suelo y la contaminación de las aguas se encuentran entre los principales desafíos ambientales que enfrentan el sector agropecuario y el país en su conjunto.

La producción a cielo abierto y la producción de secano aprovechan la disponibilidad natural de tierras y agua. Estos mismos sistemas de producción a bajo costo exponen el sector a riesgos debidos a una significativa variabilidad de lluvias tanto entre años como dentro de uno mismo. Como resultado del cambio climático se espera que esta variabilidad aumente en el futuro. Los cambios en los patrones de cultivos mencionados más arriba podrían estar incrementando la vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas productivos, requiriendo diferentes métodos para manejar riesgos. Las inversiones en tecnologías de riego y seguros han sido mencionadas como métodos para utilizar el agua disponible (pero de escasez desigual durante el año) de manera más eficiente.

La pérdida de suelo, como resultado de la erosión, tiene implicancias tanto productivas como medioambientales. La erosión y otras formas de degradación del suelo reducen el potencial productivo y aumentan la necesidad del agregado de nutrientes, lo que redunda en costos de producción más altos por hectárea y por unidad de producto. Adicionalmente, la erosión y el escurrimiento de nutrientes resultan en contaminación de aguas, degradando el ambiente e imponiendo costos externos a la sociedad. La pérdida de calidad del agua es evidente en las cuencas y reservas que alimentan las áreas de mayor población, como Montevideo, la capital del país, y ciudades aledañas.

2. Marco institucional

María Cristina Cabrera[2]

2.1 Sistemas de Investigación Agrícola

En el año 2016, el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) contó con 1,744 investigadores categorizados, de los cuales 1,494 eran activos, 233 asociados y 17 eméritos. Según la CEPAL (2014), el total de investigadores es solo la tercera parte de lo que debería ser, en comparación con países vecinos. Del total de activos, 9.1% son investigadores del área de Humanidades, 10.4% son de Ingeniería y Tecnología, 11% son de Ciencias Agrícolas, 12.8% son de Ciencias Médicas y de la Salud, 21% son de Ciencias Sociales y 35.7% son de Ciencias Naturales y Exactas. El origen institucional de los investigadores activos indica que un alto porcentaje (75%) tiene como institución principal a la Universidad de la República. El 25% proviene, en el caso de las Ciencias Agrícolas, del INIA, universidades privadas y otras instituciones que investigan en ciencias agrícolas. La cantidad total de investigadores categorizados, así como aquellos relacionados con las ciencias agrícolas, refleja una capacidad de investigación aún insuficiente para el logro de los objetivos de un país productivo sostenible basado en la generación de conocimientos y la innovación (CEPAL, 2014).

2.2 Fortalezas de la ciencia y tecnología a nivel nacional

El "Global Innovation Index", citado por Rubianes (2014) en el informe de la CEPAL y diseñado por la INSEAD y la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI), permite comparar países y sus evoluciones mediante el uso de siete variables: a) Desarrollo institucional; b) Capital humano e investigación; c) Infraestructura; d) Complejidad del mercado; e) Complejidad de los negocios; f) Productos tecnológicos; y g) Productos creativos. Según los informes anuales de los años 2009 y 2012, Uruguay ocupa, respectivamente y a nivel mundial, los lugares 53 y 64, colocándose entre el

2. Coordinadora del capítulo. Ing. Agr. Dr, Profesor Titular, GD Nutrición, Facultad de Agronomía, Profesor Adjunto de Fisiología & Nutrición, Facultad de Ciencias de la UdelaR.
mcab@fcien.edu.uy

tercer y sexto lugares a nivel latinoamericano. Sus mayores fortalezas se encuentran en las instituciones, la infraestructura y los productos creativos. Rubianes (CEPAL, 2014) señala como fortalezas los siguientes elementos: i) Capital humano, cuyo aumento ha ido creciendo paulatinamente a una razonable tasa anual, teniendo origen fundamentalmente en jóvenes posgraduados; ii) Infraestructura en casi todas las áreas, y iii) Producción de conocimiento evidenciado por las publicaciones con afiliación uruguaya, en constante ascenso.

2.3 Universidades e institutos de investigación

Las actividades de ciencia y tecnología relacionadas con la agricultura son mayoritariamente desarrolladas por el sector público, en particular por la educación superior y los organismos especializados en temas de agricultura, como la Universidad de la República (UdelaR) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Otros organismos de carácter público, como el Instituto Nacional de Semillas (INASE), el Instituto Nacional de la Leche (INALE), el Instituto Nacional de Carnes (INAC) y el Instituto Nacional del Vino (INAVI) contribuyen con las actividades de investigación y formación de recursos humanos en temas relacionados con la agricultura, apoyando y participando en ellas. Asimismo, universidades privadas, institutos de investigación y otras instituciones públicas o privadas contribuyen a la formación e investigación en diferentes áreas de la agricultura en forma asociativa con los otros actores, fundamentalmente del ámbito científico-universitario. Esta interinstitucionalidad, tanto en la formación de posgrado como en la investigación, ha ido en aumento en los últimos años. La contribución relativa en inversión, investigación e innovación del sector público y privado es de 70 y 30% respectivamente. Esta proporción es inferior a la que prevalece en la región. Se constata la necesidad de que el sector privado invierta más en investigación e innovación.

2.4 Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

La Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional (AUCI) anunció en el año 2012, 114 iniciativas de Cooperación en el Área Productiva, de las cuales 63 implican cooperación tradicional, 38 cooperación regional y multipaís, 12 cooperación sur-sur y una cooperación triangular. En la cooperación tradicional, el mayor porcentaje de la financiación del donante fue para apoyar ciencia, tecnología e innovación. En la cooperación regional y multipaís se priorizaron asociaciones entre el Mercosur, así como del Mercosur con España y la Unión Europea. Los socios cooperantes fueron: Mercosur (FOCEM), Canadá (IDRC), SNU (FAO y FIDA), CIAT, FONTAGRO, BID, OEA (IICA), CAF, Unión Europea. En la cooperación sur-sur, el Uruguay fue oferente en tres, receptor en una y ambos en ocho iniciativas, mayormente (cerca de 65%) en el sector agropecuario y en ciencia y tecnología. Los países socios fueron Argentina, Brasil, Colombia, México, Nicaragua y Paraguay. En la cooperación triangular se realizó solo una actividad en el área agropecuaria, la cual consistió en la implementación de un sistema de rastreabilidad grupal en carne bovina en Bolivia. Los socios cooperantes fueron Costa Rica, Bolivia y el IICA. Los temas prioritarios fueron cambio climático, recursos naturales y biodiversidad, y cadenas productivas y competitividad. La ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación) creó instrumentos para fomentar la asociación y articulación entre privados y públicos, concentrando y fortaleciendo capacidades de investigación, desarrollo e innovación; es el caso de las Redes Tecnológicas Sectoriales, combinando sinérgicamente las capacidades de sus integrantes y estableciendo nuevas capacidades para el país. Los Programas de Cooperación Científica Argentina-Uruguay se dan en las áreas prioritarias definidas por el GMI, el Programa Regional STIC-AmSud, en áreas de tecnología de la información y Eranet-LAC que es un proyecto financiado dentro del Séptimo Programa Marco de Cooperación, que consiste en una red de la Unión Europea (UE) y la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), en innovación e investigación conjunta, siendo una de las áreas Biodiversidad y Bioeconomía. Otras Redes son citadas en los ítems del capítulo.

2.5 Acceso y mantenimiento de bases de datos de seguimiento de sistemas agrícolas

La información y bases de datos para el seguimiento de los sistemas agrícolas son tradicionales en el país. Según un informe de la FAO del año

2015 sobre Prioridades para el Uruguay en Agricultura y Seguridad Alimentaria, el país cuenta con un sistema institucional relativamente importante vinculado al sector agropecuario. El organismo principal es el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), que cuenta con ocho Direcciones Generales: Secretaría, Recursos Acuáticos (DINARA), Recursos Naturales (RENARE), Servicios Agrícolas (DGSA), Servicios Ganaderos (DGSG), Desarrollo Rural (DGDR), Granja (DIGEGRA) y Forestal (DGF). Además, tiene tres dependencias de asesoramiento de la autoridad ministerial: la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA), la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA) y la Unidad de Asuntos Internacionales (UAI). La coordinación de la cooperación internacional está a cargo de la Secretaría de Cooperación Internacional, vinculada directamente con el Ministro. Anualmente se presentan los informes relacionados con producción, exportación, consumo y otros datos relevantes que permiten luego realizar seguimiento, análisis y estimaciones. En sus respectivas páginas web estas informaciones son de libre acceso.

2.6 Desarrollo de la mano de obra calificada y situación de los sistemas educativos nacionales

Para el año 2016, Uruguay tiene un IDH de 0.793, un alto grado de adultos alfabetizados (97%) y un sistema educativo público, gratuito y de libre acceso en todas las etapas de la formación: primaria, secundaria, universidad y formación técnica profesional (PNUD, 2016). El 98.7% de los niños de entre 3 y 5 años de edad asisten a la escuela. La formación de nivel superior está mayormente sostenida por la Universidad de la República con una participación menor, pero creciente, de las universidades privadas. El 3.8% de las mujeres adultas y 1.9% de los hombres adultos tienen educación terciaria. Sin embargo, para cumplir con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (PNUD, 2015), es necesario considerar los aspectos deficitarios a nivel local, y que habrá que revertir en una mirada de desarrollo sostenible basada en el conocimiento. Estos son: una deserción escolar primaria más alta de lo esperado, una relación alumnos-maestro mayor a la esperada, una escolaridad promedio (medida como el promedio de los años de educación acumulados, para 2014) menor a la esperada y una matriculación bruta en secundaria –definida como la matriculación total correspondiente a ese nivel educativo, independientemente de la edad, y medida como el porcentaje de la población en edad escolar para cursar ese nivel desde 2008-2014– menor a la esperada.

3. Ecosistema y recursos naturales

3.1 El recurso suelo uruguayo. su uso y conservación

Fernando Garcia Préchac[3]

El ecosistema uruguayo pertenece al bioma Pampa; consta de praderas naturales que ocupan 65% del territorio, de 10% de bosques de árboles y arbustos nativos en las orillas de los ríos y de pequeñas áreas de terreno de sierras. La topografía es suavemente ondulada, con pendientes de entre 3 y 6%, y llanuras cuya superficie varía según las zonas. La altitud promedio por encima del nivel del mar es de 140 metros (m), con algunas áreas serranas el punto más alto se sitúa en los 513 m sobre el nivel del mar. Según la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy) predominan los Molisoles y Vertisoles (en verde y marrón en la **Figura 3**, los más usados para cultivos), con áreas significativas de Alfisoles, Ultisoles, Inceptisoles, Entisoles e Histosoles.

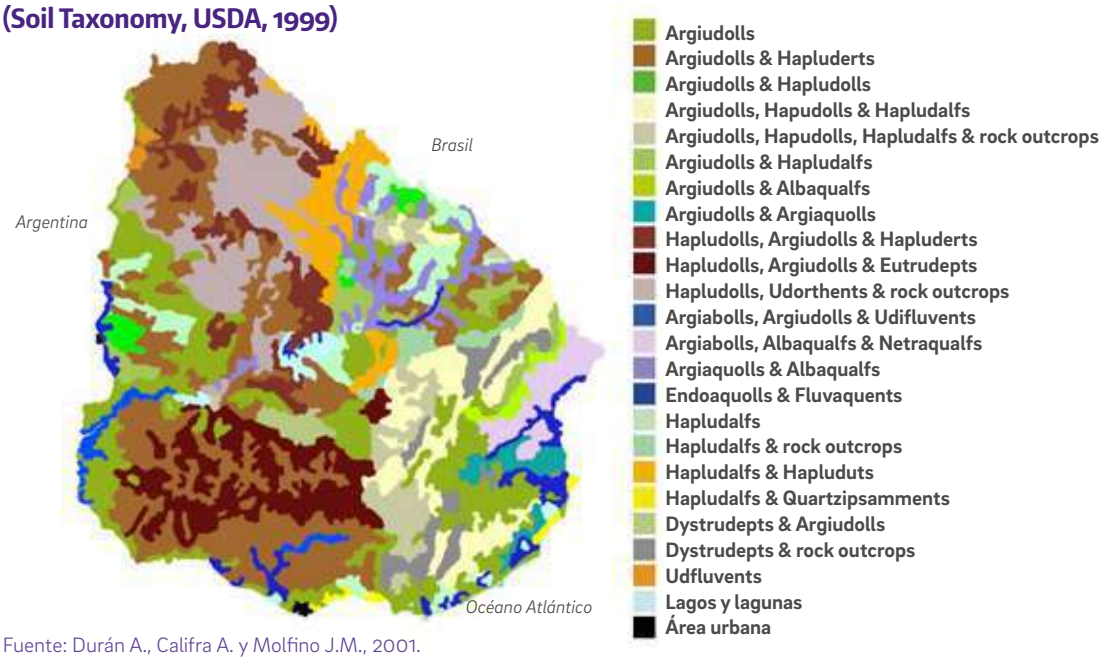
En cuanto a la presencia de suelos cultivables, 3.5 Mha tienen cerca de 75%, 3.1 Mha tienen 50%, 1.9 Mha tienen 25% y 1.4 Mha tienen entre 25% y 75% conjuntamente con las condiciones topográficas que permiten la producción de arroz (Cayssials y Álvarez,1983). El resto del territorio se compone mayoritariamente de campos con menos de 25% de suelos cultivables (6.9 Mha), dedicados principalmente a la producción de carne y de lana, además de 0.3 Mha de tierras húmedas y dunas de arena.

3. PhD, Profesor Titular, Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, UdelaR.

La superficie cultivada varió de manera significativa durante los siglos XX y el actual (**Figura 4**), bajo la influencia de los precios de mercado y la demanda internacional. A mediados de los años 1950, esta superficie alcanzó su punto máximo de la mano de una producción de trigo hecha con un bajo nivel de tecnología y labranza convencional. Esto llevó a que la primera evaluación del estado de erosión del suelo (Cayssials *et al*., 1978) indicara que aproximadamente un tercio del país estaba afectado; principalmente el área con los mejores suelos. Según trabajos más actuales (Sganga *et al*., 2005), esta situación no ha cambiado de manera significativa. Esa estabilidad se debió a la reducción de las superficies cultivadas durante la segunda mitad del siglo XX y a la adopción general de la rotación de cultivos con pasturas sembradas de gramíneas y leguminosas (Rotación Cultivo-Pastura, RCP). El efecto en la conservación de los suelos de las RCP aumentó por la adopción generalizada de siembra directa desde el inicio de los años 1990. Sin embargo, desde el inicio del siglo XXI ha ocurrido un marcado aumento de la superficie cultivada, liderada por el cultivo de soja, que es el grano más demandado en el mercado internacional y cuyo precio es el más alto por tonelada (t). Así, la soja desplazó a otros cultivos y a las RCP. A pesar del uso de siembra directa, el bajo retorno de residuos del cultivo a los suelos, su rápida descomposición por su baja relación C/N, más la falta de cultivos invernales de cobertura o para grano en los inviernos, comenzaron a observarse problemas de erosión que generaron un estado de alarma general y política, y la necesidad de aplicar normas legales de conservación de suelos.

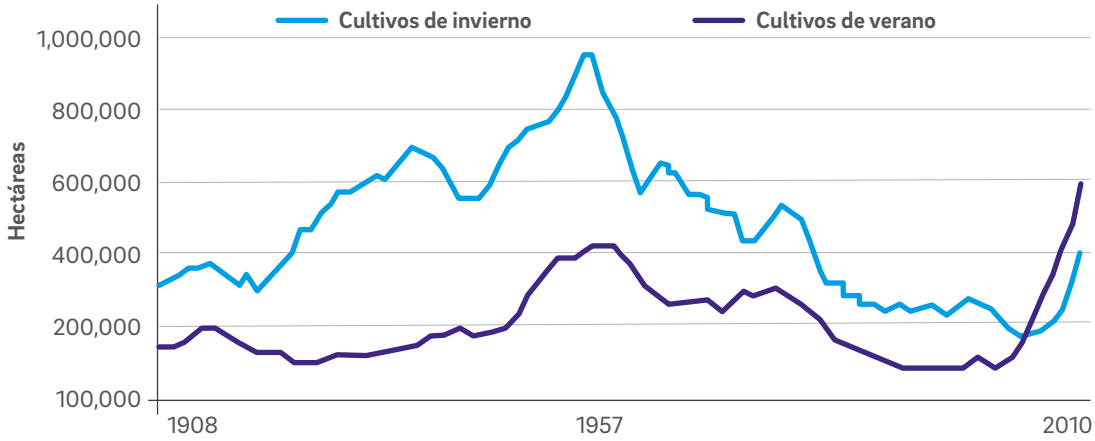
En el año 2008 se empezaron a efectuar actualizaciones de la legislación sobre el manejo y conservación de suelos. Para el año 2013, y luego de un período de entrenamiento a agricultores y agrónomos, estos cambios entraron en pleno vigor. Los cultivadores deben tener un plan de uso y manejo responsable de los suelos (PUMR) elaborado por un agrónomo certificado que cubre el período futuro de rotación esperado. El PUMR debe demostrar –usando USLE/RUSLE con el programa EROSION v6.0.20 (García Préchac *et al*., 2015)– que la tasa de erosión anual estimada está por debajo del valor de tolerancia establecido para el suelo empleado. Cada fragmento de tierra del catastro nacional tiene un mapa oficial de reconocimiento de suelos aproximado a escala 1:20.000, mediante el cual el agrónomo puede extraer la información sobre suelo para cada plan. El PUMR es presentado "on-line" y compone un protocolo de imple-

Figura 3. Mapa General de Suelos del Uruguay en escala 1:106, usando Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy, USDA, 1999)



Fuente: Durán A., Califra A. y Molfino J.M., 2001.

Figura 4. Evolución de las superficies cultivadas en el Uruguay, con cosechas de invierno y de verano, desde 1908 a 2010 (Saavedra, 2011)



Fuente: MGAP-DIEA. 1. Promedios móviles quinquenales.

mentación que puede ser analizado y monitoreado por la autoridad oficial (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Aquellos que se encuentren en violación del protocolo son multados según el reglamento. Al final del año agrícola 2013-2014, casi 95% (1'438,168 ha) de las tierras de cultivo implementaron el PUMR (**Figura 5**). Este porcentaje alcanzó 98% a finales del año 2015, lo que se considera un éxito en el esfuerzo por mitigar la erosión del suelo, así como su impacto medioambiental colateral.

3.2 El recurso agua. Situación y perspectivas

Daniel Panario[4]

Uruguay posee más de 10,000 m³ de agua habitante/año (Revenga, 2000), tanto superficial como de napas freáticas, lo que sería más que suficiente para abastecer las demandas de una población mayor. Las aguas superficiales se distribuyen de manera uniforme en todo el territorio y de similar forma lo hacen los acuíferos superficiales, mayoritariamente aptos para abastecer a la escasa población rural dispersa.

Lo que ocurre con el agua en los distintos compartimentos del ambiente es lo que hace a su gestión. Llega a los ríos desde la escorrentía, las freáticas y, como solvente universal que es, esa interacción la va transformando al atravesar diferentes medios. Con ello se transforma la vida en los ríos y embalses, transformando lo que queda y lo que se va. Considerando los tres grandes agroecosistemas –ganaderos, agrícolas y forestales–, se puede señalar lo siguiente: **i) Sistemas ganaderos.** Si bien existen sistemas ganaderos intensivos, como la lechería, la mayoría del territorio es ocupado por ganadería extensiva, a la cual se le atribuye habitualmente un impacto menor. Sin embargo, se ha observado sobrepastoreo en la mayor parte de los pastizales naturales. Es el caso, en particular, de las concavidades del paisaje situadas en partes bajas, a las que se le han eliminado, por fuego o por sobrecarga animal, los pastos altos duros característicos (pajonales). Esto ha generado, y sigue generando hasta hoy, que estas vías primarias (concavidades) se encajen en el valle y así se produzca erosión remontante, acelerando significativamente el flujo, con el consiguiente incremento de la intensidad y de la frecuencia de inundaciones y estiajes. Desde el punto de vista de la calidad del agua, los niveles de P total en las vías de drenaje se sitúan en torno de los 25 µg/L (Panario, 2016), ya que no se ha promovido un sistema de abrevadero que desaliente a los bovinos (12 millones al año 2016) a beber en los cursos de agua. La carga de fósforo de las deyecciones justifica una modificación del límite legal en la normativa vigente (De León, 2016). Estos niveles ya son lo suficientemen-

4. Ing. Agr. Dr, Profesor Titular, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA), Facultad de Ciencias, UdelaR.

te altos para que las aguas embalsadas se eutroficen, como lo que sucede en las represas del Río Negro, a lo cual se agregan los fertilizantes y plaguicidas fosforados. **ii) Sistemas agrícolas.** Si bien la agricultura de secano ha sido una actividad tradicional desde el siglo XIX, que paulatinamente deterioró las tierras que fue ocupando, es a partir de la expansión del cultivo de soja, y del paquete tecnológico que la acompaña, que la calidad del agua de los cursos fluviales de las tierras agrícolas se ha visto significativamente afectada. Debe señalarse que el fósforo va en solución o va ligado a las partículas sólidas más pequeñas –las que solo pueden depositarse en embalses– y, por lo tanto, no pueden atribuirse a la agricultura del pasado los actuales niveles de contaminación de las vías de drenaje. La agricultura de riego, fundamentalmente desplegada en los humedales del este del país, se realizó a partir de un drenaje parcial, a pesar de que aquellos estuvieran incluidos en un área protegida por la Convención de Ramsar. **iii) Forestación.** La forestación con especies exóticas de rápido crecimiento ha tenido una fuerte expansión a partir de la década de 1990, promovida a partir de subsidios a dichas plantaciones. Entre las zonas de prioridad forestal fueron incluidas las altas cuencas, a pesar de estar probado que los cultivos forestales, en años de precipitación normal, disminuyen el rendimiento hídrico de las cuencas en el entorno de 20% (Farley *et al*., 2005).

En años recientes, y a partir de eventos de proliferación de cianobacterias en las principales fuentes de agua potable, se han tomado ciertas medidas de prevención. Los niveles de fósforo se han mantenido incambiados, con un incremento en los costos de potabilización. Uruguay debe decidir una política de agua basada en la preservación de los ecosistemas que son responsables del correcto funcionamiento del ciclo hidrológico, estableciendo un balance adecuado entre la producción de bienes y las externalidades de los procesos productivos. El desafío mayor respecto del agua tiene que ver con la cantidad, el acceso y la calidad para atender las demandas de la sociedad, permitiendo a su vez a los ecosistemas mantener los servicios que brindan.

Figura 5. En color verde claro, establecimientos de producción que presentaron el plan de uso y gestión de suelos (SUMP) en el año 2014

3.3 Sustentabilidad ambiental de los sistemas de producción pastoriles de carne y de leche. Oportunidades para la resiliencia

Laura Astigarraga[5] y Valentin Picasso[6]

En Uruguay, el ganado se cría en pastoreo en campo natural –bioma Campos– (Royo Pallarés *et al*., 2005) y en pasturas sembradas –mezclas de gramíneas y leguminosas–, sin embargo, debido a la expansión de la producción de soja en siembra directa, se ha reducido la superficie de pasturas, empujando la producción ganadera a tierras marginales (DIEA, 2011), y ha dado oportunidades para la intensificación de los sistemas ganaderos con base en encierro y uso de granos. En este contexto, la producción de carne se ha incrementado en más de 45% y la producción de leche en más de 250% desde 1980 (DIEA, 2013), lo que represen-

5. Ing. Agr. Dr, Profesor Titular, Departamento Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, UdelaR.

6. Ing. Agr. PhD, Profesor Agdo, Departamento Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, UdelaR, Professor Assistent, University of Wisconsin, USA.

ta en la actualidad casi 77% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de todo el país (MVOTMA, 2015). El desafío actual y futuro de Uruguay es reducir el impacto ambiental debido a la producción agropecuaria.

Trabajos recientes han estudiado el impacto ambiental de los sistemas ganaderos de carne y de leche de Uruguay, con base en el análisis de estudio de casos de los sistemas productivos existentes en el país (Modernel *et al*., 2013; Lizarralde *et al*., 2014; Becoña *et al*., 2014; Picasso *et al*., 2014). Para la producción de carne, Modernel *et al*. (2013) identificaron sistemas en la fase de recría a base de pasturas (naturales o sembradas) y dos sistemas en la fase de terminación (pasturas o confinado más granos). Para la producción de leche, Lizarralde *et al*. (2014) identificaron tres grupos de establecimientos de producción de leche –de baja, media y alta eficiencia del proceso productivo–, con base en un análisis multivariado de conglomerados. La evaluación de impacto ambiental se realizó con base en una metodología de Análisis de Ciclo de Vida parcial para estudiar la huella de carbono (HC) (IPCC, 2006), el balance de nitrógeno (N) y de fósforo (P) y el uso de energía fósil, incluidas las actividades agrícolas y la producción de los insumos agrícolas.

3.3.1 Impactos ambientales de los sistemas de producción de carne

Los sistemas intensivos, que producen carne con base en confinado y granos, presentan una menor huella de carbono, al igual que en otros estudios (**Figura 6**). El metano, de origen entérico, resultó ser el GEI más importante (66%, 58%, 46% para pastura natural/sembrada, sembrada/sembrada y sembrada/confinado, respectivamente) y el óxido nitroso por excreción de N y por uso de fertilizantes nitrogenados (30%, 33%, 31% respectivamente). Sin embargo, al analizar el impacto ambiental expresado como uso de energía fósil o como exceso de nutrientes con respecto a lo retenido (excedente expresado por kg ganado), los sistemas quedan ordenados en sentido opuesto al presentado según el análisis de huella de carbono. El consumo de energía fósil es mayor a medida que aumenta el uso de insumos: el sistema pastura sembrada/confinado requiere 3 veces más energía para producir un kg de ganancia de peso vivo en comparación con el sistema pastura natural/sembrada. El mayor uso de energía está explicado por el consumo de combustible para la producción de forraje y de granos, por la producción de los fertilizantes y de los fitosanitarios. El excedente de nutrientes (entradas-salidas en producto), expresado sobre la cantidad retenida (salidas en producto), resultó ser el doble en N y P para pastura sembrada/confinado con respecto a pastura natural/sembrada.

3.3.2 Impactos ambientales de los sistemas de producción de leche

El análisis de conglomerados permitió distinguir tres grupos de predios, con baja, media y alta eficiencia en el proceso de producción, lo cual se vio reflejado en los valores de la huella de carbono promedio de cada grupo (**Figura 7**). El grupo de baja eficiencia presentó la mayor huella de carbono (1.09 kg CO_2 eq/ kg LCGP, Leche Corregida por Grasa y Proteína), explicada por una baja productividad por hectárea, una baja producción de

Figura 6. Impactos ambientales de diferentes sistemas de producción de carne

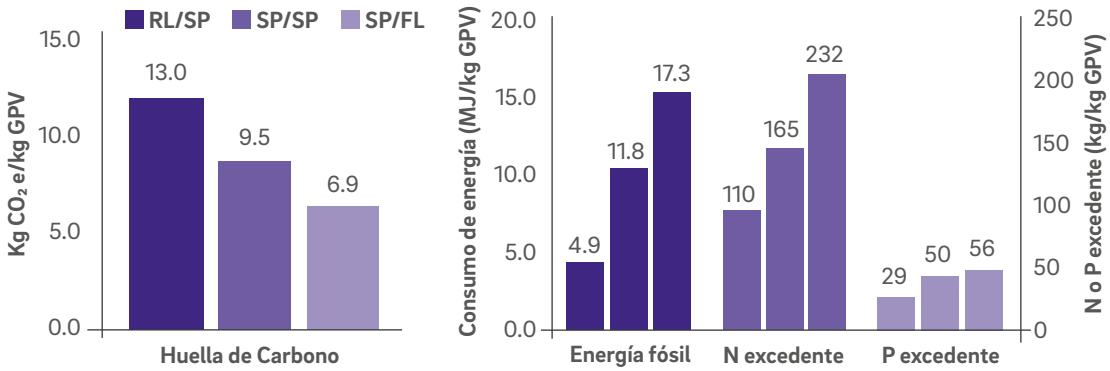
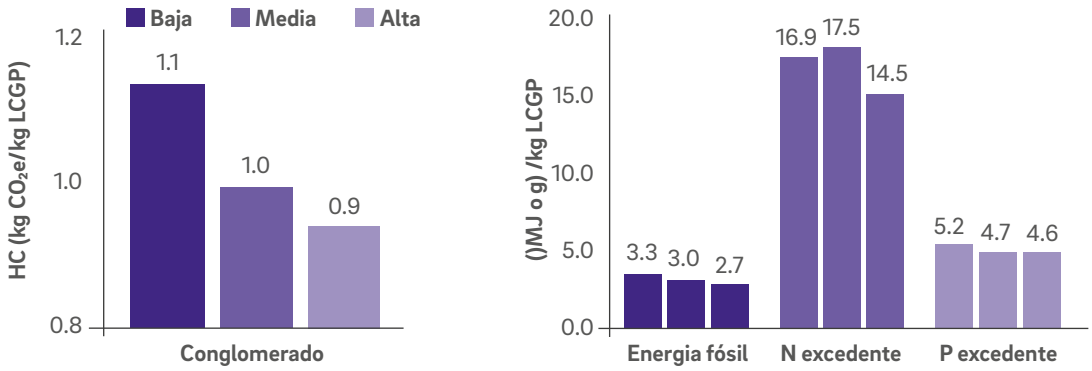


Figura 7. Impactos ambientales de sistemas de producción de leche con diferente eficiencia productiva



leche por vaca y una baja eficiencia del rodeo (proporción VO/stock). El consumo de alimento, tanto de forraje como de concentrado, es bajo (11.0 kg MS/Vaca), lo que se explica por una reducida producción de forraje y un suministro de concentrado que no compensa el bajo consumo de forraje por vaca. El grupo de alta eficiencia corresponde a predios con alta productividad por hectárea (5377 LCGP/ha), alta producción de leche por vaca y alta eficiencia del rodeo (proporción VO/stock). Estos tambos se distinguen por un alto consumo por vaca (15.2 kg MS/día) y un alto suministro de concentrado, presentando una menor contribución del metano (50%) al total de emisiones, cuando se expresa por litro de leche. También se encontró que, en los sistemas pastoriles mixtos, a mayor eficiencia en el proceso de producción, menor es el exceso de nutrientes o el uso de la energía fósil.

En conclusión, en Uruguay la huella de carbono varía entre los sistemas de producción, lo que sugiere que hay un gran potencial para reducir las emisiones de GEI. La utilización del forraje de manera eficiente, mediante la optimización de la asignación de forraje a lo largo del año, es una opción clave de mitigación que puede aumentar la productividad de la carne y de leche y reducir la huella de carbono, sin mayores inversiones. A nivel regional, para los sistemas de producción de carne, el aumento de la productividad de carne y la conservación de los recursos naturales pueden ser objetivos complementarios. Este enfoque se está siguiendo en Uruguay y la región, con políticas públicas orientadas a preservar el campo natural logrando un triple beneficio: la adaptación de los sistemas pastoriles a la variabilidad climática, la mejora de la seguridad alimentaria y la mitigación del cambio climático.

4. Tecnología e innovación en la mejora de la agricultura. Oportunidades y obstáculos

4.1 Rol de la Biotecnología: el uso de herramientas biotecnológicas en el desarrollo de productos agrícolas con base en intereses locales

Omar Borsani[7]

Hace ya casi 15 años de la autorización y el posterior uso comercial en la agricultura del Uruguay del evento de maíz transgénico portador del gen de la toxina del *Bacillus turingensis*, en una construcción génica diseñada en el laboratorio y luego incorporada en un maíz comercial. Esto marcó un antes y un después en lo que se refiere al uso de herramientas biotecnológicas, en especial, las tecnologías del ADN recombinante con fines de mejora de la productividad de los cultivos. De ese momento a esta parte han ido incorporándose nuevos eventos transgénicos con características de interés asociadas al manejo de los cultivos. Muchas son las causas del porqué esa tecnología no fue adoptada para mejorar características de interés en otros cultivos de importancia para el país. Sin embargo, también en este tiempo, algunos cambios han promovido la posibilidad de que se desarrollen nuevas estrategias de mejora mediante el uso de las biotecnologías. Por un lado, la

7. Ing. Agr. PhD, Profesor Titular, Departamento Biología Vegetal, Facultad de Agronomía, UdelaR.

reducción exponencial, en el tiempo, de los costos de los servicios de secuenciación masiva de ADN y, por otro, la aparición de tecnologías de manipulación genética que permitirían desarrollar mutantes dirigidos con mayor facilidad y sin desarrollar transgénicos. Este capítulo se centrará en cómo estas dos herramientas están siendo utilizadas en el país para mejorar la calidad y la productividad de los cultivos y cómo esto impactará, en el futuro cercano, la agricultura del país.

La posibilidad de secuenciar genomas enteros de distintas especies vegetales, con costos abordables por los laboratorios del país, determina que se pueda acceder a la información genética contenida en ese genoma y que, por lo tanto, se puedan identificar aquellas características que se desea mejorar o trasferir. Por ejemplo, el uso de la secuenciación ha permitido identificar en el arroz, mediante mapeo asociativo usando SNP (*single nucleotide polymorphisms*), aquellas regiones génicas que están asociadas a la calidad de grano. De esta forma, a partir de una población de mapeo y la asociación a un SNP específico, se identificaron aquellos genes que serían responsables, entre otras características, de la estructura del almidón en el grano (Bonnecarrere *et al*., 2014). Conociendo estas variantes es posible acelerar los procesos de mejora para dichas características. Por otro lado, la secuenciación de genomas, así como la posibilidad de analizar transcriptomas completos de casi cualquier especie, ha estimulado a investigadores nacionales a construir mapas genéticos de especies frutales. Este es el caso del guayabo del país *Acca sellowiana*, especie en proceso de construcción de un mapa genético (Quezada *et al*., 2014). Por otro lado, la secuenciación del genoma y de un transcriptoma completo de baya de Tannat, cultivar de vid emblemático en el país, es otro caso en donde este tipo de aproximaciones genera una valorización importante del recurso genético (Da Silva *et al*., 2013). La información generada podrá ser utilizada en el mediano plazo con fines de mejora o para la identificación de nuevos genes con potencial uso biotecnológico. En esta misma línea, los mejoradores que trabajan en cultivos como la cebada, el trigo y la soja, entre otros, están incorporando, con cada vez más frecuencia, el uso de las herramientas de secuenciación de genomas, tanto para acortar los tiempos de mejora como para valorizar el germoplasma utilizado.

Otra tecnología de herramienta que se ha comenzado a explorar en el país es la metodología denominada CRIPS/Cas9, que utiliza la capacidad de ciertas proteínas de modificar el ADN de forma dirigida (Lozano-Juste y Cutler, 2014). Esta modificación genética cambiará, en Uruguay y en el resto del mundo, la forma en que concebimos la mejora genética de los cultivos. Esta tecnología permite realizar mutaciones puntuales de forma dirigida, generando individuos mutantes en esa secuencia específica. Algunos laboratorios del país están trabajando con esta metodología con el fin de generar mutantes puntuales en proteínas de interés (RED Nacional de Biotecnología Agrícola-Uruguay). En un principio, el objetivo es la mejora de características asociadas a la tolerancia al estrés ambiental. Sin embargo, la posibilidad de mejorar la calidad de algunos granos mediante este tipo de metodologías se presenta como una oportunidad única. El futuro parece indicar que la mejora de la calidad y productividad de los cultivos agrícolas puede ser llevada adelante con base en intereses locales definidos, mediante el uso de herramientas biotecnológicas que están al alcance de las capacidades del país. Empero, en un país que aún depende de la exportación de *commodities*, la regulación y la aceptación a nivel mundial de estos productos generados por estas nuevas tecnologías son un reto a enfrentar. Otro reto será obtener un conocimiento más profundo de la bioquímica y del metabolismo de las células vegetales; algo necesario para prever, con un alto grado de certeza, las consecuencias de las nuevas combinaciones genéticas.

4.2 Perspectivas de innovación a escala de la granja

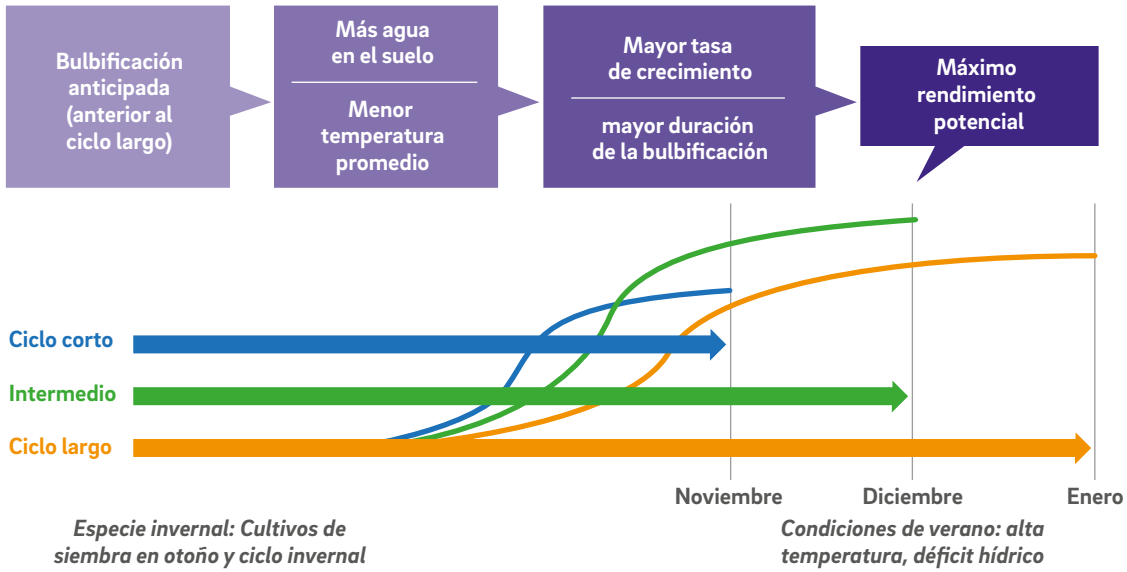
4.2.1 Desvelando el potencial de variedades tradicionales y criollas: el caso de la cebolla "Pantanoso del Sauce"

Guillermo Galván[8]

La variedad de cebolla *Pantanoso del Sauce* es un ejemplo de mejoramiento genético vegetal que

8. Ing. Agr. PhD, Profesor Agregado, Departamento Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UdelaR.

Figura 8. Diferencias fisiológicas asociadas a las diferencias de ciclo en el cultivo de cebolla en Uruguay



Infografía que representa las diferencias fisiológicas asociadas a las diferencias de ciclo en el cultivo de cebolla en Uruguay, que determinan la mayor potencialidad del ciclo intermedio. Se destaca la diferencia frente al ciclo largo, ya que las variedades de ciclo intermedio y tardío son las que tienen mayor potencial de conservación pos cosecha.

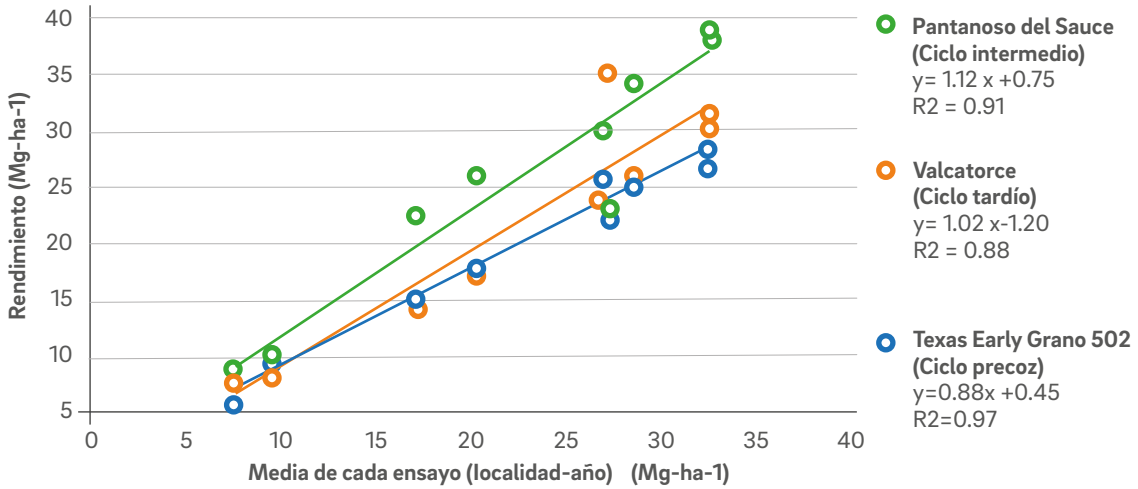
contribuye a la soberanía y seguridad alimentaria en Uruguay. Variedades locales o "criollas" fueron introducidas en el país por corrientes inmigratorias amerindias y europeas (Berreta *et al.*, 2007). Este germoplasma presenta diversos grados de adaptación al ambiente agroecológico local. La adaptación expresada en la productividad es resultado de un delicado equilibrio entre el acervo genético del cultivo y el ambiente (Plaisted, 1985). Como consecuencia, las semillas mantenidas por los agricultores y el mejoramiento genético local tienen potencial para la obtención de selecciones superiores a las variedades introducidas (Pike, 1986). Las plantas hoy cultivadas fueron domesticadas en varios continentes desde hace miles de años. A partir de las semillas multiplicadas por los agricultores y sus comunidades, el desarrollo de cultivares[9] se expandió en el siglo XX con la aplicación de los principios genéticos a la selección, lo que hizo viable la actual producción industrializada de alimentos. Aun siendo desplazadas por la gran agricultura industrial, las variedades tradicionales mantenidas por los agricultores persisten asociadas a la lógica de la producción agraria familiar y campesina (Frison y Hodgkin, 2016). En muchos casos las variedades tradicionales mantienen importancia económica e importancia para la seguridad alimentaria (McGuire y Sperling, 2016). Esas variedades constituyen un reservorio de diversidad genética para el futuro mejoramiento genético y las futuras generaciones. A pesar de la extensa red de bancos de germoplasma institucionales, una parte relevante de la diversidad genética de los cultivos se encuentra en manos de los agricultores (Jarvis *et al.*, 2008). Esas variedades tradicionales ofrecen la diversidad necesaria para la construcción de sistemas de producción sustentables a futuro (Pautasso *et al.*, 2013). Las variedades tradicionales de cebolla en Uruguay presentan diversidad en el momento de bulbificación y cosecha, entre otras características (Galván *et al.*, 1997). Las variedades criollas de ciclo intermedio resultaron sumamente interesantes, desde que no se disponía de variedades mejoradas similares (Galván *et al.*, 2005). Se postuló que el ciclo intermedio con cosecha en diciembre es el de mayor adaptación a las condiciones del sur de Uruguay (Galván, 1993).

9. El término 'cultivar' es utilizado para denominar una variedad moderna, seleccionada por una combinación de características, que es claramente distinto/a de otros/as cultivares, uniforme y estable en sus atributos cuando se lo propaga adecuadamente. En este texto conservaremos el término 'variedad', que es más utilizado en el lenguaje coloquial.

En efecto, variedades más tempranas presentaron menor rendimiento debido al menor desarrollo foliar alcanzado al inicio de la bulbificación (Galván *et al*., 2000). En el otro extremo, las variedades más tardías deberían alcanzar mayor crecimiento foliar antes del inicio de la bulbificación y consecuentemente mayor rendimiento potencial, pero esas variedades más tardías de esta especie invernal se ven afectadas por las condiciones estivales de temperaturas altas y déficit hídrico (**Figura 8**). Temperaturas altas incrementan el gasto energético de las hojas, aceleran la entrada en senescencia de la planta, acortan el ciclo y, por tanto, disminuye la productividad del cultivo. A partir de un balance de agua en el suelo excedentario durante el invierno, los suelos sufren típicamente un proceso de secado progresivo en primavera-verano. El déficit hídrico lleva al cerrado de los estomas de las hojas, por lo que disminuye la fotosíntesis y la tasa de crecimiento del cultivo, se acelera la senescencia y disminuye el rendimiento obtenido.

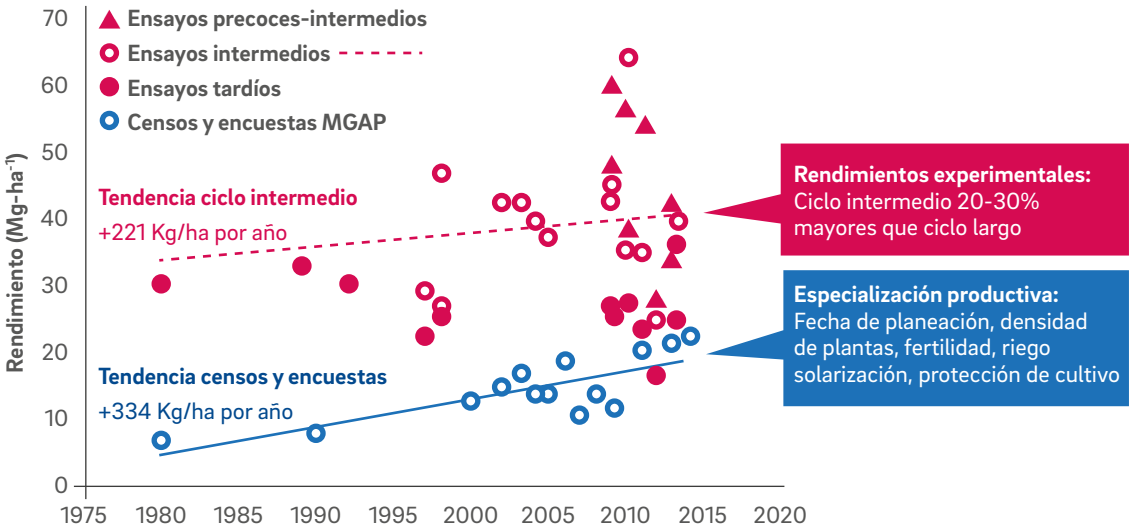
Con base en el ciclo intermedio y otras características favorables en variedades locales de cebolla, en 1991 se inició un programa de mejoramiento genético que llevó a liberar las variedades *Pantanoso del Sauce CRS*, que cubre más de 60% del área del cultivo en la Región Sur (Encuestas DIEA-MGAP, 2009), y *"Canarita CRS"*. La potencialidad del ciclo intermedio de *Pantanoso del Sauce* se evaluó en diferentes ambientes de producción. El ambiente puede definirse por la tecnología (densidad de plantas, riego, fertilización) y especialmente por la calidad del suelo (**Figura 9**). En ambientes de potencialidad media (15 a 25 Mg/ha), el rendimiento de *Pantanoso del Sauce* fue significativamente superior al de variedades precoces y variedades tardías. En ambientes de alto rendimiento (30 a 35 Mg/ha), la variedad "Valcatorce" de ciclo largo alcanzó rendimientos competitivos, aunque en esos ambientes el ciclo intermedio de Pantanoso del Sauce mantuvo la superioridad (**Figura 9**). La difusión de Pantanoso del Sauce es un ejemplo de aplicación del conocimiento generado en la Universidad de la República que contribuyó a la seguridad alimentaria. En efecto, posibilitó que agricultores con tecnologías limitantes y en ambientes productivos subóptimos alcancen rendimientos competitivos, manteniéndose en actividad y contribuyendo a la oferta en el mercado. A partir de censos agropecuarios y encuestas de producción en Uruguay, se estima que el rendimiento del cultivo evolucionó positivamente en las últimas décadas, con aumentos de 334 kg/ha al año (**Figura 10**). La contribución del ciclo intermedio de Pantanoso del Sauce se estima en 20 a 30% del total, unos 100 kg/ha al año. Finalmente, cabe destacar que se constituyó un Programa de producción de semilla certificada con productores familiares que aseguró la disponi-

Figura 9. Rendimiento de las variedades Texas Early, Pantanoso del Sauce y Valcatorce



Rendimiento de las variedades Texas EG 502 (precoz), Pantanoso del Sauce (intermedia) y Valcatorce (tardía), en función del rendimiento medio de cada ensayo (localidad-año). Localidades: (Br) Brunosol del CRS; (Ve) Vertisol del CRS; (CG) Canelón Grande; (PS) Pantanoso del Sauce; (Br2) Brunosol 2 del CRS (Galván *et al.* 2000).

Figura 10. Rendimientos experimentales y especialización productiva



Evolución de los rendimientos en ensayos experimentales realizados en el Centro Regional Sur y en INIA Las Brujas (marcadores rojos), y rendimientos reportados por los Censos Agropecuarios y Encuestas de Producción del Ministerio de Agricultura (MGAP) de Uruguay (marcadores azules)

bilidad de las variedades mejoradas por la Universidad de la República y el INIA Uruguay. El programa de certificación es una experiencia novedosa para la horticultura en Uruguay, gestionado mediante una alianza público-privada que viabilizó la soberanía y la seguridad alimentarias en este cultivo en Uruguay (Peluffo *et al.*, 2016).

4.2.2 Asegurando la inocuidad de la leche a nivel de granja

Lucía Grille[10]

Uruguay es uno de los principales países exportadores de leche y productos lácteos en la región, exportando 70% de su producción. Principalmente, leche en polvo entera en 66%, leche en polvo descremada en 8,9%, los quesos en 18,8% y la manteca en 6,16% (INALE, 2016). La mayor parte de la leche producida se destina a la industrialización. El precio de la leche está definido por la calidad higiénico-sanitaria (H-S), evaluada mediante recuento bacteriano (RB) y recuento de células somáticas (RCS). El RCS es un indicador indirecto de la inflamación intramamaria (calidad sanitaria) y el RB aporta información de las condiciones de higiene con las que fue obtenida la leche en la granja (calidad higiénica). La incorporación de tanque de frío en los años 1980 (temperaturas menores a 4°C), así como la pasteurización obligatoria a nivel industrial, son algunas de las estrategias desarrolladas para lograr el control del crecimiento microbiano en la leche. De esta manera, se ha logrado controlar el desarrollo de microorganismos mesófilos, pero no así otros grupos bacterianos, como los termorresistentes, termodúricos y psicrótrofos, difíciles de controlar mediante estos procesos (Buehner *et al.*, 2014). Estos últimos, además, producen enzimas termotolerantes con gran potencial deteriorante, afectando la calidad de los productos lácteos. Es por eso que algunos países (EUA, 2004) los han incorporado como indicadores de calidad higiénica. En Uruguay, los últimos datos disponibles de calidad H-S (enero-agosto de 2016) muestran valores de 57.730 unidades formadoras de colonias/ml para RB y de 437.610 células/ml para RCS (Colaveco, 2015). Entre 2011 y 2013 se realizó una investigación en predios de la región noroeste del país, mostrando valores de RB y RCS por debajo de las exigencias nacionales e internacionales (Li *et al.*, 2014) y destacándose, además, la importancia de incorporar microorganismos psicrótrofos y termodúricos en el control

10. DMV, MSc, Asistente, Departamento de Ciencia y Tecnología de la leche, Facultad de Veterinaria, UdelaR.

de la calidad higiénica (Grille, 2016). Esto demuestra el permanente avance en investigación en calidad de leche de nuestro país, manteniendo un estricto control incluso en parámetros que aún no se exigen a nivel de los mercados internacionales. Desde el año 1995 existe el Sistema Nacional de Calidad de Leche, creado en acuerdo entre productores, industriales y el Estado. Desde su implementación ha impactado en forma positiva en la producción de leche de calidad, lo que se ha logrado principalmente mediante estímulos económicos al productor y constantes actualizaciones en los límites de RB y RCS de la leche remitida a planta. Además de calidad, es importante definir cuándo un producto lácteo se considera inocuo. La FAO (2004) remite a inocuidad cuando se hace referencia a todo riesgo, crónico o agudo, que puede hacer que los alimentos sean nocivos para la salud del consumidor. Las preocupaciones relacionadas con los riesgos alimentarios se han centrado en riesgos microbiológicos, plaguicidas, utilización inadecuada de aditivos alimentarios, contaminantes químicos y adulteración. En Uruguay, las exigencias sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica en lácteos están definidas en el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/ 994) (MSP, 1994). A su vez, existe en el país desde 1978 un Programa Nacional de Residuos Biológicos (PNRB) que controla medicamentos y contaminantes ambientales en alimentos de origen animal (Decreto 360/003). En los lácteos se controlan: inhibidores de crecimiento bacteriano, antibióticos (cloranfenicol, sulfas, nitrofuranos), antihelmínticos, fenilbutazona, aflatoxinas, metales pesados (Pl y Cd), plaguicidas organoclorados y organofosforados (MGAP, 2009). Con el objetivo de construir una estrategia nacional en temas de inocuidad, se crea, en 2014, la Unidad de Coordinación y Planificación de la Inocuidad Alimentaria (UCPIA) también en la órbita del MGAP. El lugar que ocupa actualmente la inocuidad en las políticas centrales demuestra la evolución de esta temática en el país. La demanda, por parte de los consumidores, de alimentos seguros y de alta calidad nutricional, así como la obtención de alimentos funcionales de forma natural (no sintética), han aumentado en los últimos años. Uruguay posee excelentes condiciones para la producción de este tipo de alimentos (sistema básicamente pastoril), por lo que fortalecer este sistema de producción permitirá la obtención de productos lácteos con alto valor agregado, mejorando la percepción de los mismos como alimentos saludables. Puesto que, en el caso de nuestro país, la inocuidad es un claro atributo de competitividad, el desafío estará enfocado en generar conocimiento propio para el análisis de riesgos, fortaleciendo capacidades y formación de recursos humanos en las necesidades nacionales.

4.2.3 Desarrollando alimentos de alto valor nutricional de la academia a la granja avícola. Huevos multienriquecidos en DHA-Selenio

Ali Saadoun[11]

El desarrollo de un huevo multienriquecido en DHA-Selenio fue el resultado de una exitosa alianza de la academia (UdelaR, Facultad de Ciencias y de Agronomía) con el sector productivo (empresa avícola nacional), en el marco de proyectos concursables del programa Fondo de Promoción de Tecnologías Agropecuarias (FPTA, INIA). A través de la alimentación de las aves se produjo un huevo que contiene ocho veces más DHA y dos veces más selenio que un huevo común. Puesto que el huevo es un alimento de alto valor proteico, es sabroso, económico y permite, cuando está enriquecido, hacer llegar DHA y selenio a los consumidores a través de una dieta habitual, este avance presenta la oportunidad de contribuir con la calidad nutricional de la alimentación, aportando micronutrientes para los cuales hay clara deficiencia en la dieta uruguaya (Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional, 2017). Este alimento vuelve a recuperar su lugar en una dieta nutricionalmente inteligente, desde que la USDA (2016) dejó sin efecto la recomendación de limitar a 300 mg el consumo diario de colesterol. Esto último ha sido durante medio siglo el principal freno al consumo de huevos. El huevo multienriquecido en DHA-selenio, producto de la investigación científica nacional, está presente en los comercios de Uruguay desde diciembre de 2011 hasta la fecha y lleva los logos de las instituciones que participaron en ese desarrollo.

11. Lic. Biol. Dr, Profesor Titular, Departamento Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Prof Agdo, Fisiología y Nutrición, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, UdelaR.

5. Sistemas alimentarios. Mejora de la eficiencia y valorización

5.1 Situación del trigo y perspectivas de mejora

Daniel Vázquez[12]

El trigo (*Triticum aestivum*) es clave en la cultura alimentaria uruguaya, a tal punto que constituye la principal fuente energética de la dieta de los uruguayos: 790 kcal per cápita (OBSAN, 2017), aproximadamente un tercio del total en una dieta de 2.400 kcal, y más de 80% del aporte total de los cereales (INE, 2005). El volumen de producción osciló en el entorno al volumen consumido (aproximadamente 400.000 t por año) durante décadas, hasta que, en los últimos diez años, aumentó al punto que Uruguay se consolidó como un exportador neto, estando en la lista de los 20 principales exportadores en varias ocasiones, con una producción máxima de 2 millones de toneladas en 2011.

El ingreso del trigo uruguayo a los mercados internacionales aumentó la exigencia de calidad. La falta de integración vertical generó un sistema en el que no se premian los mejores trigos, causando problemas en la comercialización y castigos en los precios. Como consecuencia, desde el pico de producción del año 2011, el área de siembra y, por consiguiente, la producción, ha disminuido año tras año, aunque se mantiene un alto saldo exportable. La industrialización del trigo implica que se generen requisitos de calidad complejos que se pueden resumir en tres grandes grupos. Por un lado, es clave tener grano de buena calidad física, lo que ha sido una demanda tradicional en Uruguay, sin problemas técnicos ni comerciales. Por otro lado, es necesaria una buena calidad panadera; el principal limitante del trigo nacional es el contenido de proteínas, que debe ser alto, lo que no se puede conseguir con el actual sistema de producción si no se incentiva económicamente una fertilización con ese objetivo. Por último, como todo alimento, es fundamental que este sea inocuo. Relevamientos que se hacen todos los años han mostrado que, en ese sentido, la única limitante es el contenido de micotoxinas causadas por infecciones con hongos del género *Fusarium*. Dada la importancia de estas infecciones, el país está a la vanguardia en investigaciones sobre cómo minimizar su efecto. A pesar de ello, en años con climas adversos es muy difícil obtener trigos sin este problema.

5.2 La valorización de las hortalizas locales por su calidad nutricional

Fernanda Záccari[13]

En Uruguay se producen más de 50 hortalizas que se comercializan en nuestro mercado, provenientes de sistemas de producción que promueven la aplicación de buenas prácticas agrícolas. Papa, cebolla, zapallo, boniato, tomate y zanahoria se destacan en el consumo nacional de hortalizas por el peso y el volumen que estas ocupan en la canasta familiar (OBSAN, 2017). Las hortalizas son fuente de nutrientes y antioxidantes en la dieta humana, destacándose por su aporte de vitaminas, fibra dietética, minerales y aceites esenciales. La papa, el boniato y el zapallo, ricos en carbohidratos, son también perecederos y sufren pérdida de nutrientes. Aplicando herramientas que integren la selección de la variedad, el estado de madurez en cosecha, el sistema de almacenamiento y la forma de preparar las hortalizas contribuye a reducir la pérdida del alimento y sus nutrientes (Zaccari *et al*., 2015). En la Facultad de Agronomía (UdelaR) se estudian cultivares locales desde un enfoque nutricional con el objetivo de contribuir a la SAN. Un estudio en zanahorias adaptadas a las condiciones locales arrojó que, además de ser ricas en minerales, presentan contenidos de provitamina A (6,1 mg de betacaroteno/100 g) similar al de las variedades extranjeras (7,1 mg/100 g), a pesar del color pálido, no siendo afectado por el proceso de cocción (Zaccari *et al*., 2015). Por otro lado, un estudio en variedades de zapallo y boniato locales muestra que son más ricas en provitamina A (15 y 33 mg /100 g) en el cuarto mes (julio) de conservación, mientras que el aporte de glucosa bioaccesible (0.5-1 y 5-7.7 g/100 g pulpa cocida), se mantiene durante

12. Qco, PhD, Investigador Principal, Programa Nacional de Cultivos de Secano, INIA.

13. Ing. Agr. MSc, Profesor Adjunto, Poscosecha de Frutas y Hortalizas, Facultad de Agronomía, UdelaR.

períodos prolongados de conservación (6 meses). El aporte de provitamina A y carbohidratos disponibles le otorgan al zapallo y al boniato, alimentos tradicionales en los hábitos alimentarios uruguayos, un renovado interés nutricional. Mejorando las condiciones de almacenamiento para evitar las altas temperaturas (12-14°C y 80% HR), se reduce hasta dos veces la pérdida de calidad respecto de la conservación tradicional, sin control de temperatura y humedad (Zaccari *et al*., 2015). Las prácticas culinarias simples para el consumo *in natura* o con mínimo proceso son temas a desarrollar en un enfoque de agricultura sensible a la nutrición.

5.3 La fruticultura, situación y perspectivas frente a la variabilidad climática

Milka Ferrer[14] y Gianfranca Camussi[15]

La producción de frutales y vid se concentra en 80% en el sur del país y está orientada al mercado interno, siendo 90% de la producción tres productos: manzanas, duraznos y peras. El promedio de producción total de los últimos tres años es de 630.000 t, que incluyen la producción de cítricos, frutas de hoja caduca, hortalizas y papas. La producción de uva alcanza en 2017 cerca de 90.000 t siendo 5% para consumo como uva fresca. El volumen promedio de vino es de 90 millones de litros por año (INAVI, 2012). En promedio, en el mismo período se importaron 54.000 t de frutas tropicales, incluida la banana, y 26.000 t de frutas y hortalizas que complementan la oferta local. La estimación del consumo de frutas en Uruguay es de 245 g/día (OBSAN, 2017) estando por debajo del recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo el óptimo 400 g/día de frutas y verduras, por debajo del consumo promedio en Europa (389,96 g/día) y por encima del de Chile (168,3 g/día). El vino, consumido con moderación, es considerado desde la antigüedad como un alimento, por su aporte energético y este concepto se encuentra hoy revalorizado desde un enfoque de salud. El rol como antioxidante por su contenido en compuestos fenólicos, favorece la protección contra las enfermedades relacionadas con el envejecimiento. El efecto benéfico de esta bebida se asocia a un consumo sostenido que no supere los 250 cc/día, equivalente a la recomendación de la OMS de un máximo de 30 g/día de alcohol en hombres y 20 g en mujeres. El consumo de vino en Uruguay es de 27,5 L año (Francia, 38,5 L.) siendo 1/3 del límite recomendado.

La variabilidad en volumen de producción y calidad de frutas debido a los efectos del clima obliga en algunos años a la importación de frutas y hortalizas. En el marco del Proyecto auspiciado por la FAO "Nuevas Políticas para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático-Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática" (Ferrer *et al*., 2013), en el capítulo relativo a Frutales y Vid se establece que, para los frutales, la insuficiencia de bajas temperaturas invernales es una limitante de los volúmenes producidos. Se plantean estrategias para mitigar a más largo plazo, en lugar de las tecnologías actuales disponibles en el país (costosas y no 100% eficaces), basadas en el uso de variedades de bajo requerimiento de frío. Esto es posible sobre todo en el duraznero, mientras que las variedades disponibles a nivel internacional para la manzana, cuya producción de fruta es de buena calidad, son de medio a alto requerimiento. Los modelos de escenarios probables de cambio climático señalan, entre otras tendencias, la posibilidad de aumento de las precipitaciones en primavera y verano, de la temperatura media mensual, del número de días con temperaturas mayores a 30°C y la ocurrencia más frecuente de eventos extremos. Estas predicciones tendrán una fuerte influencia sobre la ocurrencia de plagas y enfermedades. En los frutales se observa, con mayor frecuencia y precocidad en la temporada de su crecimiento, el ataque de insectos de comportamiento tropical, tales como la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied) y de sarna del manzano (*Venturia inaequalis* FP). En la vid se observa el complejo de las podredumbres de racimo (*Botrytis* sp., *Alternaria* sp., *Aspergilus* sp., *Penicillum* sp.) sobre la calidad, la inocuidad y la vida útil del vino, que tiene consecuencias en la pérdida de rendimiento. Se plantea la necesidad de generar productos que tengan en cuenta el impacto ambiental y la salud del consumidor tales como: conocer las condiciones predis-

14. Ing. Agr. Dr, Profesor Titular, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UdelaR.

15. Ing. Agr. MSc, Profesor Adjunto, Departamento Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UdelaR.

ponentes de las plagas y enfermedades, técnicas de cultivo que minimicen el uso de fitosanitarios, contar con maquinaria adecuada para su aplicación, llevar registros de uso y dosis correctas de fitosanitarios permitidos, respeto por los tiempos de espera entre las aplicaciones y el consumo, capacitación del personal aplicador, incorporación de productos naturales biodegradables, control biológico. En el largo plazo es necesaria la introducción y el ensayo de variedades resistentes a enfermedades, a manera de disminuir las aplicaciones de fitosanitarios. Otro resultado relacionado con la variabilidad climática es la necesidad de replantear el actual paquete tecnológico: en lugar de ser prioritario el riego (60% de la superficie regada en frutales), lo debería ser la elección del sitio a plantar, su ubicación topográfica y la construcción de buenos drenajes, mientras que el riego sería, en ese caso, de tipo suplementario para ocasionales déficits hídricos. La composición química de la uva está fuertemente asociada, de forma negativa, con la temperatura y, de forma positiva, con las precipitaciones, lo que plantea la necesidad de cambios en la gestión de la vinificación y alteración en la tipicidad de la variedad.

5.4 Bases teóricas y resultados de la investigación que apoyan la intensificación ecológica de la ganadería en campo natural de Uruguay

Pablo Soca[16]

Los sistemas ganaderos sobre campo natural son la principal actividad económica y social del agro en Uruguay. El campo natural constituye 90% por ciento del recurso forrajero y proporciona servicios ecosistémicos como los siguientes: secuestro de carbono, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la regulación del agua y la dinámica de nutrientes. Durante las últimas décadas, y con objeto de intensificar la producción de alimentos con destino humano, los sistemas sobre campo natural han sufrido incrementos de la carga animal y de la expansión de la forestación y la soja. La producción de carne y los porcentajes de parición promedio sobre campo natural resultaron inferiores al potencial –70 kg de carne/ha/año frente a 200 kg de peso vivo/ha/año (Do Carmo *et al*., 2016)–. Las tasas de parición, de un promedio de 63% en los últimos 10 años, podrían alcanzar 80-85%. Estos indicadores son explicados por un bajo consumo de energía que determina un balance energético negativo (BEN), una pobre condición corporal (CC) al parto, un largo período de anestro posparto, una baja probabilidad de preñez y un peso vivo de terneros al destete (150 kg). Los niveles de producción explican una ganadería de pobre resultado económico, vulnerable a cambios climático-económicos y con una limitada capacidad de competir con rentas agrícolas y forestales, lo cual compromete la sostenibilidad de la ganadería a largo plazo. Lograr la mayor cantidad de producto animal por unidad de superficie, con el menor costo y riesgo económico posible, y sin deteriorar los recursos naturales, ha sido el objetivo central de la línea de investigación en campo natural (Do Carmo *et al*., 2016). Nuestro planteo ubicó al campo natural como la principal oportunidad productiva para intensificar ecológicamente la ganadería y para orientar el aumento en producción con la calidad, capturar valor y mejorar la competitividad y sustentabilidad de la ganadería. El control de la intensidad de pastoreo es la principal herramienta para mejorar simultáneamente la captación, utilización y conversión de la energía solar en producto animal, de manera de mejorar la competitividad física y económica de la cadena cárnica (Carriquiry *et al*., 2012; Do Carmo *et al*., 2016). Su efecto sobre el flujo de energía se expresa a través de la oferta de forraje (OF) (kg MS/kg PV). Esto justificó el diseño de experimentos para estudiar el efecto de cambios en la OF y grupo genético (GG) de las vacas sobre la productividad primaria, el consumo y la eficiencia del uso de la energía de la cría en campo natural. Se emplearon dos tratamientos de oferta de forraje, alta (AOF) y baja (BOF) (10 vs 6 kgMS/100 kgPV/día en promedio, AOF vs BOF, respectivamente), así como vacas de dos grupos genéticos (puras: Aberdeen Angus y Hereford y cruzas: sus respectivas cruzas F1, PU vs. CR). Un cambio de BOF a AOF permitió incrementar la cantidad de forraje (50%) y la producción de forraje (30%) sin modificar la carga animal, así como mejorar la eficiencia reproductiva, el peso al deste-

16. Ing. Agr. Dr, Profesor Titular, Departamento Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, UdelaR.

te y la producción de carne por hectárea (Do Carmo *et al*., 2016). Las vacas CR presentaron una superioridad productiva y reproductiva (heterosis) frente a las vacas puras (Angus y Hereford), siendo esta superioridad mayor en ambientes restrictivos (BOF) (Do Carmo *et al*., 2016). Es posible duplicar la producción de carne por unidad de superficie del Uruguay y contribuir al diseño de sistemas de producción donde se acople la diversidad y economía. Esto confirma que existe un gran espacio de intensificación física y económicamente viable para la ganadería del Uruguay, sin cambios en los recursos financieros. Dicho camino será sinérgico con el resto de la cadena cárnica porque estimulará la reducción del costo de producción por kilo de producto, el uso de la herramienta "denominación de origen" y las mejoras en la sostenibilidad del aparato productivo. Esto nos permite transitar hacia la "ganadería de precisión" y proyectar un futuro donde se acople la producción de alimentos con lo tecnológico.

5.5 Valorizando la cadena cárnica pastoril en un paradigma de nutrición y salud

María Cristina Cabrera y Ali Saadoun

Los alimentos de origen animal han acompañado al hombre a lo largo de su evolución y han sido asociados al desarrollo intelectual de los homínidos y a la diferenciación con sus ancestros. Sin embargo, algunas corrientes filosóficas recomiendan la eliminación de la carne, en favor de un régimen estrictamente vegetal. Eso haría desconocer el aporte de los alimentos de origen animal en el desarrollo humano. Hace 2 millones de años, los primeros humanos agregaron a su dieta vegetal la carne de caza, la médula ósea y animales acuáticos, y existen evidencias científicas convincentes de que esta innovación alimentaria provocó un crecimiento de peso del cerebro de 350 g a 1,350 g. La adquisición de las capacidades cognitivas está asociada a los componentes mayores del cerebro, como el ácido docosahexaenoico, el hierro hemo, el selenio, el zinc y la vitamina B12. Las carnes y alimentos de origen animal son la principal fuente de hierro hemo, zinc y vitamina B12. Su carencia en la dieta provoca deficiencias graves, de importancia global, y es la principal causa de incidencia de la anemia en niños, mujeres adolescentes y embarazadas en el mundo y en el Uruguay (OMS/OPS, 2016; Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional, 2017). Desde su introducción a América la carne bovina ha sido un alimento de gran importancia que, en el Uruguay, identifica a la población local en diferentes manifestaciones de la vida cotidiana. El Uruguay produce 1% de la carne que se consume a nivel mundial, ocupando el número 23 en el *ranking* mundial de países productores. Es el tercer país, a nivel mundial, que más carne bovina consume (58.6 kg per cápita) y el sexto país exportador de carne bovina y ovina (USDA, 2016). A pesar de la abundancia de este alimento, existe una proporción de la población que no accede a ella. Esto se da, por un lado, por el bajo poder adquisitivo y el alto costo de la carne para el mercado interno y, por otro, por los cambios en los patrones alimentarios o por la percepción que el consumidor tiene del bienestar animal.

La importancia que la carne magra y de buena calidad tiene en una dieta moderna, variada y equilibrada es indiscutible por tratarse de un alimento completo, que no sólo aporta proteínas de alto valor biológico, sino que también micronutrientes esenciales. La carne es la principal fuente de hierro hemo y zinc biodisponible (Cabrera y Saadoun, 2014), y permite mantener un peso corporal óptimo. En los niños, el aporte de hierro hemo permite cubrir los requerimientos de un desarrollo cognitivo óptimo, impactando la capacidad de aprendizaje y el desarrollo intelectual futuro. Es una rica fuente de péptidos asociados al mantenimiento de la masa muscular y al retraso del envejecimiento. La carne difiere en su composición nutricional en función de la alimentación de los bovinos, por lo que se ha propuesto que el sistema de producción con base en pasturas genere una carne con mejores indicadores nutricionales (lípidos, ácidos grasos, minerales, vitaminas) y una mayor resistencia a la oxidación (Cabrera y Saadoun, 2014; Terevinto *et al*., 2015). Considerando al consumidor actual, la carne de sistemas pastoriles estaría mejor posicionada por su calidad nutricional, además de otros atributos que incluyen la sostenibilidad ambiental y social, y el bienestar animal. Desde el ámbito científico, y con el objetivo de recuperar consumidores que practican una dieta flexitariana tanto en el país como en los

mercados compradores de carne uruguaya, se han conducido investigaciones tendentes a caracterizar la carne bovina de sistemas pastoriles desde el punto de vista nutricional. Los objetivos estratégicos buscados son los siguientes: valorizar la cadena cárnica uruguaya pastoril en un paradigma de valor nutritivo, y valorizar los cortes relacionando el costo al aporte específico de nutrientes, con el fin de obtener una nutrición de precisión y sostenible para niños, adolescentes, mujeres gestantes y la vejez. Nuestro estudio intenta contribuir con las políticas alimentarias de un país donde, a pesar de que la cantidad de alimentos es suficiente para la población, una parte de las personas, en especial los niños, no acceden a alimentos cárnicos necesarios (OMS/OPS, 2016). La carne proveniente de sistemas pastoriles aporta los principales minerales esenciales. Con una porción de 100 gramos se cubre 100% de los requerimientos de selenio, entre 8 y 60% de hierro y entre 21 y 145% de zinc, considerando adultos y niños. Cada corte presenta un perfil mineral particular, lo cual permitiría adaptar la ingesta de carne a necesidades específicas en hierro, en zinc o en selenio (Cabrera y Saadoun, 2014). La carne de sistemas pastoriles contiene, además, más creatina (4,308 vs 3,588 mg/kg) y carnosina (3,887 vs 3,162 mg/kg) en comparación con la carne *feedlot* en Uruguay (Cabrera, *et al*., 2015). Estos péptidos son considerados como parte del denominado "factor carne": promueven la absorción del hierro no hemo de los alimentos vegetales, aumentando el valor nutricional de una comida mixta, aun conteniendo pocos gramos de carne. Respecto de los lípidos, la carne de sistemas pastoriles es más rica en ácido linolénico (C18:2n3), DHA y CLA, y tiene menos ácido palmítico (C16:0), un ácido graso aterogénico, en comparación con la de concentrado (Saadoun y Cabrera, 2015). Además, la carne de sistemas pastoriles presenta altos niveles de β-carotenos y de α-tocoferol, lo que explica la capacidad antioxidante de esta carne, a pesar de su perfil más alto en ácidos grasos insaturados (Saadoun y Cabrera, 2015). Estos estudios aportan información para la nutrición de precisión y el uso racional de un alimento caro, así como para la valorización de los sistemas de producción pastoriles. Si consideramos el alimento cárnico como una vía sostenible para luchar contra la anemia y las carencias de micronutrientes, el desafío para los próximos años será entonces profundizar el conocimiento fino de la composición nutricional de la carne, considerando razas, tipo de pastura, tipo de corte, así como los cambios provocados por los procesos tecnológicos.

5.6 El caso de la lechería uruguaya

Pablo Chilibroste[17]

La lechería uruguaya, ante cambios en las condiciones de competencia con otras actividades agrícolas y el aumento en el precio de la tierra (DIEA, 2011), ha incrementado sostenidamente la productividad. En las últimas décadas, el sector lechero uruguayo ha crecido a tasas del orden de 5% anual (DIEA, 2009). Este ritmo sostenido de crecimiento se ha acelerado en los últimos seis años con tasas de crecimiento del orden de 7% anual (INALE, 2016). Este proceso de crecimiento se ha basado fundamentalmente en aumentos de productividad (litros por hectárea), dado que la superficie lechera se ha reducido 10% durante el período (DIEA, 2009). La productividad por vaca es el factor que en forma individual explica una mayor proporción del crecimiento (> 60%), mientras que el aumento de carga animal explica 25-30% del incremento en productividad del sector. Esta estrategia de intensificación de la producción de leche en Uruguay se ha basado en un incremento significativo en el uso de concentrados y reservas de forraje (DIEA, 2009), mientras que la cosecha directa de forraje por parte de los animales ha permanecido sin cambios significativos (Chilibroste *et al*., 2011).

Este modelo de intensificación de la lechería uruguaya ha sido muy exigente en los niveles de inversión requeridos fundamentalmente en los procesos de alimentación (Mixer, playas de alimentación), capacidad de ordeñe, infraestructura (caminería, corrales, riego), gestión de efluentes y manejo del ganado. Estimaciones realizadas en el marco del proyecto de costos de Conaprole (Artagaveytia, sp.) demuestran que en los últimos tres ejercicios entre 50 y 75% de ingreso de capi-

17. Ing. Agr. PhD, Profesor Titular, Departamento Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, UdelaR.

tal de los tambos ha sido re-invertido en activos (infraestructura y animales). El proceso de intensificación también ha generado cambios significativos en el área de RRHH, aumentando significativamente las exigencias de capital humano calificado y niveles mayores de complejidad en la organización del trabajo. Las dificultades para acceder y luego retener mano de obra calificada son una de las primeras restricciones marcadas por los productores de leche para sostener crecimientos futuros y/o para introducir innovaciones en los sistemas (Encuesta Innovación ANII, 2013). La problemática de capacitación y formación de capital humano está instalada en toda la cadena láctea (al igual que en otras cadenas agroalimentarias). En términos generales, el proceso de intensificación ha derivado en sistemas de producción con niveles mayores de productividad, mejores resultados económicos, mejores niveles de eficiencia de conversión (litros de leche producido/kg MS consumido), mayores costos unitarios de producción, mayores requerimientos de inversión, niveles crecientes de complejidad y mayor presión sobre los recursos naturales.

Los sistemas de producción más intensivos siguen siendo muy competitivos a nivel internacional, teniendo Uruguay unos de los costos de producción de leche más bajos a nivel internacional (IFCN, 2013). El bajo costo de producción de los sistemas uruguayos se explica porque la participación del forraje (cosecha directa más reservas) en la dieta de los animales sigue manteniendo un nivel relativamente alto (Chilibroste *et al.*, 2011). El rediseño de los sistemas requiere cambios en la estrategia de alimentación, en el manejo de los animales y de la pastura. Evaluar cómo se afectan las variables de respuesta al modificar estos aspectos es de preocupación en la industria lechera. El análisis del problema debe integrar que Uruguay es un país netamente exportador (más de 60% de la leche producida) por lo que los aspectos relacionados con cantidad y tipo de sólidos producidos, salud y bienestar animal, gestión de los residuos (en sala de ordeñe y playas de alimentación) y control de los costos de producción son centrales en la competitividad de los sistemas de producción y de la cadena láctea en su conjunto.

Es necesario sentar las bases y generar las herramientas necesarias que permitan estudiar los pilares de eficiencia –aspectos amplios e integrados– de los sistemas de producción, y generar conocimiento respecto de los principales componentes que le dan competitividad al sistema. La problemática es compleja y la investigación llevada adelante, en general, se ha concentrado principalmente en la mejora de la alimentación para maximizar la producción. Han predominado los enfoques reduccionistas con falta de una visión integral de la problemática y, en general, sin integrar a los protagonistas del sector primario de la industria láctea. La información no ha llegado a tiempo al sector productivo, o más aún, genera lineamientos que no permiten predecir el comportamiento del sistema de producción frente a decisiones estratégicas. En respuesta a esta demandas se han creado en los últimos dos años Redes Sectoriales de Innovación con integración de la academia y el sector productivo, para dar respuestas sólidas con base en información científica proveniente de experimentos de mayor alcance, en datos obtenidos a nivel comercial y experimental, trabajando en red con los profesionales que ofrecen servicios a nivel comercial. La propuesta implica un cambio metodológico de interacción asociativa de actores del sector para llevar funciones en investigación y extensión de manera conjunta.

6. Consideraciones sobre la salud

Carmen Marino Donangelo[18]

6.1 Enfermedades transmitidas por alimentos

La inocuidad de los alimentos es un tópico de preocupación a nivel de salud pública mundial dado que la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos viene en aumento en muchos países, especialmente en los industrializados (WHO, 2015). A pesar de que los cambios recientes en la producción primaria de alimentos y en su procesamiento tecnológico, preparación y conservación han resultado en general en un mejor control de las enfermedades más comunes transmitidas por alimentos y agua –como fiebre tifoidea, tuberculosis

18. Qca, PhD, Profesor Titular, Escuela de Nutrición, Hospital de Clínicas, UdelaR.

y brucelosis–, las nuevas prácticas en la producción de granja y agrícola y los mayores tiempos requeridos en la cadena de distribución de alimentos han conducido a la aparición de nuevo patógenos asociados a alimentos, como *E. coli* O157, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella enteritidis, Listeria* y *Vibrio cholera*. Estos cambios también han aumentado el riesgo de exposición de alimentos a patógenos resistentes a antibióticos, como *S. typhimurium* DT 104, a diferentes norovirus y rotavirus, a agentes que causan encefalopatías transmisibles (priones) y a residuos químicos y contaminantes originados del medio ambiente y/o de las prácticas agrícolas e industriales (micotoxinas, contaminantes orgánicos persistentes, metales pesados). Además, los estilos de vida modernos dependen cada vez más de la disponibilidad de alimentos prontos para consumo, que pueden contener ingredientes originados en diferentes partes del mundo y requieren mayor tiempo desde la preparación hasta el consumo, lo que contribuye a aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos.

La inocuidad de los alimentos es un aspecto importante de la seguridad alimentaria dado que todos los alimentos accesibles para consumo deben ser inocuos en primer lugar. A nivel internacional, la OMS y la FAO han establecido estándares globales para la inocuidad de los alimentos a través de la Comisión del Códex Alimentario y de esa forma armonizan para todo el mundo la legislación sobre inocuidad de alimentos de diferentes naciones y facilitan el comercio internacional de alimentos (WHO/FAO/CODEX).

El Uruguay dispone de regulaciones nacionales para el control de la inocuidad y la calidad de alimentos y productos alimentarios (Reglamento Bromatológico Nacional, 1994) y para asegurar la biodiversidad y la bioinocuidad de plantas (Decreto, 2008). Las acciones relacionadas con el cumplimento de las mencionadas regulaciones son llevadas a cabo por los Ministerios de Salud Pública (MSP) y de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), el Instituto Nacional de Carnes (INAC), el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), las Intendencias Municipales y otras instituciones estatales. Existe coordinación e integración entre las acciones de las diferentes instituciones, sobre todo en lo que respecta a la vigilancia y a la conformidad con los estándares internacionales (FAO, 2011).

Asegurar la inocuidad alimentaria es de alta prioridad para el Uruguay, tanto para las metas nacionales de salud pública como para la exportación de alimentos. Efectivamente, la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos es muy baja en el país, con menos de 400 casos por año, de los cuales 30% son por Salmonella (OMS/OPS, 2016; MSP, 2016). Antes de 1994, *S. typhimurium* era el serotipo más frecuentemente aislado en brotes de salmonelosis; de 1997 a 2004, *S. enteritidis* fue el serotipo más prevalente, pero a partir de 2005 hubo una drástica reducción en el número de casos relacionados con ambos serotipos (Betancor *et al*., 2010). La Organización Mundial de Salud Animal ha certificado al Uruguay como un país libre de fiebre aftosa con vacunación y libre de encefalopatía espongiforme bovina (Organización Internacional de Epizootias).

En cuanto a la presencia de residuos de pesticidas en alimentos en Uruguay, un reporte de la Intendencia Municipal de Montevideo correspondiente al análisis de 831 muestras de frutas y verduras, incluyendo muestras frescas, congeladas y jugos, indicó que 2% de las mismas presentaba concentraciones por encima del límite residual máximo (*maximum residual limit*, MRL) establecido por el CODEX (IMM, 2012). Estos resultados concuerdan con el reporte 2013 de la Unión Europea sobre residuos de pesticidas en alimentos importados a Europa de diferentes países, en el cual Uruguay aparece con 1,4% de las muestras por encima del MRL del CODEX, porcentaje muy inferior al de otros países de América del Sur.

6.2 Enfermedades crónicas no-infecciosas relacionadas con el consumo de alimentos y con hábitos dietéticos

La salud y el bienestar de las poblaciones dependen de la compleja interacción entre factores socioeconómicos, ambientales y de estilo de vida, entre los cuales la ingestión de alimentos y la nutrición juegan un rol importante. En la mayoría de los países, el sobreconsumo de alimentos, especialmente cuando se asocia a la baja actividad física, aumenta el riesgo de enfermedades crónicas no-transmisibles (ECNT) como obesidad, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer. El tabaquismo, el estrés y el consumo abusivo de alcohol son también factores

importantes involucrados. Estas enfermedades se caracterizan generalmente por aporte excesivo de macronutrientes o por aporte insuficiente de micronutrientes. Por lo tanto, el sobreconsumo de alimentos coexiste muchas veces con deficiencia de vitaminas y minerales, y con baja ingestión de componentes bioactivos de alimentos protectores de la salud (WHO, 2015). Las ECNT representan la principal causa de morbilidad y mortalidad en el Uruguay (OMS/OPS, 2016). En 2014, la tasa total de mortalidad (por 100 mil habitantes, ajustada por edad) era 402,5 para las ECNT, en cuanto que era 38,6 para enfermedades infecciosas y 57,4 para otras causas. Una información relevante para el estado general de salud de la población uruguaya es que la expectativa de vida en 2016 fue de 77,5 años (hombres, 73,9 años; mujeres, 80,9 años). Dos encuestas nacionales realizadas en 2006 y 2013 por el Ministerio de Salud Pública, evaluaron la prevalencia de los principales factores de riesgo (metabólicos, comportamentales, estilo de vida) asociadas con las ECNT en la población adulta urbana en el Uruguay. En la encuesta de 2013, individuos más jóvenes (≥15 años) también fueron incluidos. Los datos más recientes (2013) indicaron que la prevalencia de sobrepeso (IMC ≥ 25 kg/m² and < 30 kg/m²) fue de 42,1% en hombres y 32,7% en mujeres, en tanto que la prevalencia de obesidad (IMC ≥30 kg/m²) fue de 26,0% en hombres y 29,2% en mujeres. La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue mayor a mayor rango de edad independientemente del género: 78,1% en el rango de 55-64 años comparado con 38,5% en el rango de 15-24 años. La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en adultos aumentó 8,1% de 2006 a 2013.

Una encuesta reciente (MSP/PPENT, 2016) indicó que la prevalencia de hipertensión arterial en adultos fue de 40,4% en hombres y 33,1% en mujeres. La prevalencia de hipertensión combinando los géneros fue mayor a mayor rango de edad, 62,8% en el rango de 55-64 años comparado con 8,7% en el rango de 15-24 años. En la población adulta, la prevalencia de la hipertensión aumentó 6,0% de 2006 a 2013. En la misma encuesta se observó alto nivel de colesterol en sangre (≥200 mg/dL) en 22,1% de los hombres adultos y en 20,9% de las mujeres adultas. Esta prevalencia aumentó con el rango de edad, de 8,6% en el rango 15-24 años a 35,0% en el de 55-64 años. De forma similar, la prevalencia de altos niveles en ayuno de glucosa en sangre /diabetes fue mayor en el rango de 25-64 años (11,1%) que en el de 15-24 años (2,0%). Considerando los factores comportamentales y de estilo de vida, la prevalencia del tabaquismo diario en 2013 fue un poco menor en mujeres adultas (25,4%) que en hombres adultos (32,5%), y menor aún (16,7%) en los individuos más jóvenes (15-24 años). Por otro lado, la prevalencia del consumo habitual de alcohol fue de 37,4% y 64,2% en mujeres y hombres adultos, respectivamente, con prevalencias también elevadas en los grupos de edad más jóvenes (48,8% y 40,2% en hombres y mujeres, respectivamente, con edades de 15-24 años). La baja actividad física estaba presente en 18,5% y 24,5% de hombres y mujeres, respectivamente, sin variación por el rango de edad. La adición de sal a comidas preparadas fue observada en 21,6% de los adultos (25-64 años) y en 32,4% de los individuos más jóvenes (15-24 años). El consumo diario insuficiente de frutas y verduras (menos de cinco porciones al día) estaba presente en 92,2% de los hombres y en 89,1% de las mujeres, sin diferencias significativas según género y rango de edad. La prevalencia de tres o más factores de riesgo simultáneos (metabólicos y comportamentales) fue de 47,2% y 39,9% en adultos (25-64 años) y de 12,6% y 17,5% en el rango etario más joven (15-24 años), hombres y mujeres, respectivamente.

En estas encuestas nacionales se ha obtenido información, aunque limitada, sobre el estado nutricional y los hábitos dietéticos de la población uruguaya. Sin embargo, no se ha buscado establecer asociaciones entre las informaciones nutricionales/alimentarias y la presencia de factores de riesgo de las ECNT. En una encuesta nacional diferente realizada en población urbana y rural del Uruguay se evaluaron gastos de los hogares en diferentes rubros que incluyen gastos en la adquisición de alimentos y bebidas (Bove y Cerruti, 2008). La información obtenida permitió estimar valores promedio del consumo aparente diario de alimentos y bebidas, estratificado por niveles de ingreso del hogar. Dado que aspectos como el desecho de alimentos y la distribución intrafamiliar dentro del hogar no fueron considerados, los resultados obtenidos representan promedios per cápita de consumo aparente de alimentos y bebidas en la población y no consumo a nivel individual.

Considerados los resultados en su conjunto, fue estimado que alrededor de 50% del consumo de energía a partir de alimentos y bebidas proviene de la combinación de productos de panificación, cereales refinados, grasas y aceites, 13% de carnes –especialmente carnes rojas–, 9% de leche y productos lácteos, 8% de frutas y verduras, y 12% de azúcar y bebidas azucaradas. En general, las comidas típicas consumidas en el país (carnes procesadas, a la parrilla y fritas; productos lácteos; panes y productos de repostería; papas fritas) promueven la exposición a través de la dieta a la proteína de origen animal, azúcares simples y almidón, grasa saturada y ácidos grasos trans.

En los hogares urbanos, los valores más elevados de consumo promedio per cápita se observaron para leche y productos lácteos (360 g/día); panes, productos de repostería y cereales refinados (260 g/día); bebidas azucaradas (138 g/día); y carnes, fiambres y embutidos (123 g/día). Consumos muy bajos se observaron para pescado (8 g/día) y leguminosas (5 g/día). Por otro lado, el consumo de yerba mate (25 g/día) fue más alto que el de café (2 g/día). Efectivamente, 80% o más de la población consume mate (una infusión preparada a partir de las hojas de la planta *Ilex. paraguayensis*), en promedio alrededor de medio litro por persona por día (MSP/PPENT, 2016).

En los hogares rurales, el consumo promedio per cápita fue mayor que en los hogares urbanos para leche y productos lácteos (530 g/día); panes, productos de repostería y cereales refinados (313 g/día); carnes, fiambres y embutidos (183 g/día) y yerba mate (35 g/día), pero fueron similares para frutas y verduras (220 g/día), leguminosas (6g/día), pescado (5g/día), grasas y aceites (38g/día) y bebidas alcohólicas (45 g/día).

El nivel de ingreso del hogar fue un factor muy importante que afectó el consumo per cápita de alimentos y bebidas de la población. Los hogares en el quintil más alto de ingresos tuvieron menor consumo de cereales refinados, mayor consumo de frutas/verduras y pescado, y seleccionaron con mayor frecuencia cortes de carne magra, comparados con los hogares del quintil de ingresos más bajo. El consumo de energía total, postres y bebidas azucaradas, y bebidas alcohólicas también fue más elevado en los hogares de mayor quintil de ingresos. Además, estos hogares tuvieron mayor consumo de alimentos con alto contenido de grasa total y colesterol. En cambio, los hogares en el menor quintil de ingresos fueron los que presentaron consumo más bajo de productos lácteos y carnes magras.

Independientemente del nivel de ingreso de los hogares, el consumo promedio aparente de alimentos y bebidas por parte de la población uruguaya parece cubrir los requerimientos nutricionales de proteína y ciertos micronutrientes como niacina, riboflavina, folato y vitamina B12, pero se muestra aparentemente insuficiente en fibra, vitamina C, vitamina A, vitamina E, potasio y calcio.

6.3 Nutrición y desarrollo infantil

El crecimiento y desarrollo óptimo desde la concepción hasta la primera infancia son condiciones necesarias bien reconocidas para asegurar la salud y el bienestar desde los primeros años de vida hasta la adultez. Interacciones entre genes y factores ambientales adversos como la sub o sobre-nutrición durante las primeras etapas del desarrollo embrionario y fetal pueden predisponer a enfermedades degenerativas crónicas en etapas posteriores del ciclo vital (Barker, 1990). Por lo tanto, las informaciones sobre ingestión alimentaria y estado nutricional durante el embarazo, lactancia y primera infancia son altamente relevantes para la salud pública.

Una encuesta reciente en Uruguay (ENDIS, 2015) fue la primera en evaluar simultáneamente el estado nutricional, las condiciones de salud y el desarrollo de niños menores a 4 años de edad a nivel nacional. Informaciones sobre el nivel de ingreso y educación de las familias, las prácticas de crianza y el número total de personas por hogar, también fueron examinadas.

Como resultados generales, se observó que el hacinamiento estaba presente en 25% de los hogares, especialmente en aquellos por debajo de la línea de pobreza (44,5%), y que el rol paterno estaba ausente para 20% de los niños. Los embarazos no fueron planeados en alrededor de 50% de los casos. El tabaquismo y consumo de alcohol estaba presente en 16,7% y 11,4% de las embarazadas, respectivamente, particularmente en las madres adolescentes y en aquellas con menor nivel de educación. Menos de la mitad de las mujeres (39%) recibió suplementos prenatales de hierro y ácido fólico durante el embarazo. La prevalencia de bajo peso al nacer (<2500 g) fue de 7,7% y la

de prematuridad fue de 10,7%, sin diferencias por edad materna o localización geográfica.

El retraso de talla (puntaje Z de la talla para la edad <-2) estaba presente en 4,5-5,0% de los niños, principalmente en los hogares por debajo de la línea de pobreza (6,7%). El sobrepeso fue encontrado en 9,6% y 11,3% de los niños menores de 2 años y de niños entre 2-4 años, respectivamente. La obesidad estaba presente en 1,9% y 2,1%, respectivamente, en los grupos de edad mencionados. La prevalencia de anemia reportada fue de 9%, especialmente elevada en niños de hogares por debajo de la línea de pobreza (13,1%). En una encuesta anterior realizada en niños menores de 2 años atendidos en servicios de salud públicos y privados, se observó una mayor prevalencia de anemia diagnosticada clínicamente (31%) y también de retraso de talla (10,9%), pero menor prevalencia de sobrepeso y obesidad combinados (9,5%) (Bove y Cerruti, 2011).

La inseguridad alimentaria evaluada en la encuesta ENDIS (ENDIS, 2015) a través de la escala ELCSA (Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria) (FAO, 2012), indicó que 4,3% de los niños vive en hogares con inseguridad alimentaria severa, y que 8,9% lo hace en hogares con inseguridad alimentaria moderada. En general, el consumo alimentario de los niños fue bajo en frutas, verduras y pescado, y aportaba cantidades excesivas de alimentos tipo *snacks* y golosinas. En más de 50% de los hogares, se adicionaba sal a los alimentos para niños menores de un año. Alrededor de 20% de los niños no consumía agua en caso de sed, sino que en su lugar consumía jugos o bebidas industrializadas, particularmente en los hogares de menores ingresos.

7. Políticas que contribuyen con la seguridad alimentaria y nutricional

María Cristina Cabrera

7.1 Ventajas comparativas en agricultura: competitivo pero vulnerable

El Uruguay tiene ventajas comparativas para la agricultura, generando una capacidad de producción de alimentos para 30 millones de personas. Pero, debido a la especialización productiva de la economía uruguaya, basada en la producción y exportación de productos de base primaria con escaso valor agregado, el país tiene riesgo de vulnerabilidad. El *Análisis Común de País* (CCA) de las Naciones Unidas advierte sobre el riesgo de este modelo económico, el cual está expuesto a las alteraciones de los mercados mundiales, fragiliza el crecimiento sostenido y genera un condicionamiento negativo en las expectativas económicas de la población en los niveles de inversión e innovación tecnológica, así como en la propensión a la migración de las personas de alto nivel educativo, todos factores clave para sostener el crecimiento en el largo plazo. Las ventajas comparativas son una oportunidad para apostar al agregado de valor y a la transformación con innovación, fortaleciendo las cadenas agroindustriales existentes y creando actividades intensivas en conocimiento. El objetivo final, según la FAO, es un uso de los recursos naturales ambientalmente sostenible, la reducción de las disparidades regionales de los niveles de ingreso per cápita y el desarrollo de una agricultura sensible a la nutrición.

7.2 Políticas que fomentan la innovación tecnológica a través de capital humano calificado

Las políticas públicas específicas que el Uruguay puso en marcha a partir del año 2005 crearon una nueva institucionalidad para la innovación (Gabinete Ministerial de la Innovación y la ANII) para promover un "Uruguay innovador". En este marco, se promueve la innovación fortaleciendo y orientando las áreas estratégicas, como el sector agropecuario y agroindustrial, a través de las cadenas de valor, y generando instrumentos para fortalecer el capital humano (SNI, Programas de Becas, Formación Técnica Terciaria y Posgrados nacionales). Se estimula la innovación a través de programas específicos de I+D+i, clústeres, consorcios de innovación, polos y parques tecnológicos, innovación en empresas y diversos programas de vinculación con el sector productivo, con financiación pública de la UdelaR o de la ANII. Los objetivos son múltiples: formación de recursos humanos altamente calificados, fortalecimiento de investigadores consolidados que contribuyan con la eficiencia y competitividad de los recursos productivos, con menos deterioro de los recursos naturales, con más inclusión social y vinculación efecti-

va con el medio empresarial y productivo en todas sus expresiones.

7.3 Políticas que promuevan el consumo de alimentos saludables

Respecto de las políticas de Seguridad Alimentaria y Nutricional, las acciones han sido más recientes y paliativas a situaciones graves surgidas de la pobreza y extrema pobreza reconocidas como existentes en el país (ENDIS, 2015). Si bien el nivel educativo de nuestra población es satisfactorio, los conocimientos, actitudes y prácticas alimentarias de los uruguayos son deficitarios, por lo que se deberá emprender urgentemente programas de educación nutricional para toda la población, con el fin de lograr una alimentación saludable. Los últimos años se han realizado programas de promoción de consumo de frutas y verduras integrando varias instituciones –INIA, Montevideo Rural, Mercado Modelo, MGAP (2010-2012)– y de meriendas saludables para cantinas escolares (MSP, 2014). También, como resultado de acciones interinstitucionales, se han publicado las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos (GABA, 2005; 2016). En el año 2013 se promulgó la Ley 19.140 de Alimentación Saludable en los Centros Educativos, que busca contribuir en la prevención del sobrepeso y la obesidad, la hipertensión arterial y las enfermedades crónicas no transmisibles vinculadas a malos hábitos alimenticios y al sedentarismo, y se estableció que no hubiera saleros disponibles en las mesas de los comedores escolares, como forma de desincentivar el consumo de sal. El MSP y el MIDES, a través de Uruguay Crece Contigo y del Instituto de Alimentación INDA, trabajan para el diseño de estrategias de promoción de hábitos saludables ya que, en el país, 30% de los alimentos consumidos son ultraprocesados y los índices de obesidad y sobrepeso son altos. Los precios elevados de los alimentos como frutas, verduras, carnes y pescados hacen difícil su inclusión en la alimentación diaria familiar (Barboza, 2007). El desafío está en crear políticas públicas para la educación alimentaria y normas para la regulación de productos ultraprocesados, así como un etiquetado que refleje no solo la composición de los alimentos preparados (ya existe), sino que advierta sobre la característica del mismo. Otro desafío es poder incidir en los precios para lograr un mayor acceso a alimentos de calidad.

7.4 Comercio internacional de la carne uruguaya: un caso de interés para el desarrollo económico con equidad

Pablo Caputi[19]

El Uruguay produce entre 550 y 600 mil t epc de carne bovina al año que no son absorbidas por el consumo interno, generando 400 mil t epc para el mercado internacional.

Los mercados. El destino de la carne uruguaya es Europa, EUA, Rusia, China, Israel y el Mercosur. Brasil y Argentina son mercados puntuales, mientras que Chile, que es importador neto, puede comprar volúmenes importantes. Europa fue el primer destino natural al continente ligado a la industrialización de la carne en nuestro país desde el siglo XIX (Liebig Company), hasta su retracción después de la Segunda Guerra Mundial. Hoy existe un flujo regular vinculado a cuotas o contingentes arancelarios (del país exportador o del bloque importador), como la denominada Cuota Hilton (6,300 t de cortes valiosos) y a una alternativa muy interesante, la denominada cuota 481 (o HQB, High Quality Beef). Esta cuota tiene varias ventajas estratégicas: no se paga arancel, se colocan casi todos los cortes y se hacen negocios con precios predefinidos con antelación. Israel, un mercado sólido y constante a lo largo del tiempo, importa 25 a 30 mil t epc. Entre ambos destinos (Europa, Israel) se coloca 25% del total a exportar.

Estados Unidos de América fue un mercado interesante hasta la crisis de la aftosa (2000/2001) y volvió a serlo a partir de 2004 cuando cambió su política de inocuidad y le permitió a Uruguay exportar carne desosada y madurada. Posteriormente, Rusia emerge como un comprador fundamental por su gran poder económico. La industria uruguaya mostró una gran flexibilidad para interpretar los movimientos en los mercados, redireccionando el producto al mercado que mejor pagaba. En los últimos años aparece China en el mercado mundial de la carne, como fuerte comprador de todas las especies. Para Uruguay se trata del principal importador y representa en 2016 más de 45% del volumen total. Los principales mercados (China, EUA, Europa, Israel) importan

19. Ing. Agr. PhD, Gerente, Gerencia del Conocimiento, INAC.

80% del total. El otro 20% se coloca en el resto del mundo, sin preferencias arancelarias y con grandes desventajas logísticas de localización frente a países competidores (como Australia y Nueva Zelanda en los mercados asiáticos). Uruguay ha creado una estrategia de penetración del país, sostenida por una institucionalidad rica y relativamente compleja que se ajusta muy bien a las necesidades de este comercio.

La estrategia de inserción. El organismo rector de las políticas agropecuarias del Uruguay es el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). Para el caso específico de la carne, el MGAP cuenta con el asesoramiento y la capacidad ejecutiva del Instituto Nacional de Carnes (INAC). Este organismo tiene la particularidad de ser una persona pública no estatal, que tiene en su Junta Directiva una composición mixta: tres delegados de los ganaderos, tres delegados de los industriales, dos delegados del Poder Ejecutivo (el presidente es indicado por el MGAP). Además de esta Junta Directiva, el INAC cuenta con un cuerpo especializado de técnicos que cuidan de los principales aspectos atinentes al negocio: el Control Comercial interno (transporte, carnicerías), la promoción de la Calidad (particularmente en la exportación), la Información y el Análisis Económico, el *Marketing* tanto en el mercado doméstico como internacional y, más recientemente, la función denominada como Conocimiento, que buscar acelerar los procesos de innovación en la cadena.

Para acceder a los mercados del mundo se precisa una sintonía muy fina con las prioridades políticas y comerciales del país y, en esto, la coordinación con la Cancillería es esencial. Gracias a esta acción conjunta entre el MGAP, la Cancillería y el INAC se ha logrado que se abran, para la carne bovina desosada y madurada, todos los mercados del mundo (con excepción del de Japón, cuya apertura es inminente). El denominado "circuito aftósico" dejó de ser una barrera no arancelaria, gracias a la acción del Uruguay, que lidera este proceso.

La mayor limitación para Uruguay es la falta de acuerdos comerciales de liberalización. Se ha estimado que sólo en carne vacuna, por concepto de aranceles, se paga una cifra cercana a los 200 millones de dólares, lo que habla de la magnitud del problema. Los avances en el aspecto sanitario deben ir acompañados por avances en el plano del comercio internacional, para evitar un debilitamiento de la posición que el país tiene hoy.

El camino futuro. Uruguay tiene 100% de su ganado bovino identificado electrónicamente, en un sistema controlado por el MGAP (Sistema Nacional de Identificación Ganadera, SNIG). El mismo se conecta con otro sistema de trazabilidad industrial que controla 100% de la carne que se produce, controlado por el INAC (Sistema Electrónico de Información de la Industria Cárnica, SEIIC). Además, se adapta a las demandas creando programas y protocolos de bienestar animal. Todo esto denota la confianza que el consumidor mundial puede tener en la carne del país. Producción natural, mayormente sobre pasturas naturales, a cielo abierto, con disponibilidad de agua y sombra, con prohibición por ley del uso de hormonas y de antibióticos como promotores de crecimiento. Por esta razón, el *marketing* de la carne usa como eslogan "envasamos la naturaleza, vendemos confianza". Sin embargo, estos soportes al *marketing* no son suficientes: el consumidor moderno quiere más. Por eso se realizan esfuerzos para mejorar la sostenibilidad de todo el proceso, midiendo y demostrando que esto es así. Para ello, hay diversos proyectos en marcha. También se busca atacar nichos específicos de consumidores, enfatizando los aspectos nutricionales de las carnes del país que tienen perfiles específicos por su fuerte impronta pastoril. Como la base genética es de buenas razas británicas (Angus, Hereford), esta es una fortaleza a explotar. Finalmente, toda la inteligencia que está incorporada en la cadena precisa ser sintetizada para que sea un co-producto útil a vender en el futuro. El desafío y la oportunidad están en vender un producto cárnico con valor agregado, las ingenierías y el *know how* que permitieron su obtención. Quizás este sea el mayor aporte que la ganadería pueda aportar al Uruguay en su camino al desarrollo económico, sostenible y con equidad.

8. Conclusiones

Uruguay ha aumentado su producción agropecuaria en los últimos 30 años con base en incrementos en su productividad, pero con el costo de la pérdida de parte de sus recursos (suelos, calidad

del agua), temas que el país tiene en su agenda como una prioridad para los próximos años.

La abundancia de alimentos en el país, al igual que en la región, no llega a una parte de la población, la cual presenta deficiencias nutricionales de importancia, indicando un desigual acceso a los mismos, ya sea por costo o por distancia. Otras causas de impacto en la población son los cambios en los patrones alimentarios. La prevalencia de deficiencias energético-proteica y de micronutrientes es similar a la de sobrepeso y obesidad en individuos jóvenes, por lo que se requieren políticas específicas para revertir la situación de seguridad alimentaria y nutricional actual.

Para disminuir los riesgos y la vulnerabilidad de la agricultura uruguaya y su impacto en SAN deben adoptarse políticas que permitan mejorar la competitividad y la integración a las cadenas de valor, así como mejorar la inocuidad y calidad de los alimentos. Será entonces necesario establecer políticas de gestión de la tierra, de planificación y de manejo de los recursos naturales y la biodiversidad, así como políticas para la diversificación de la producción agropecuaria y agroindustrial, que aumenten el valor agregado, y la hagan sensible a la nutrición. Por otro lado, deben promoverse políticas de desarrollo rural a nivel local que contribuyan con la seguridad alimentaria y nutricional.

Bibliografía

Barker, D.J. (1990). The fetal and infant origins of adult disease. *British Medical Journal,* 301 (6761): 1111, 1990.

Becoña, G.; Astigarraga, L.; Picasso, V. (2014). Greenhouse gas emissions of beef cow–calf grazing systems in Uruguay. *Sustainable Agriculture Research*, 3 (2):89–105.

Berretta A., Condón F., Rivas M. (2007). Segundo informe país sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. https://goo.gl/C87tYZ

Betancor, L.; Pereira, M.; Martínez, A.; *et al*. (2010). Prevalence of *Salmonella enterica* in poultry and eggs in Uruguay during an epidemic due to *Salmonella enterica* serovar enteritidis, *J. Clin Microbiol,* 48 (7): 2413-2423.

Bonnecarrère; V., Garaycochea S.; Fernández S.; Rosas J.; Quero G.; Pérez de Vida F.; Blanco P.; Gutiérrez L. (2014). Genome-wide association mapping in rice for yield and grain quality. Plant and Animal Genome Conference, San Diego USA.

Bove, M.I. y Cerruti, F. (2011). Encuesta nacional sobre estado nutricional, prácticas de alimentación y anemia en niños menores de dos años, usuarios de servicios de salud de los subsectores público y privado del Uruguay. Montevideo: UNICEF, MSP, MIDES, RUANDI.

Bove, M.I. y Cerruti, F. (2008). Los alimentos y las bebidas en los hogares. Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos 2005-2006. Instituto Nacional de Estadística. 2008

Buehner, K.; Anand. S.; Garcia, A. (2014). Prevalence of thermoduric bacteria and spores on 10 Midwest dairy farms, *Journal of Dairy Science,* 97:6777-6784.

Cabrera, M.C. y Saadoun, A. (2014). An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Science* 98, 435–444.

Cabrera, M.C.; Terevinto, A.; Zaccari, F. y Saadoun, A. (2015). Creatina, carnosina y anserina en el músculo *Longissimus dorsi* de novillos Aberdeen Angus alimentados a pasto versus concentrado. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). 9-13 noviembre. Puerto Varas, Chile.

Carriquiry, M.; Espasandin, A.C.; Astessiano, A.L.; Casal, A.; Claramunt, M.; Do Carmo, M.; Genro, C.; Gutiérrez, V.; Laporta, J.; Meikle, A.; Pérez-Clariget, R.; Scarlato, S.; Trujillo, A.I.; Viñoles, C.; Soca, P. (2012). La cría vacuna sobre campo nativo: Un enfoque de investigación jerárquico para mejorar su productividad y sostenibilidad. *Veterinaria* (Montevideo), 48 Supl. 1, 41-48.

Cayssials, R. y Álvarez, C. (1983). Interpretación agronómica de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Dirección de Suelos y Fertilizantes-MGAP, Boletín Técnico No. 9, Montevideo, p. 29.

Cayssials, R.; Liesegang, J.; Piñeyrúa, J. (1978). Panorama de la erosión y conservación de suelos en Uruguay. Dirección de Suelos y Fertilizantes-MGAP, Boletín Técnico No. 4.

Chilibroste, P.; Soca, P.; Mattiauda, D.A. (2011). Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. En: XV Congreso Latinoamericano de Buiatría, XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Eds. Centro Médico Veterinario de Paysandú – SUB. Paysandú, Uruguay. 8-10 Junio de 2011. Pp. 91-97. ISSN 1688-6674.

Cooperativa Laboratorio Veterinario de Colonia (Colaveco) (2015). Estadísticas de Calidad de leche de tanque. Disponible en: http://www.colaveco.com/colaveco/index.php Fecha de consulta: diciembre de 2016

Da Silva, C.; Zamperin, G.; Ferrarini, A.; Minio; A.; Dal Molin, A.; Venturini, L.; Delledonne, M. (2013). The High Polyphenol Content of Grapevine Cultivar Tannat Berries Is Conferred Primarily by Genes That Are Not Shared with the Reference Genome. *The Plant Cell,* 25(12): 4777– 4788.

De León L. (2016). Abordaje de la temática de la calidad de agua por la DINAMA. En: *Mesa: Calidad de Agua: Una Visión Multidisciplinaria. Libro de Resúmenes III Jornadas Interdisciplinarias en Biodiversidad y Ecología (JIBE) 'Desafíos Socio-Ambientales para el Uruguay del Futuro'* 28 de noviembre al 2 de diciembre. Rocha, Uruguay: Centro Universitario Regional del Este; 2016:129. http://www.cure.edu.uy/sites/default/files/Libro de resumenes III JIBE.pdf.

DIEA (2009). La producción lechera en el Uruguay. Anuario Estadístico Agropecuario 2009. MGAP, p. 79.

DIEA (2011). Anuario Estadístico Agropecuario 2011. MGAP, p. 246.

DIEA (2013). Anuario Estadístico Agropecuario 2013. MGAP, p. 246.

DIEA-MGAP (2009). Encuesta frutícola de hoja caduca: 1994, 1996 a 2009. Disponible en www.mgap.gub.uy

Do Carmo, M.; Claramunt, M.; Carriquiry, M.; Soca, P. (2016). Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *J. Anim. Sci.,* 94(S6):84–92.

Durán, A.; Califra, A.; Molfino, J. H. (2002). *Mapa de suelos del Uruguay y memoria explicativa, con leyenda basada en la clasificación de suelos de EEUU, Taxonomía de Suelos*. Facultad de Agronomía-UdelaR.

ENDIS (2015). Encuesta nacional de salud, nutrición y desarrollo infantil.

EU (2015). European Union on pesticide residues in foods. *EFSA Journal* 13(3): 4038, 2015.

EU (2004). Regulation (EC) N° 853/of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004. Laying down specific hygiene rules for food of animal origin. *Official Journal of the European Union* 47:L226/22-L226/82.

FAO (2004). El Control de los Alimentos en el Uruguay. Segundo Foro Mundial FAO/OMS de Autoridades de Reglamentación sobre inocuidad de los Alimentos. Bangkok, Tailandia.

FAO (2011). Marco de Programación País para la cooperación de la FAO en Uruguay 2011-2015.

FAO (2012). Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria, ELCSA. En: http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf

Farley, K.A.; Jobbágy, E.G.; Jackson, R.B. (2005). Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology,* 11(10):1565-1576. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.01011.x.

Ferrer, M.; Camussi, G.; Fourment, M.; Varela, V.; Pereyra, G. (2013). MGAP-FAO. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la viticultura y la fruticultura frente al cambio climático. Volumen VI de *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay,* p. 60.

Frison, E. y Hodgkin, T. (2016). Strategic opportunities to strengthen community based approaches to seed agrobiodiversity. In: *The Future of Food: Seeds of Resilience. A Compendium of Perspectives on Agricultural Biodiversity from Around the World,* p. 29.

Galván *et al*. (2000). La adaptación productiva del germoplasma local de cebolla y morrón y su utilización en el desarrollo de cultivares. Informe Final del Proyecto CSIC I+D. Universidad de la República, p. 18.

Galván, G.; González, H.; Vilaró, F. (2005). Estado actual de la investigación en poblaciones loca-

les de hortalizas en Uruguay y su utilización en el mejoramiento. *Agrociencia*, 9(1-2):115-122.

Galván, G. (1993). Poblaciones locales de cebolla. En: Capra *et al*. (Eds). Cultivo de cebolla en la región Sur. *INIA Boletín de Divulgación,* 29:19-20.

Galván, G.; González, H.; Sollier, S. (1997). Productive adaptation of onion (Allium cepa L) landraces used for postharvest storage. *Acta Horticulturae,* 433:165-170.

García Préchac, F.; Hill, M.; Clérici, C. (2015). EROSION versión 6.0.20, Programa de computación para el uso de la USLE/RUSLE en Uruguay y la Región Sur de la Cuenca del Plata. Versión operativa en Windows. Disponible en www\fagro.edu.uy: Dpto. de Suelo y Aguas, Manejo y Conservación.

Grille, L. (2016). *Caracterización estacional de la calidad de la leche de tanque en predios de la región litoral norte del Uruguay. Efecto del tiempo de almacenamiento y tamaño del rodeo sobre la calidad higiénico-sanitaria.* Tesis de Maestría en Producción Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.

IMM (2012). Informe sobre control de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas. www.montevideo.gub.uy/sites/deafult/informe_2012

INALE (2016). Información del Uruguay, exportaciones, productos y destinos. Disponible en: https://goo.gl/nrvyhM

INAVI (2012). Estadísticas de vino y viñedos. Disponible en www.inavi.com.uy

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. In H. S. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngara, y K. Tanabe (Eds.), Japan: (Hayama: IGES).

Jarvis, D.I., *et al*. (2008). A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105:5326-5331.

Lizarralde, C.; Picasso, V.; Rotz, A.; Cadenazzi, M.; Astigarraga, L. (2014). Practices to Reduce Milk Carbon Footprint on Grazing Dairy Farms in Southern Uruguay: Case Studies. *Sustainable Agriculture Research,* 3 (2).

Lozano-Juste J. & Cutler S.R. (2014). Plant genome engineering in full bloom. *Trends Plant Sci,* 19 (5): 284-7. doi: 10.1016 / j.tplants.2014.02.014

McGuire, S. y Sperling, L. (2016). Seed systems smallholder farmers use. *Food Security,* 8(1): 179-195.

MGAP (2009). Manual de Calidad del Programa Nacional de Residuos Biológicos. Departamento de Sanidad Animal. Departamento Control Sanitario de Lácteos. En: http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/manualpnrbdeptocontrolsanitariodelacteos-2cversi25c325b3n3a25c325b1o2009_1.pdf Consultado: diciembre 2016.

Modernel, P.; Astigarraga, L.; Picasso, V. (2013). Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production systems. *Environmental Research Letters,* 8 (3).

Mondelli, M., y Bervejillo, J. (2015). "Desempeño, desafíos y oportunidades del sector." Ch4 en *El desarrollo agropecuario y agroindustrial de INDA.* (2017). Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (OBSAN). Indicadores. Consumo y utilización biológica de nutrientes. Consumo de frutas, verduras y tubérculos. http://obsan-inda.mtss.gub.uy/indicador/?id=101(Disponible 06/02/2017).

MSP (1994). *Reglamento Bromatológico Nacional.* Decreto Nº 315/994 del 05/07/1994. 2ª Ed., Montevideo, IMPO.

MSP (2016). GABA, *Guía alimentaria para la población uruguaya,* p. 104.

MSP (2016). *División Epidemiología.* DIGESA.

MSP/PPENT (2016). 2a Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades no Transmisibles.

MVOTMA (2015). Primer Informe Bienal de Actualización de Uruguay GEI . Montevideo. En: https://goo.gl/eoMFDt

OBSAN (2017). Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional. Indicadores. Consumo y utilización biológica de nutrientes. http://obsan-inda.mtss.gub.uy/indicador/?id=101 Consultado: 6 de febrero de 2017.

OMS/OPS (2016). Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud. Salud en las Américas. Uruguay. http://www.paho.org/salud-en-las americas-2016

Panario, D. (2016). Efectos del Cambio Global sobre la calidad del agua. Una visión desde las Geociencias. En: *Mesa: Calidad de Agua: Una Visión Multidisciplinaria. Libro de Resúmenes*

III Jornadas Interdisciplinarias en Biodiversidad y Ecología (JIBE) 'Desafíos Socio-Ambientales para el Uruguay del Futuro' 28 de noviembre al 2 de diciembre. Rocha, Uruguay: Centro Universitario Regional del Este; 2016:129. http://www.cure.edu.uy/sites/default/files/Libro de resumenes III JIBE.pdf

Paolino, C. y Hill, M. (2011). "Perfiles de especialización agro/agroindustrial y eficiencia en el uso de los recursos naturales: Uruguay frente a otros países de América Latina". Anuario OPYPA 2011, 223-238, MGAP.

Pautasso, M., Aistara, G., Barnaud, A. *et al*. (2013). Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. *Agronomy for sustainable development,* 33(1):151-175.

Peluffo, S.; González Idiarte, H.; Galván, G.A.; Hirczak, A. (2016). Production of certified onion seeds in Uruguay: an experience of public-private articulation. *Acta Horticulturae,* 1143:15-22.

Picasso, V.; Modernel, P.; Becoña, G.; Salvo, L.; Gutiérrez, L.; Astigarraga L. (2014). Sustainability of meat production beyond carbon footprint: a synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay. *Meat Science,* 98: 346–354.

Pike, L. 1986. Onion breeding. In: Bassett, D. (Ed.) *Breeding Vegetable crops.* Connecticut, AVI. pp. 367-395.

Plaisted, R.L. 1985. Population breeding applied to improvement of unadapted Solanum cultivated species. In: *Present and future strategies for potato breeding and improvement.* Lima, Perú, International Potato Center. pp. 143-162.

PNUD (2016). Informe Regional sobre Desarrollo Humano para América Latina y el Caribe. Progreso multidimensional: bienestar más allá del ingreso, http:/uy.undp.org/pdf

Quezada, M.; Pastina, M.; Ravest, G.; Silva, P.; Vignale, B.; Cabrera, D.; Hinrichsen, P.; García, A.; Pritsch, C. (2014). A first genetic map of Acca sellowiana based on ISSR, AFLP and SSR markers. *Scientia Horticulturae,* 169: 138 - 146.

Revenga, C. (2000). *Will There Be Enough Water?* Mock, G. (Ed.). World Resources Institute; 2000. http://www.earthtrends.wri.org. Consultado: 12 de diciembre 2016.

Royo Pallarés, O.; Berretta, E. J.; Maraschin, G. E. (2005). The South American Campos ecosystem. In: J. M. Suttie, G. Reynolds, y C. Batello (Eds.), *Grasslands of the world* (pp. 171–219). Rome, FAO.

Saadoun, A. y Cabrera, M.C. (2015). Calidad nutricional de la carne bovina y ovina de sistemas pastoriles: desde Uruguay para el mundo. En: *La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal,* Capítulo XV. Eds. Rafael Núñez Domínguez *et al*. COLPOS, UACh, ALPA, FAO, IICA. pp. 623-641.

Saavedra, C. (2011). Un siglo de agricultura. *Rev. del Plan Agropecuario* No. 137, p: 46-49.

Sganga, J.C., Víctora, C.D. y Cayssials, R. (2005). *Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía.* ROU, DINARA-MOTVMA, RENARE-MGAP, Proy. GM2/020/CCD, p. 168.

Terevinto, A.; M.C. Cabrera; A. Saadoun (2015). Influence of feeding system on lipids and proteins oxidation, and antioxidant enzymes activities of meat from Aberdeen Angus steers. *Journal of Food and Nutrition Research,* vol. 3(9); pp. 581 – 586.

WHO/FAO/CODEX. International Food Standards.

Zaccari, F.; Cabrera, M.C.; Ramos, A,; Saadoun, A. (2015). *In vitro* bioaccessibility of β-carotene, Ca, Mg and Zn in landrace carrots (*Daucus carota*, L.). *Food Chemistry*,166 (1): 365-371.

Zaccari, F., Galeazzi D., Rahi V. (2015). Efecto del tiempo de almacenamiento en condiciones controladas de temperatura sobre atributos físicos y químicos de zapallos "tipo kabutia" (*Cucurbita maxima x Cucurbita moschata*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha.*

Agradecimientos

A **Zulma Saadoun** por su ayuda en la corrección de estilo, edición y fotografía de portada.

Box 7

Seguridad alimentaria con conservación del ambiente: El caso de la ganadería pastoril en Uruguay

Laura Astigarraga, Facultad de Agronomía y Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Universidad de la República, Uruguay, y Valentín Picasso, Departamento de Agronomía, Universidad de Wisconsin - Madison, Estados Unidos de América.

La producción ganadera está creciendo en todo el mundo debido a la mayor demanda de proteínas animales. La producción de carne se ha incrementado en las últimas tres décadas casi el 40% en el mundo y la producción de leche más del 50%, siendo América del Sur una de las regiones que lideraron este crecimiento. Al mismo tiempo, la preocupación por los impactos ambientales de la ganadería es creciente para la industria, los tomadores de decisión políticos, y la sociedad en general. La FAO estimó que el sector ganadero mundial contribuye un 14,5% de los gases efecto invernadero de origen antropogénico, y por lo tanto, presenta desafíos para la mitigación del cambio climático (Gerber *et al*., 2013). Asimismo, otros impactos ambientales de escala local, como la contaminación de aguas y pérdida de biodiversidad, cuestionan el rol de la ganadería para la producción de alimentos sustentable. El gran desafio para productores, investigadores, y responsables de políticas públicas es como conjugar seguridad alimentaria y conservación ambiental. La "competitividad ambiental" es una nueva regla del juego, que se suma a las preferencias de los consumidores en materia de calidad de producto y bienestar animal.

La producción agropecuaria sustentable requiriere un balance entre metas sociales, económicas y ambientales. Las explotaciones agropecuarias no serán sustentables si los recursos naturales son degradados en pos del aumento del ingreso económico, y tampoco serán sustentables si las presiones económicas y ambientales vuelven no viable el beneficio económico de las explotaciones agropecuarias. Esta perspectiva requiere de altos estándares en calidad de producto y la responsabilidad y cuidado del ambiente. La sustentabilidad ambiental de la producción de alimentos es un concepto mucho más amplio que la huella de carbono, incluyendo además otras dimensiones como: reducir la erosión de suelo, no contaminar localmente las aguas, conservar la biodiversidad natural, minimizar o evitar el uso de biocidas que afectan la salud humana, usar eficientemente la energía fósil, ser resilientes y flexibles para responder a la variabilidad climática o económica (Astigarraga e Ingrand, 2011; Picasso *et al.,* 2014, Llanos *et al.,* 2013).

Los sistemas ganaderos pastoriles, como en el caso de Uruguay, permiten combinar producción de alimentos y sustentabilidad ambiental. En los sistemas pastoriles, la utilización del forraje de manera eficiente mediante la optimización de la asignación de forraje a lo largo del año, es una opción clave de mitigación, que puede aumentar la productividad de carne y de leche reduciendo la huella de carbono por unidad de producto, sin mayores inversiones (Becoña *et al*., 2014; Lizarralde *et al*., 2014). Esta mejora tiene el potencial de aumentar simultáneamente la productividad, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y minimizar otros impactos ambientales como exceso de nutrientes, uso de energía fósil, y pérdida de biodiversidad (Modernel *et al*., 2013; Picasso *et al*., 2014). Adicionalmente, la producción de carne en base a campo natural con un manejo del pastoreo que optimiza la asignación de forraje, logra altos niveles productivos (Carriquiry *et al*., 2012) brindando a la vez multiples servicios ecosistemicos (Modernel *et al*., 2017).

Uruguay ha incrementado su producción de carne en más del 45% y la producción de leche en más del 250 % desde 1980 (DIEA, 2013). Tanto la

producción pastoril de carne como de leche se benefician de la imagen "Uruguay país natural" que es un bien público, un valor agregado asociado a buena sanidad, buena innocuidad, buen control comercial, buenas prácticas ganaderas, buenas prácticas de manufactura, respaldado por una trazabilidad del producto. En este contexto, la imagen de marca del país como productor natural de alimentos es un activo que ha permitido respaldar una política exitosa de exportación a los mercados de mayor capacidad adquisitiva. Los sistemas ganaderos pastoriles, manejando el pastoreo y la alimentación en forma eficiente, son un ejemplo de integración entre la seguridad alimentaria y la conservación del ambiente.

Bibliografía

Astigarraga L., Ingrand S. 2011. Production flexibility in extensive beef farming systems. *Ecology and Society* 16(1): 7.

Becoña, G.; Astigarraga, L.; Picasso, V. D. 2014. Greenhouse gas emissions of beef cow–calf grazing systems in Uruguay. *Sustainable Agriculture Research,* v.3 (2), p. 89–105

Carriquiry, M., Espasandin, A. C., Astessiano, A. L., Casal, A., Claramunt, M., Do Carmo, M., ... Soca, P. 2012. La cría vacuna sobre campo nativo: Un enfoque de investigación jerárquico para mejorar su productividad y sostenibilidad. *Veterinaria* (Montevideo) 48(Supl. I), 41-48.

DIEA (MGAP) 2013. *Anuario estadístico agropecuario 2013.*

Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A.; Tempio, G. 2013. *Tackling climate change through livestock — A global assessment of emissions and mitigation opportunities.* Rome, FAO, 115.

Lizarralde, C.; Picasso, V.; Rotz, A.; Cadenazzi, M.; Astigarraga, L. 2014. Practices to Reduce Milk Carbon Footprint on Grazing Dairy Farms in Southern Uruguay: Case Studies. *Sustainable Agriculture Research,* v. 3 (2)

Llanos, E.; Astigarraga, L.; Jacques, R.; Picasso, V. 2013. Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay. *Agrociencia Uruguay,* v. 17 (2), p. 99–109

Modernel, P.; Astigarraga, L.; Picasso, V. 2013. Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production systems. *Environmental Research Letters,* v. 8 (3)

Modernel, P. W. Rossing, M. Corbeels, S. Dogliotti, V. Picasso, P. Tittonel. 2016. Land use change and ecosystem service provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. *Environmental Research Letters 11* (2016) 113002.

Picasso V, Modernel P., Becoña G., Salvo L., Gutiérrez L., Astigarraga L. 2014. Sustainability of meat production beyond carbon footprint: a synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay. *Meat Science,* v. 98, p. 346–35.

Seguridad alimentaria y nutricional en Venezuela

Secuestro agroalimentario de un país: visión y compromiso

"Caraqueños en fila para comprar alimentos" (detalle) © Antolín Sánchez, 2015.

Venezuela

[1] María S. Tapia, [2] Marelia Puche, [3] Alejandro Pieters, [4] Juan Fernando Marrero, [5] Santiago Clavijo, [6] Alejandro Gutiérrez, [7] Carlos Machado-Allison, [8] Susana Raffalli, [9] Marianella Herrera, [10] Maritza Landaeta de Jiménez, [11] José Félix Oletta, [12] Juan Comerma, [13] Óscar Silva, [14] Marta Barrios, [15] Aída Ortiz, [16] Eladys Córcega, [17] Enio Soto, [18] Livia Pinto, [19] Daniel Vargas, [20] Víctor García, [21] Juan Carlos Rey, [22] Juan Carlos Aciego, [23] Naghely Mendoza, [24] Gerardo Fernández López y [25] Francisco Bisbal

Resolver las ingentes fallas en seguridad alimentaria y nutricional en **Venezuela** es un compromiso inaplazable. **La producción sostenible de alimentos y una menor dependencia de importaciones solo podrá garantizarse a través del conocimiento e inversión.** Las oportunidades son para los productores, la comunidad científica, las Academias y para un Estado que garantice libertades políticas y económicas en beneficio del pueblo Venezolano

Resumen

Venezuela es un petroestado con políticas de controles de precios, de cambio, alta inflación, contracción de la producción y transformación por expropiaciones, confiscaciones, invasiones; con control gubernamental, militar y político de la producción, importación, distribución y comercialización de alimentos. El Estado, único proveedor de ciertos alimentos básicos, nacionalizó la distribución de insumos y semillas. La caída de la renta petrolera y la dependencia de importaciones debilitó la producción agropecuaria que, no compensada con importaciones, ha producido desabastecimiento y escasez a niveles críticos (>50%) de ciertos rubros y de alimentos regulados, principales aportadores de energía y nutrientes. La inflación alimentaria fue de 315% en 2015; será, al menos, del doble en 2017. Ausencia de inversión en infraestructura, restricciones de acceso a divisas para insumos, semillas, maquinarias, equipos y repuestos; fijación de precios por debajo de costos de producción, inseguridad jurídica sobre la propiedad e inseguridad personal, han afectado la producción, la agroindustria, la investigación agrícola y formación de talentos. Los programas de alimentos son un subsidio universal no dirigido a la población más vulnerable. El Estado ha implementado operativos de distribución racionada de alimentos regulados que generan largas filas en expendios; creó los Comités Locales de Abastecimiento y Producción (CLAP) para distribuir alimentos selectivamente. El consumo promedio de energía está por debajo de los requerimientos (adecuación de 94.1%). Informes oficiales reportan disminución de la desnutrición infantil de 1990 a 2013; pero a 2016, organizaciones oficales y no oficiales revelan empeoramiento de la desnutrición, con dimensiones humanitarias en las parroquias pobres estudiadas. La dieta es monótona, no saludable, insuficiente, con problemas de disponibilidad/acceso. Según ENCOVI 2016, 81.8 % de los hogares son pobres, 51.5 % en pobreza extrema, muchos ingieren dos o menos comidas al día; 74.3% reporta pérdida de peso no controlada (8.7-9 kg en 2016). El sector agrícola/pecuario venezolano posee ventajas comparativas para muchos rubros. Cambios en políticas macroeconómicas y microeconómicas podrán potenciarlas, crear competitividad, fortalecer las cadenas de valor, sustituir importaciones/incrementar exportaciones, y cambiar el saldo negativo de la balanza comercial agroalimentaria para garantizar la comprometida seguridad alimentaria y nutricional actual de la población venezolana.

Introducción

Discutir la situación actual en seguridad alimentaria y nutricional (SAN), los desafíos y futuro de la República Bolivariana de Venezuela es tarea compleja, pues se atraviesa un período caracterizado por estadísticas oficiales desactualizadas, de poca accesibilidad y confiabilidad o inexistentes, informes oficiales con carácter preliminar y, en ocasiones, con

cifras no coincidentes. Fue necesario recurrir a diversidad de fuentes: cifras oficiales nacionales e internacionales, instituciones no gubernamentales, publicaciones académicas, opiniones de expertos, entre otras.

I. Características nacionales

a. Área física, inventario de tierras arables, paisajes y heterogeneidad ambiental

Venezuela tiene una superficie de 916,445 km² dividida en 23 estados, un Distrito Capital, 235 islas y 71 islotes y cayos en el Mar Caribe que conforman las Dependencias Federales (INE, 2016); de geología muy variada, posee siete grandes sistemas fisiogeográficos: Escudo Guayanés, Llanura Deltaica del río Orinoco, Los Llanos, Cordillera de los Andes, Sistema Coriano, Península de Paraguaná, Depresiones de Yaracuy, Barquisimeto y Carora, Depresión del Lago de Maracaibo y Cordillera de la Costa (MARN, 2005). El área agrícola (cifras de 2011) comprende 24% de su superficie; de sus tierras agrícolas, 84.71% son pastizales, 12.2% son arables y 3% dedicada a cultivos permanentes (FAOSTAT, 2017).

b. Características demográficas y tendencias futuras

Según el censo de 2011, la población de Venezuela era de 27'227,930 habitantes. La proyección a 2050 es de tendencia creciente con 31'028,637 habitantes para 2016, y 40'500,721 para 2050. Para 2011, 88.8% de la población era urbana. La tasa de crecimiento interanual del PIB (III trimestre 2015) se ubicaba en -7.1 y el índice de inflación 2015, en 180.9 (UNICEF, 2015), último dato publicado por el Banco Central de Venezuela (BCV).

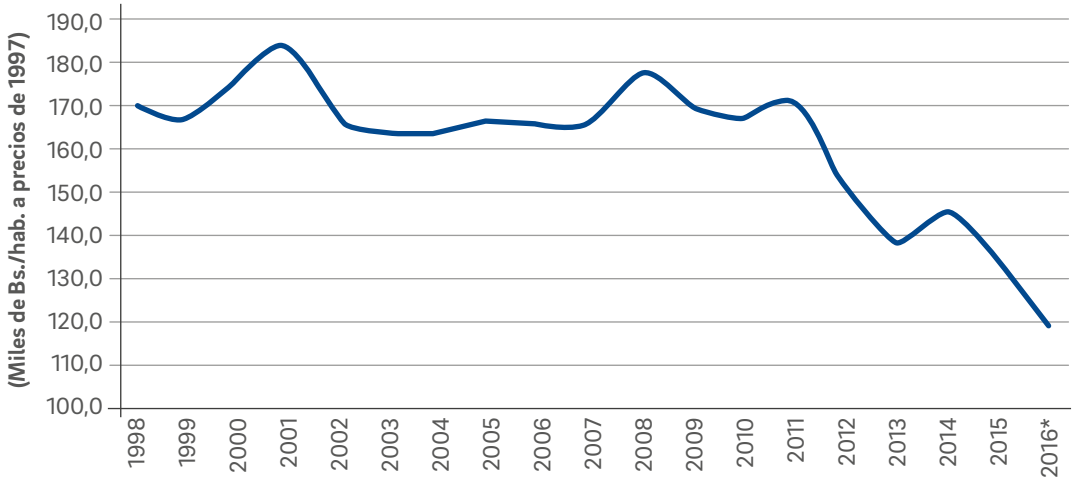
c. Fracción poblacional con inseguridad alimentaria y nutricional. Trayectoria

Para una proyección de la trayectoria de la SAN, deben considerarse condiciones particulares del país que prevalecen a inicios de 2017, tales como: dificultades en el acceso a los alimentos –aún el de productos básicos a precios regulados que son afectados por desabastecimiento–; elevados precios de productos no regulados –una canasta alimentaria básica reducida a precios de productos importados o en mercado negro supera en 900-1000% el precio subsidiado (hasta 9 salarios mínimos), y una canasta alimentaria ampliada equivalente a 20.1 salarios mínimos–; control estatal de la importación, distribución y venta de alimentos subsidiados con debilitamiento de lugares habituales de compra; y consolidación de un mercado negro y contrabando de alimentos.

En 2016, el consumo calórico disminuyó a causa de la escasez de alimentos básicos. Con una tasa de inflación de alimentos que se prevé duplicará la tasa de inflación general y un decrecimiento del PIBPC (Producto Interno Bruto Per Cápita) estimado en 11.2%, es factible pronosticar una disminución del consumo, así como un aumento de la desnutrición y de la inseguridad alimentaria

[1] **María S. Tapia,** Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela (UCV), mtapiaucv@gmail.com [2] **Marelia Puche,** Facultad de Agronomía, Instituto de Ingeniería Agrícola, UCV, marelia.puche@gmail.com [3] **Alejandro Pieters,** Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), alejandro.pieters@gmail.com [4] **Juan Fernando Marrero,** Facultad de Agronomía, Instituto de Economía Agrícola, UCV. Observatorio del Derecho a la Alimentación en América Latina y el Caribe, fernandomarrero63@yahoo.es [5] **Santiago Clavijo,** Facultad de Agronomía, Departamento de Zoología Agrícola, UCV, sclavijo@gmail.com [6] **Alejandro Gutiérrez,** FACES-Centro de Investigaciones Agroalimentarias (CIAAL), Universidad de Los Andes. Academia Nacional de Ciencias Económicas, alegutie53@gmail.com [7] **Carlos Machado-Allison,** Facultad de Ciencias, UCV. Instituto de Estudios Superiores de Administración (IESA). Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, carlos.machado@iesa.edu.ve [8] **Susana Raffalli,** Caritas de Venezuela, susana.raffalli@gmail.com [9] **Marianella Herrera,** Centro de Estudios del Desarrollo-CENDES. UCV y Fundación Bengoa para la Alimentación y Nutrición, manyma@gmail.com [10] **Maritza Landaeta de Jiménez,** Fundación Bengoa para la Alimentación y Nutrición, mlandaetajimenez@gmail.com [11] **José Félix Oletta,** Facultad de Medicina, Escuela de Medicina Vargas, UCV. Academia Nacional de Medicina, jofeole2@outlook.com [12] **Juan Comerma,** Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, UCV,

Figura 1. Venezuela: Valor bruto de la producción agrícola por habitante (VBPAGPC) 1998-2016.



Fuente: MPPAT, INE, Cálculos propios. (*) Los valores de 2016 son estimados y sujetos a revisión (Gutiérrez, 2016).

de los hogares más pobres. Se estima una reducción del consumo calórico para el habitante promedio de 7 a 10% (mayor en sectores más pobres), y que el consumo calórico para el habitante promedio estará en un nivel de suficiencia crítica (Gutiérrez, 2017), por debajo del 100% establecido por el Instituto Nacional de Nutrición (INN, 2001). El BCV estimaría una caída del PIB en 2017 de 18.6% (http://lta.reuters.com/article/idLTAL1N1FA0RD). Esto se categorizaría según criterios de Schejtman (1994) como un nivel de suficiencia crítica.

A pesar que la seguridad y soberanía agroalimentaria son objetivos de Estado, ha habido una caída en la producción nacional de alimentos y en las importaciones con las que el Estado garantizaba su disponibilidad. La **Figura 1** presenta la evolución del Valor Bruto de la Producción Agrícola/Habitante (VBPAPC) de 1998 a 2016.

La fuerte disminución de la tasa media de crecimiento anual (TMC) en los últimos años, 4.7% (2008 a 2014), refleja fuerte disminución de los estímulos de rentabilidad, subsidios a insumos y financiamientos que tuvieron efecto positivo durante la bonanza petrolera (2003 a 2008). Entre 2008 y 2014 se acentuó la reducción de la producción de los principales rubros agrícolas. Sólo hubo TMC positiva para la producción/cápita de plátano: 3.3%. El resto de los rubros analizados

comermasteffensen@gmail.com **[13] Óscar Silva,** Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía, UCV, oscarsilvae@gmail.com **[14] Marta Barrios,** Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía, UCV, martabarrios3@gmail.com **[15] Aída Ortiz,** Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía, UCV, aidaortizd@gmail.com **[16] Eladys Córcega,** Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía, UCV, eladys7@gmail.com **[17] Enio Soto,** Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Facultad de Agronomía, Instituto de Agronomía, UCV, eniosoto@yahoo.com **[18] Livia Pinto,** Facultad de Agronomía, Instituto de Producción Animal, UCV, liviapintosantini@gmail.com **[19] Daniel Vargas,** Facultad de Agronomía, Instituto de Producción Animal, UCV, danivagu2000@gmail.com **[20] Víctor García,** Facultad de Agronomía, Instituto de Ingeniería Agrícola, UCV, victorgarcia02@gmail.com **[21] Juan Carlos Rey,** Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, UCV, jcreyb@hotmail.com **[22] Juan Carlos Aciego,** Facultad de Agronomía, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas e Instituto de Edafología, UCV, juanaciego@gmail.com **[23] Naghely Mendoza,** Facultad de Agronomía, Instituto de Ingeniería Agrícola, UCV, naghely.mendoza@gmail.com **[24] Gerardo Fernández López,** Departamento de Control de Procesos y Departamento de Electrónica y Circuitos, Universidad Simón Bolívar, gfernandez@usb.ve **[25] Francisco Bisbal,** Ministerio para Ecosocialismo y Aguas, fbisbal60@gmail.com

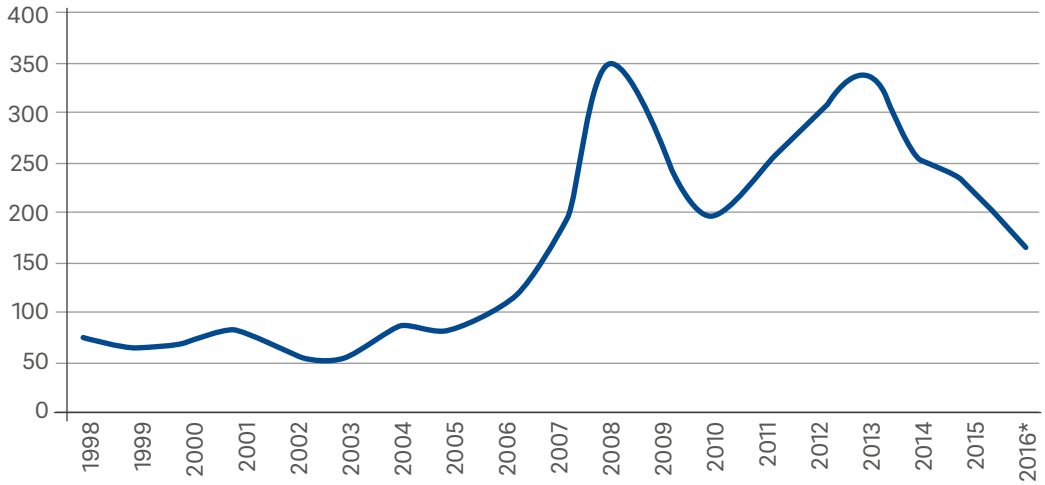
presentaron TMC negativas: arroz (-1.3%); maíz (-8.4%); palma aceitera (-0.9%); yuca (-0.9%); cacao (2.3%); caña de azúcar (-9.0%), aves (-0.9%); bovinos (-3.2%); huevos (-0.6%) y porcinos (-1.6%), (Gutiérrez, 2016).

Las estadísticas indican que las importaciones agroalimentarias por habitante (MAAPC) aumentaron durante la bonanza petrolera. La merma de los precios del petróleo y las políticas macroeconómicas produjeron escasez de divisas y la caída de la producción nacional de alimentos no pudo ser compensada por importaciones. Se estima que las importaciones se redujeron en 66.5% (de 2012 a 2016). Las importaciones MAAPC tuvieron una reducción interanual en 2016 con respecto a 2015 de -24.5%, y una disminución de 44.2% entre 2012 y 2016 (Gutiérrez, 2017), (**Figura 2**).

La agroindustria ha experimentado situaciones muy críticas por la incertidumbre política, dificultad en acceso a divisas e incumplimiento con proveedores y pago en divisas, control de precios, dificultad en acceso a maquinaria y repuestos, fallas de electricidad, conflictos laborales, rupturas en las cadenas agroalimentarias (intensa intervención del Gobierno sobre los precios, divisas, sistemas de transporte y distribución). Ha habido también la afectación de un sector primordial: los expendios. Existen 113.859 puntos de venta privados de alimentos y 7.245 de carácter gubernamental, p. ej. en el Municipio Libertador de la Gran Caracas existe un punto de venta final privado por cada 1.458 consumidores, y uno público por cada 388.780. La regulación de precios tampoco permite operaciones rentables en uno o más eslabones de la cadena. La situación se agrava con la disminución en las ventas, problemas de oferta y demanda por escasez de insumos y materias primas, y la instalación de una poderosa red de revendedores de productos regulados a precios hasta 1,000 veces mayores, cuyo origen está en las cadenas públicas y privadas, supermercados (67%), supermercados independientes (13%), pequeños y medianos abastos y bodegas (13%), carnicerías y panaderías (7%). El asalto y hurto de camiones cargados con alimentos es otra fuente del mercado irregular.

La **Tabla 1** muestra los valores del índice de escasez según el BCV, cuya publicación se ha venido realizando con retraso. Ante ello, otras fuentes, académicas o de consultoría especializada, han abordado el reto de obtener información. Los datos obtenidos por dichas fuentes contrastan de manera importante con los oficiales. Se requieren 20.1 salarios mínimos para cubrir la canasta básica de alimentos. Por otra parte, ENCOVI, la Encuesta de Condiciones de Vida de los Venezolanos, realizada por tres importantes universidades y la Fundación Bengoa para la Alimentación y Nutrición,

Figura 2. Venezuela: Importaciones agroalimentarias por habitante (USD/hab.)

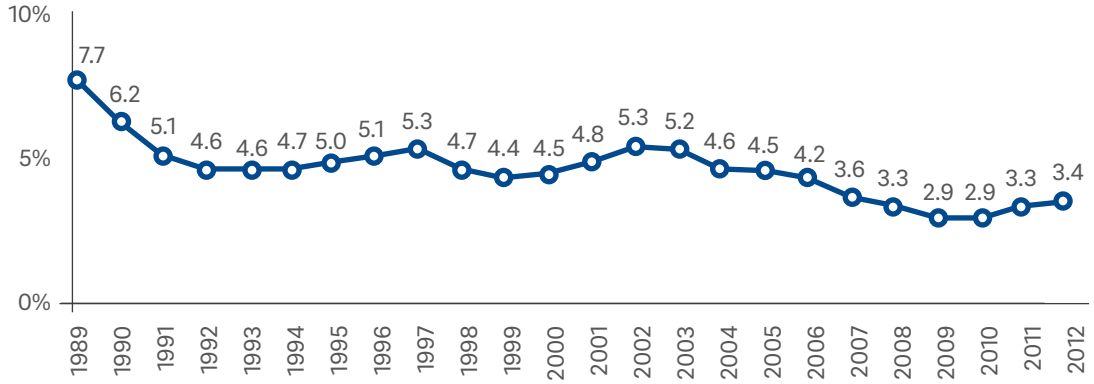


Fuente: INE, Cálculos propios. (*) Los valores de 2015 y 2016 son estimados y sujetos a revisión (Gutiérrez, 2016).

Tabla 1. Índice de escasez reportado por la fuente oficial Banco Central de Venezuela (BCV, s/f) y por la empresa encuestadora Datanálisis (2015)

Año	Banco Central de Venezuela (a)	Datanálisis (b)	Diferencia (a-b)
2012	14.23%	15.2 %	-0.97%
2013	20.73%	37.2%	-16.47%
2014	28.1%	59%	-30.9
2015		58.4%	

Figura 3. Desnutrición infantil (<5 años) en Venezuela, 1990-2013



Fuente: MINPPAL-INN, 2014.

reporta que 93% de los venezolanos percibe que sus ingresos no son suficientes para comprar alimentos, y de estos, la mayoría se encuentra en el quintil más pobre de ingreso, vulnerándose, así, la dimensión de acceso a los alimentos del concepto de seguridad alimentaria. En cuanto a la desnutrición infantil, el Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN) no publica datos desde 2007 (INN-SISVAN, 2008), cuando reporta 10% de desnutrición crónica en niños <15 años. El hecho de haber transcurrido 10 años sin datos del SISVAN es una omisión grave.

Según cifras oficiales recogidas en el Perfil de País 2013-2014 por el Ministerio del Poder Popular para la Alimentación (MINPPAL) e INN (MINPPAL- INN, 2014), se detecta una disminución de la desnutrición infantil aguda (<5 años) desde 1990 (7.7%) hasta 2010 (3.37%), con un aumento en 2012 (3.4%), lo cual según criterios de OMS (1994) ubicaría a Venezuela como un país con desnutrición baja (**Figura 3**). Estas cifras podrían estar subestimadas por el uso oficial de puntos de corte no ajustados a los estándares más recientes de la OMS, adoptados por todos los países desde 2006, que constituyen la referencia internacional única para evaluar el crecimiento en la niñez. Las estimaciones de desnutrición en Venezuela siguen apegadas a los los estándares NCHS/OMS del 2000 (http://www.who.int/childgrowth/standards/tr_summary/es/), que tienden a subestimar a los niños con desnutrición aguda global antes de los 36 meses de edad. Los niños evaluados y clasificados con desnutrición moderada según los estándares internacionales de la OMS vigentes (niños con índice Peso/Talla entre -2 DS y -3 DS con respecto a la referencia de peso normal), no son contados como desnutridos en los balances sanitarios del país con los estándares empleados por el Estado venezolano. Para que un niño menor de 2 años con desnutrición aguda sea visible en las cuentas de salud pública del Estado, debe mostrar una severidad de daño nutricional mucho mayor (déficit de -3 DS para la desnutrición moderada y cuenta de la desnutrición severa a partir de -4 DS

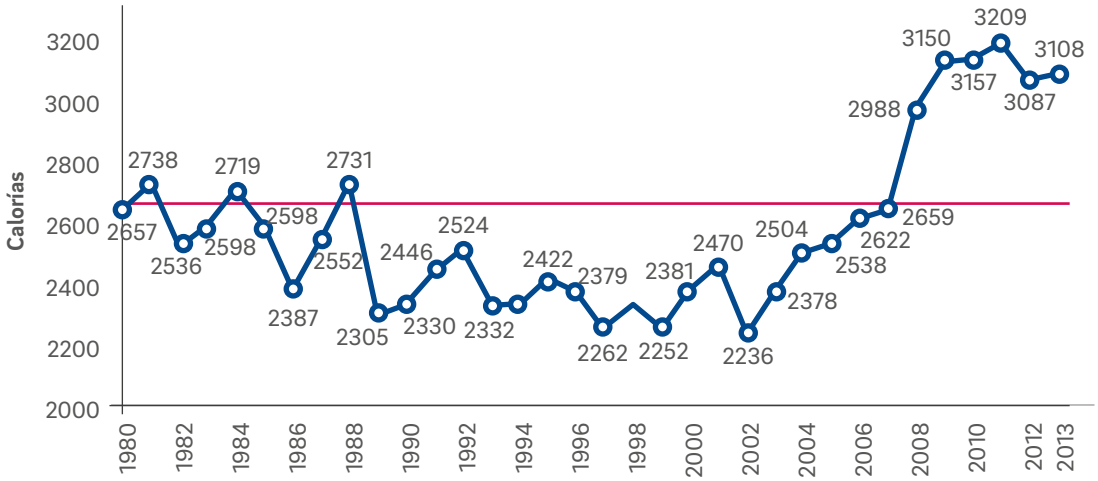
para el índice Peso/Talla, en lugar de -3 DS), que es el valor considerado por la OMS en los estándares internacionales vigentes como el punto de corte para definir una desnutrición severa que pone a los niños en alto riesgo de morir. (Caritas de Venezuela, 2017). De acuerdo con la UNICEF (2013), en Venezuela, en 2011, había 458 mil niños con desnutrición crónica y era el cuarto país con menor desnutrición infantil en América Latina y el Caribe. Los datos de la UNICEF y la OMS referencian a su vez al INN (**Tabla 2**). No se cuenta con información detallada por entidad federal. El último boletín epidemiológico de acceso público es de 2007, con una actualización marginal de las cifras en el 2011 solo publicada en portales internacionales. El vacío de información oficial existente desde 2013 ha sido llenado con datos de otras organizaciones (**Cuadro 1**). Caritas de Venezuela (2017) presenta los datos más recientes a nivel subnacional para cuatro estados del país en parroquias pobres que operan como "sitios centinela", con 11.4% de desnutrición aguda (emaciación) en niños <5 años. Se desconoce si esto es representativo del país o de las entidades federales específicas, pero si lo fuese, la tendencia que muestra la información de sitios centinela de Caritas implicaría una triplicación

Tabla 2. Desnutrición infantil en Venezuela

Índice	2009	2011	2013
Desnutrición aguda Niños <5 años Índice Peso/Talla	3.2 (Unicef) 4.1 (OMS)	2.9 INN	3.4 INN
Desnutrición crónica Niños <5 años Índice Talla/Edad	9.5 (Unicef) 13.4 (OMS)	ND	ND

OMS (WHO). Nutrition Growth Database: www.who.int/nutgrowthdb/jme_master2013.xlsx
Unicef. Indicadores Básicos. Venezuela: https://www.unicef.org/venezuela/spanish/overview_13275.htm
MINPPAL - INN. Perfil Nutricional de Venezuela 2013-2014.
INN. Ficha técnica: Evaluación antropométrica nutricional en menores de 5 años según criterios internacionales. Caracas, Venezuela: Gobierno Bolivariano de Venezuela, Ministerio del Poder Popular para la Salud, INN, 2012

Figura 4. Disponibilidad Nacional de Energía: 1980-2013 (Incluye alimentos y bebidas alcohólicas)



Fuente: MINPPAL-INN, 2014.

de la desnutrición aguda y una duplicación del retardo de crecimiento, a una intensidad y velocidad de deterioro de dimensiones humanitarias. Con esta tasa de deterioro (casi un punto porcentual por mes), se proyectaría que 60 mil nuevos casos de niños con desnutrición aguda se presentarían cada año entre los estratos más pobres del país. El incremento se ha registrado también para el índice de desnutrición crónica (retardo del crecimiento) y el grupo de edad más afectado son los niños <2 años en el que la prevalencia de desnutrición crónica es de 38.5%, en comparación con el grupo de 2 a 5 años, de 19.3%. La desnutrición aguda emergente, de crecimiento continuado desde 2007, tiene preponderancia en el grupo de edad <2 años y un incremento simultáneo de la desnutrición crónica revela que desde el punto de vista nutricional, en Venezuela se viene gestando una emergencia nutricional de instalación lenta, selectiva en grupos vulnerables del país, con una reagudización en los últimos 2 años demostrada por los umbrales de daño nutricional neto alcanzados y por la velocidad del deterioro con la que el país llegó a ese punto.

Según MINPPAL-INN (2014), Venezuela superó desde 2007 las 2,720 calorías per cápita, señalando que según criterios de FAO, esto lo haría un país con suficiencia alimentaria y adecuadas políticas en seguridad alimentaria. De acuerdo con MINPPAL-INN, este indicador subió en 2013 a 3,108 calorías/persona/día (**Figura 4**). Sin embargo, según los expertos, no es coherente que la Disponibilidad para el Consumo Humano (DCH) calórica aumente precisamente en años en los que disminuyó la producción agrícola e importaciones agroalimentarias por habitante (**Figuras 1 y 2**).

Cuadro 1. Estado nutricional infantil en Venezuela de acuerdo con organizaciones no oficiales

- El Centro de Atención Nutricional Integral Antímano (CANIA) registró en 2015, 47.7% de desnutrición (bajo peso) entre 2,872 niños, 1.9% de formas severas (CANIA, 2016).
- Déficit nutricional (bajo peso) aumentó entre 2013 y 2015 y los niños con sobrepeso disminuyeron. A junio de 2016: 12% de niños/as con déficit nutricional en cascos urbanos, 19% en zonas periurbanas y 27% en barrios pobres. La prevalencia de bajo peso al nacer aumentó de 2.9 a 3.4% entre 2011 y 2013 y creció el porcentaje de niños/as prematuros, revelando mayores problemas nutricionales en embarazadas y falta de acceso a programas de atención (Fundación Bengoa, 2016).
- En el Hospital Domingo Luciani de Caracas (Hospital del Seguro Social), durante junio de 2016, 100% de los lactantes hospitalizados en el servicio de pediatría presentaron algún nivel de desnutrición. Hasta junio de 2016, 31 niños con desnutrición moderada a severa (58% de estos niños eran lactantes entre 0 y 2 años de edad).
- Entre 2013 y 2015, el Hospital J.M de Los Ríos, de referencia nacional y centro piloto del Instituto Nacional de Nutrición, atendió un promedio de 30 niños por año con desnutrición grave. Al cierre del 2016 la cifra se había duplicado (Soto de Sanabria, 2016).
- En 830 registros antropométricos de niñas y niños < 5 años en sitios centinela de 4 estados, los niveles de desnutrición aguda (emaciación) en niños < 5 años (< -2 Z-SCORE) fueron de 8.9% al mes de enero y 11.4% al mes de abril de 2017 (Caritas de Venezuela, 2017).

d. Modos de producción agrícola, industrial, sistemas de plantación, agricultura campesina

La superficie y producción de los principales renglones agrícolas para 2015 se resumen en la **Tabla 3**. La superficie cosechada fue de 1.7 millones de hectáreas, sus principales rubros representan una producción de 15.3 millones de Mg (Mega gramos), los mayores volúmenes corresponden a caña de azúcar, frutas y cereales que ocupan la mayor superficie, el maíz como cultivo principal. Respecto a la producción animal, existían 497'219,975 cabezas de ganado, se produjeron 2,807 millones de litros de leche y 2,906 millones de huevos. La producción acuícola reportó un total de 254,901 Mg (MPPAT, 2015). Los sistemas agrícolas venezolanos son diversos, comprenden desde agricultura de subsistencia y semi-comercial hasta plantaciones de numerosos tipos (**Tablas 4 y 5**).

e. ¿Es el país autosuficiente en agricultura?

El país en su historia reciente no ha sido autosuficiente en agricultura. En los reportes del BCV, 'agricultura' fue eliminado como sector principal en la desagregación del Producto Interno Bruto (PIB). Las últimas cifras oficiales (2013) reportan un valor anual de PIB de 62,233 millones de bolívares (BCV, 2017). En ese mismo año, según la FAO, el PIB agrícola fue $13'313,295, que representaba 1.36% del PIB a la tasa oficial del momento (6.3Bs/$) (FAOSTAT, 2017). Esa tasa oficial corresponde a un tipo de cambio sobrevaluado al

que pocos tienen acceso, existiendo un gran diferencial con el mercado paralelo. De acuerdo con la Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO) (http://www.fedeagro.org/detalle3.asp?id=2721), de los doce rubros a los cuales la Federación hace seguimiento, cuya contribución al Valor de la Producción Agrícola Vegetal supera 70%, once de ellos en 2015 mostraron decrecimientos significativos alcanzando en muchos casos mínimos históricos en el período evaluado (2015-2008): maíz -58.5%, arroz -37.3%, sorgo -80.5%, caña -31.3%, gira-

Tabla 3. Renglones principales de productos agrícolas y pesqueros en Venezuela. Año 2015

Producción vegetal					
Renglón	**Rubros principales**	**Producción (Mg)**	**Superficie cosechada (has)**	**Porcentaje de la producción (%)**	**Porcentaje de la superficie cosechada (%)**
Caña de azúcar		5,075,878	101,324	33.2	5.9
Frutas	Plátano, piña, cambur, naranja, patilla, lechosa, melón, aguacate mango, uva, limón	3,679,413	239,737	24.1	13.9
Cereales	Maíz, arroz, sorgo	2,742,787	725,174	17.9	42.0
Hortalizas	Zanahoria, cebolla, tomate, repollo, pimentón, lechuga, coliflor, remolacha, berenjena, ajo, vainitas, pepino, ají dulce, calabaza	1,717,475	96,909	11.2	5.6
Raíces y Tubérculos	Papa, yuca, ocumo, ñame apio, batata, mapuey	1,309,690	93,677	8.6	5.4
Textiles y oleaginosas	Palma aceitera, coco, ajonjolí, girasol, soya, maní	664,519	177,524	4.3	10.3
Café y Cacao		71,117	249,249	0.5	14.4
Granos leguminosos	Frijol, caraota (frijol negro), quinchoncho, arveja	24,130	34,005	0.2	2.0
Total renglones principales		15,285,009	1,717,599	100	99.4
Total país			**1,728,601**		**100.0**
Producción Animal					
Aves (cabezas)			491,999,000		
Porcinos (cabezas)			2,677,914		
Bovino (cabezas)			1,904,716		
Caprinos (cabezas)			391,105		
Ovino (cabezas)			247,240		
Total (cabezas)			497,219,975		
Leche (miles de litros)			2,807,475		
Huevos de consumo (miles de unidades)			2,906,491		
Producción acuícola					
Marítimos (Mg)			176,493		
Fluviales (Mg)			48,703		
Acuicultura (Mg)			29,705		
Total (Mg)			254,901		

Fuente: Cálculos propios obtenidos de cifras preliminares con estimaciones a diciembre (MPPAT, 2015).

sol -80%, naranja 31% (en 2014-2015 fue -17%), café -71.2%, papa -74.3%, cebolla -52.5%, tomate -18.7%, pimentón -40.9% y ajonjolí 103.3%. En la mayoría de los casos la caída en la producción fue atribuida al desabastecimiento de agroinsumos (semillas, fertilizantes, agroquímicos), problemas de acceso a divisas para satisfacer la demanda interna y compromisos con proveedores externos de maquinarias, equipos, repuestos, cauchos y baterías. Los problemas con el girasol y el sorgo condujeron a los agricultores a optar por el ajonjolí, que no tuvo problemas de semilla, con un precio más atractivo; por ello, su producción (38,400 t) creció 41.7%, con respecto al año 2014. La sequía impidió

Tabla 4. Características generales de los principales sistemas de producción vegetal en Venezuela

Sistema	Características generales
Caña de azúcar	Se cultiva bajo un sistema altamente tecnificado para la industria de azúcar y en pequeña escala para producción de panelas.
Cultivos anuales mecanizados y tecnificados	Comprenden maíz (blanco y amarillo), arroz, ajonjolí, girasol y soya. Se ubican en Llanos Centrales y Occidentales y sabanas Orientales.
Los sistemas hortícolas y frutícolas	Ubicados en los valles del pie de monte andino y la cordillera de la Costa. Comprenden frutales perennes y semi-perennes, liderados por las musáceas, cítricos, y en menor escala piña, mango, aguacate, lechosa y guayaba. En los estados andinos las hortalizas son los principales rubros y en Zulia, Falcón, Lara, Guárico y Aragua, se siembran hortalizas de piso bajo como tomate, pimentón, cebolla y frutales de ciclo corto como melón y patilla (sandía).
Leguminosas	Destacan la caraota (frijol negro) y el frijol, la primera con un sistema un poco más tecnificado.
Raíces y tubérculos	Sistemas de diversa tecnificación en el caso de la yuca, altamente tecnificados en papa, y de pequeña escala de cultivos múltiples de subsistencia en ocumo, ñame y batata.
Café y cacao	Se siembran en pequeñas escalas con apoyo estatal.

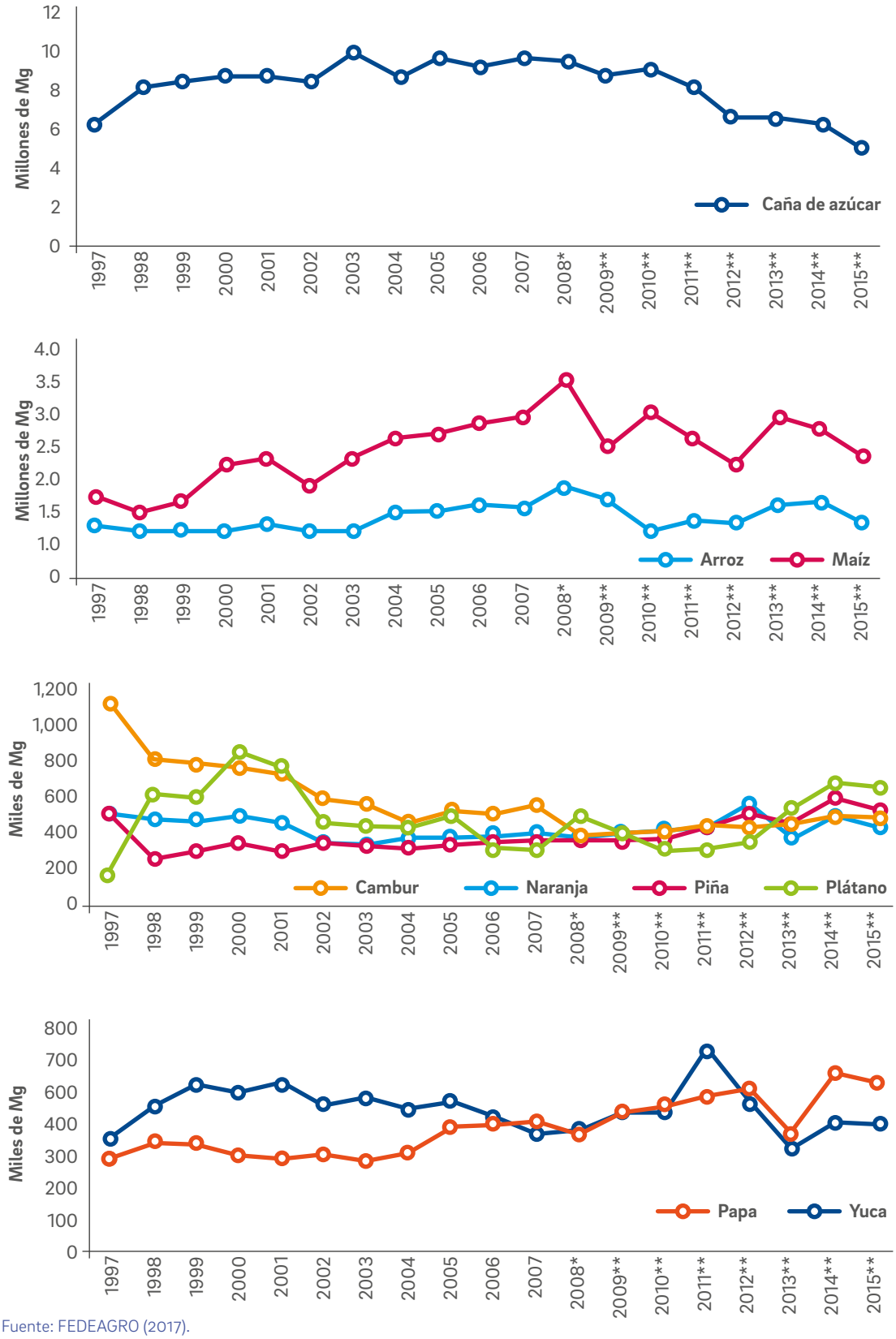
Información y estimados por parte de los autores (Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela).

Tabla 5. Características generales de los principales sistemas de producción animal en Venezuela

Sistema	Características generales
Ganadería vacuna de carne	Predominio de sistemas extensivos ubicados en Llanos Centrales, Llanos Orientales, Llanos Occidentales.
Ganadería de leche especializada	Representa un porcentaje bajo, con sistemas semi-intensivos, se ubica en estados andinos: Mérida y Táchira.
Ganadería de doble propósito	Heterogénea con predominio de leche o carne según sus precios, con sistemas extensivos y semi-intensivos, ordeño manual y deficientes condiciones higiénicas. Producción de queso llanero en algunas unidades de producción con leche no pasteurizada y baja calidad sanitaria (Soto-Belloso, 2004; Padilla et al., 2007)
Ovinos-caprinos	Manejados marginalmente de manera extensiva (Lara, Falcón y Zulia), poseen gran potencial y actualmente en el sector caprino se presentan algunos sistemas semi-intensivos.
Sistemas de producción de aves	Altamente tecnificados, intensivos y organizados en integraciones con la agroindustria y mataderos. Con alta dependencia de materias primas importadas. Producen gallinas de razas livianas para huevos de consumo, gallinas de razas pesadas para obtener huevos fértiles y para la industria de pollos de engorde. Se ubican cerca de los centros poblados y de los puertos marítimos.
Porcinos	Con nivel tecnológico y ubicación similar al de aves. Últimamente se han movilizado algunas granjas a otras zonas geográficas (Cojedes, Guárico, etcétera), debido a presiones por contaminación de cuerpos de agua dulce y cercanía a las ciudades.

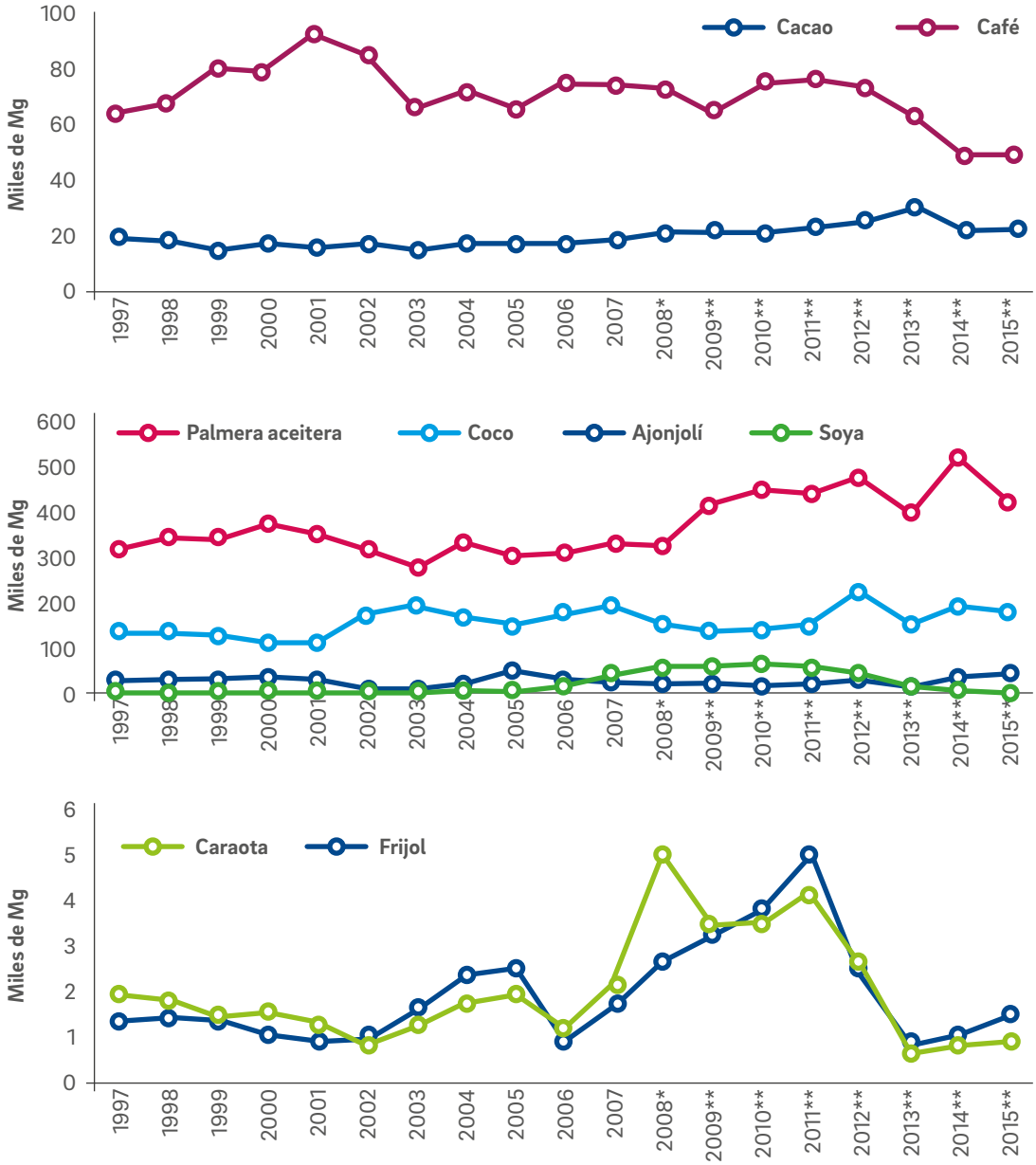
Información y estimados por parte de los autores (Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela).

Figuras 5 a 8. Producción de cultivos principales en Venezuela en el período 1997-2015



Fuente: FEDEAGRO (2017).

Figuras 9 a 11. Producción de cultivos principales en el período 1997-2015 (continuación)



Fuente: FEDEAGRO (2017).

alcanzar las metas de superficie cultivada incluida en los planes del Gobierno y del Sector Privado. Otros factores fueron la inseguridad rural, deterioro del parque de maquinaria e implementos agrícola. Por las limitaciones de divisas no ingresan al país nuevos agroquímicos ni nuevos equipos/maquinarias. El incremento de los costos de producción redujo la superficie financiada por la banca privada. Con el porcentaje establecido por la Cartera Agrícola y el volumen de créditos otorgado en 2014 se financió mucha menos área de cultivos en 2015 y mucha menos área en 2016, situación que amerita una revisión. En las **Figuras 5 a 11** se presenta la producción de los principales rubros vegetales desde 1997 a 2015, salvo algunas excepciones (palma aceitera, papa, musaceas y piña),

muestra estancamiento o disminución. La **Tabla 6** resume la situación y obstáculos en algunos de los cultivos importantes. En 2016 se creó el Ministerio de Agricultura Urbana para contribuir con el abastecimiento de algunos rubros hortícolas en las ciudades. Problemas de escasez de agua, semillas y plántulas comprometen su viabilidad.

f. Principales cultivos y mercados de exportación/importación

Las exportaciones agroalimentarias representan una fracción muy pequeña. En relación con exportaciones pecuarias, Venezuela, por no ser un país libre de fiebre aftosa, no puede exportar carne bovina, porcina, ovina ni caprina (OIE, 2017). En la década de los 90 se logró aumentar y diversificar las exportaciones agroalimentarias hacia Colombia, EUA y Europa, pero apenas superaron los US$680 millones en 1998. Desde ese año la tendencia ha sido a la disminución, llegando a cifras inferiores a los US$ 40 millones en los últimos años. Venezuela, con políticas apropiadas, podría exportar arroz, frutas tropicales y derivados agroindustriales, cacao y derivados, café, productos de la pesca y productos agroindustriales.

g. Fuentes potenciales de inseguridad alimentaria y nutricional

Sectores productivos, empresariales y académicos vinculados con la agricultura coinciden en los principales factores que contribuyen a la inseguridad alimentaria en Venezuela: inseguridad jurídi-

Tabla 6. Situación de los principales cultivos agrícolas en Venezuela

Cultivo	Evolución de la producción 1997 a 2015	Auto-abastecimiento en 2015 (%)*	Obstáculos
Maíz	Incrementos en la producción desde 1997 hasta 2008. A partir de ahí, disminución de superficie sembrada y producción.	32	Política de precios Dificultades para importación de semilla híbrida y retardos en su entrega (98% de la producción nacional proviene de semilla híbirida). Situaciones climáticas adversas. Expropiaciones de tierras. Robo de cosechas.
Arroz	Incrementos en la producción desde 1997 hasta 2008, disminuciones hasta 2010.	67	Incumplimiento en el pago de subsidios. Política de precios. Escasez de insumos (sólo cuentan con 30% de los requeridos). Plantas procesadoras paralizadas por falta de materia prima.
Soya	Ligeros incrementos de la producción de 2005 a 2010; a partir de ahí, disminución sostenida.		Alto porcentaje de pérdidas de tierras sembradas, principalmente por problemas con la semilla. Financiamiento. Disminución de precios internacionales.
Caña de azúcar	Muy pocas variaciones en la producción entre 1997 y 2002; a partir de ahí, disminución sostenida.	31	Precios del azúcar no acordes con los costos de producción. Desmedidas importaciones. Falta de inversión tecnológica. Expropiaciones de tierras, centrales azucareros y centros de investigación.
Café	Incrementos de 1997 a 2001, pocas variaciones con tendencia a la disminución hasta 2015. Los dos últimos años son los mínimos de la serie histórica.	25	Políticas de precios, producción y comercialización inadecuadas. Inflación. Falta de organización del sector. Controles fitosanitarios deficientes. Plantaciones viejas con baja productividad. Viveros abandonados. Contrabando hacia Colombia. Corrupción en el uso de recursos. Compra de semillas de baja calidad. Falta de insumos y mano de obra. Altas tasas de interés en la banca privada. Condiciones climáticas desfavorables. Desincorporación de tierras para destinarlas a otros usos. Falta de materia prima para plantas procesadoras.
Cacao	Producción estancada.		Bajos rendimientos, Ausencia de programas de mejoramiento, recuperación y renovación de plantaciones.

Fuente: Información y estimados por parte de los autores (Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela).

Cuadro 2. Propuestas de los sectores productivos, empresariales y académicos para superar la crisis del sector agrícola venezolano

Legislación	• Garantizar el derecho a la propiedad y la seguridad de bienes y personas en el sector rural, aplicando los procedimientos establecidos en la Ley de Tierras y permitiendo un diálogo directo, franco y abierto con los agricultores de áreas intervenidas. • Reglas para la formación de los precios internos que estimulen el desarrollo agrícola, y consideren las estructuras de costos de producción de los rubros.
Políticas de Estado	• Ajustes de la política cambiaria con un proceso de unificación cambiaria a una tasa económicamente viable, que garantice competitividad para la producción nacional. • Una política equilibrada en el terreno fiscal y monetario a fin de garantizar los recursos públicos necesarios para el sector agroalimentario. • Reorientar el papel del Estado como agente económico, limitando los controles y la intervención directa y privilegiando acuerdos con los agentes privados, así como normativas de estímulo y promoción. • Estrategia para mejorar la competitividad de cadenas agroalimentarias basada en rubros agrícolas para los cuales el país tiene probadas ventajas comparativas. • Campañas fito y zoo sanitarias de alcance nacional para erradicación y/o control de plagas y enfermedades que se han expandido en toda la geografía nacional • Creación de instrumentos idóneos para evaluar la situación del consumo de alimentos, en todos sus componentes y reorientar y en definir políticas en función de sus resultados. • Desarrollo de programas de inversión en cadenas productivas • Revisión de la política en cuanto a cultivos y alimentos de origen transgénico, para solventar las incoherencias actuales, ya que se permite la importación de alimentos transgénicos y se prohíbe el uso de semillas modificadas genéticamente para su uso en la agricultura venezolana. • Diseño de planes agroalimentarios con horizontes temporales de corto, mediano y largo plazos. Sustitución de importaciones agroalimentarias en alimentos clave: maíz blanco y amarillo, arroz, azúcar, oleaginosas tropicales, carne bovina, leche y carne de pollo. Fomento de las exportaciones agroalimentarias en cultivos con ventajas comparativas y competitivas, tales como café, cacao y derivados, pesca y productos del mar, frutas tropicales y hortalizas. • Plan para el autoabastecimiento nacional en grasas y aceites comestibles, desarrollando 300 mil ha de girasol en los llanos occidentales y un millón de hectáreas de soya en occidente, centro y el oriente del país. • Políticas de inversión en infraestructura productiva, financiamiento, alianzas con otros países, renovación de infraestructura, maquinaria, equipos y vialidad, fortalecimiento de las organizaciones de productores, actualización tecnológica y simplificación de la administración pública. • Financiamiento a largo plazo para consolidar fincas y rubros de carácter permanente.
Tecnología, investigación, capacitación	• Diseño de programas de desarrollo científico y tecnológico integrados a la dinámica productiva. Dotación y capacitación para el uso de tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) para agricultura de precisión y organizar e implementar planes de asistencia técnica a los productores. • Mejorar la genética de los rebaños y preservar los recursos genéticos "criollos" existentes (Criollo Limonero, Carora, Cabra Criolla, Cerdo Criollo, razas de aves). • Fortalecer el sector de pequeños rumiantes. • Mejorar redes para la medición de clima, suelo, hidrología y calidad de agua y su integración en sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

Fuente: Información y estimados por parte de los autores (Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela).

ca (bienes y personas); políticas de precios que no cubren costos de producción; el control de cambio; control de precios; política de importaciones agroalimentarias con un tipo de cambio sobrevaluado que ha causado distorsiones y corrupción; interpretación inadecuada de Ley de Tierras que ha conducido a invasiones, rescates y confiscaciones de superficies productivas; expropiaciones o adquisición forzosa de agroindustrias, cadenas de frío, silos y depósitos, flotas de transporte, cadenas de supermercados, redes de distribución de alimentos e insumos; falta de inversión y deterioro de la vialidad, infraestructura y servicios agrícolas. La variabilidad climática y el cambio climático introducen un elemento importante de incertidumbre, con amenazas como las sequías e inundaciones que influyen sobre cultivos, rebaños e incidencia de plagas y enfermedades.

h. Principales desafíos agrícolas

En medio de una situación de caída de los precios del petróleo y escasez, debe fortalecerse el desarrollo agrícola por su gran potencial productivo; las proyecciones dependerán de solucionar problemas estructurales. Los sectores productivo, empresarial y académico, han hecho propuestas concretas (**Cuadro 2**) en términos de legislación, políticas de Estado, tecnología, investigación, y creación de capacidades.

II. Marco institucional

a. Sistemas nacionales de investigación agrícola

Los sistemas nacionales de investigación agrícola básica y aplicada, conformados por universidades nacionales, centros de investigación pública y fundaciones privadas, están en la mayoría de las entidades territoriales con condiciones agroecológicas diversas para la agricultura nacional. Entre los oficiales sobresale el antiguo Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) del Ministerio de Agricultura y Cría, transformado en Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), transferido al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología en 2000, y al Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT) en 2007. El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, con carácter constitucional, posee un marco regulatorio, la ley de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI) y un órgano rector, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Convocatorias de proyectos del Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII) permiten el financiamiento. Aun así, la capacidad nacional de desarrollo científico y tecnológico es limitada por falta de articulación entre actores y organizaciones responsables, presupuesto de investigación deficitario en universidades e institutos oficiales, desactualización y deterioro físico de laboratorios y programas de prestación de servicios a agricultores, creciente emigración de profesionales, descenso de la producción científica y de patentes, etcétera. La Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (http://acfiman.org/site/pronunciamientos/en-apoyo-y-resguardo-a-la-ciencia-en-venezuela/) publicó un comunicado en apoyo y resguardo de la ciencia en Venezuela ante la mediatización pretendida por el Estado y la falta de atención de los ministerios pertinentes. Programas gubernamentales con muchos recursos durante la bonanza petrolera (Misiones: Ciencia, Alma Mater, Ribas, etcétera), al estar aislados de la estructura formal de investigación, fueron poco exitosos.

i. ¿Necesitan las capacidades para la investigación un mayor desarrollo?

Las capacidades de investigación requieren permanente actualización temática e instrumental. En el caso venezolano, el equipamiento e infraestructura científicos se han deteriorado, con alta fuga de talento humano con formación de cuarto nivel. Los investigadores en ciencias agrícolas acreditados en PEII representaban 23% del total de las áreas de conocimiento en 2012, reduciéndose a 11% en 2015. Se requiere mayor esfuerzo para reposición de talentos idos por emigración o jubilación, y para el desarrollo de nuevas áreas de conocimiento que demandan personal formado al más alto nivel.

ii. Áreas con fortalezas locales

Se ha contado con fortalezas grupales e individualidades en áreas que integran aspectos técnicos, sociales y económicos relacionados con la agricultura y seguridad alimentaria: Mejoramiento Genético (animal y vegetal), Control de Plagas Agrícolas, Ciencias del Suelo, Taxonomía de Plantas y Animales, Ingeniería Agrícola y Agroindustrial, Procesamiento de Productos Agrícolas, y Desarrollo Rural, Biotecnología, Tecnología de Alimentos, Nutrición y Dietética. Las emigraciones y jubilaciones han debilitado estas fortalezas.

iii. Redes de colaboración científica dentro y fuera del país

Los investigadores venezolanos han consolidado relaciones nacionales/internacionales en el sector agroalimentario. El interés institucional en estas alianzas es limitado y responde con frecuencia a iniciativas individuales o de las sociedades científicas vinculadas al sector agroalimentario, notándose la debilidad de una institucionalidad de apoyo real a la consolidación de redes estables que fa-

ciliten la cooperación entre individuos y organizaciones. Venezuela participó de 1998 a 2007 en consorcios FONTAGRO, siendo líder solo en dos oportunidades, y de los países miembros menos beneficiados. Numerosos convenios interinstitucionales y compromisos gubernamentales con instancias multilaterales se han implementado precariamente y sin debida difusión.

iv. El acceso y mantenimiento a bases de datos de seguimiento de los sistemas agrícolas

Hay pocos programas de seguimiento a los sistemas agrícolas venezolanos. El registro histórico ha sido subvalorado. Hay distorsión y carencia de información de fuentes públicas primarias (Banco Central de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas, Ministerio de Agricultura y Tierras, Ministerio de la Alimentación), con difícil validación de fuentes secundarias, públicas y privadas. Un ejemplo son los registros climáticos, información vital para la actividad agrícola, desactualizados, incompletos y en algunos casos de difícil acceso. Para el sector agroalimentario, la única fuente de información oficial son las Memorias y Cuentas de los Ministerios de Agricultura y Tierras y Alimentación, sin boletines actualizados. En las universidades, la información es escasa a pesar de esfuerzos como los del Centro de Investigaciones Agroalimentarias (CIAAL) de la Universidad de los Andes, y el Centro de Información Agroalimentaria de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (CIAGRO). Existen iniciativas privadas, empresas de recolección y análisis de datos (Datanálisis, Econométrica, INNOVAVEN), fundaciones (Fundación Bengoa, Fundación Polar) y asociaciones gremiales (Centro de Documentación y Análisis para los Trabajadores, Federación Venezolana de Maestros-CENDA, Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO e IPAFI), Federación Nacional de Ganaderos (FEDENAGA, Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos (CAVIDEA), con la desventaja que algunas de sus bases de datos son de acceso limitado o no gratuito.

b. Universidades e Institutos de Investigación

La **Tabla 7** presenta universidades nacionales, centros de investigación (públicos o privados) y fundaciones privadas que apoyan la investigación en

Tabla 7. Algunas universidades nacionales, institutos de investigación oficiales, y fundaciones y ONG privadas que apoyan la investigación en seguridad alimentaria y nutricional en Venezuela

Universidades nacionales:

- Universidad Central de Venezuela (UCV) y sus Facultades de Agronomía, Ciencias Veterinarias (FCV) y Ciencias del Agro, Ambiental, Ciencias y afines
- Universidad Simón Bolívar (USB)
- Universidad de los Andes (ULA)
- Universidad del Zulia (LUZ)
- Universidad de Oriente (UDO)
- Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado (UCLA)
- Universidad Rómulo Gallegos (UNERG)
- Universidad de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ)
- Universidad Experimental Francisco de Miranda (UNEFM)
- Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET)
- Universidad Experimental del Sur del Lago (UNESUR)
- Universidad Nacional Politécnica (UNEXPO) (*)

Institutos de investigación:

- Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (Facultad de Ciencias, UCV)
- Instituto de Química y Tecnología (Facultad de Agronomía, UCV)
- Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES, UCV)
- Centro de Investigaciones Agroalimentarias (CIAAL), Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FACES, Universidad de los Andes)

Centros de investigación en sector público:

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras) (*)
- Fundación de Estudios Avanzados (IDEA) (Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología) (*)
- Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) (Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología)
- Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE) (Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología)
- Instituto Nacional de Nutrición (INN) (Ministerio del Poder Popular para la Alimentación)

Organizaciones privadas y fundaciones u organizaciones no gubernamentales:

- Fundación Bengoa. Alimentación y Nutrición
- Fundación para la Investigación Agrícola DANAC (Fundación Empresas Polar)
- Fundación Nacional del Arroz. Guárico Portuguesa (Fundarroz)
- Fundacaña (Fundación Azucarera para el Desarrollo, la Productividad y la Investigación)
- Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, (FUDECI)

(*) Con Programas de postgrados (Maestría, Especialización y Doctorado): Desarrollo Rural, Producción Animal, Ingeniería Ambiental, Genética, Zoología Agrícola (Facultad de Agronomía, UCV); Medicina Veterinaria (FCV, UCV), Ciencia y Tecnología de Alimentos (Facultad de Ciencias, UCV); Estudios del Desarrollo, Estudios Ambientales, Curso de Perfeccionamiento Profesional en Políticas Públicas en Alimentación y Nutrición (CENDES, UCV); Ciencia de los Alimentos y Nutrición (USB).

SAN. El Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES, UCV) ofrece un Curso de Perfeccionamiento Profesional en Políticas Públicas en Alimentación y Nutrición para formar expertos en políticas públicas en salud con enfoque en Nutrición Social. El Centro de Investigaciones Agroalimentarias de la Universidad de Los Andes (CIAAL) realiza investigación, capacitación de postgrado y estudios especializados en el área agroalimentaria con énfasis en aspectos económicos y sociales, sistemas de información del Sistema Alimentario Venezolano y metodologías de análisis. La Fundación Bengoa para la Alimentación y Nutrición hace importantes aportes a nivel nacional como se ve en otras secciones del capítulo; la Fundación para la Investigación Agrícola (DANAC) –de la Fundación Empresas Polar– se dedica a mejorar sistemas agroalimentarios en alianza con productores, gremios e instituciones públicas y privadas; la Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (FUDECI) se dedica a la conservación del ambiente en el Estado Amazonas vía promoción del desarrollo agrícola sustentable, transferencia tecnológica o interés social, Sistemas Agrícolas Sustentables, fomento de cría de animales para granjas familiares, caracterización de raíces y tubérculos autóctonos, gastronomía basada en recursos naturales del Amazonas, etcétera. En las universidades nacionales hay investigación en generación de energía: eólica y por hidrógeno, con grupos estudiantiles en áreas de robótica y mecatrónica para desarrollar vehículos eléctricos y autónomos (vehículo solar), etcétera. En las universidades de Carabobo, Simón Bolívar y Zulia se trabaja en celdas de combustible y uso de drones con potencial para exploración, seguimiento y control de inundaciones, incendios forestales, prevención de fenómenos ambientales extremos, etcétera. El financiamiento a la investigación descansa en el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) con aportes del Gobierno y empresas privadas de acuerdo a la LOCTI, que pone bajo control del Gobierno las decisiones sobre lo que se financia con dichos aportes, mientras que en el pasado las contribuciones podían ser acordadas entre las empresas y los centros de investigación. Según el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología, en su Libro de Oportunidades de Estudio 2016 (en revisión) se ofrecen oportunidades en diversas universidades autónomas, universidades experimentales y universidades politécnicas territoriales con opción de carreras cortas y largas, y Programas Nacionales de Formación en varias áreas de conocimiento relacionadas directamente con la SAN y que son: Ciencias del Agro y del Mar –Agronómica, Agrícola, Agropecuaria y Finca; Alimentos; Ambiente; Forestal; Pesquera y Marina; Veterinaria– y Ciencias de la Salud –Nutrición y Dietética.

1. Desarrollo científico e infraestructura

La infraestructura para la investigación, pública y privada, ha sufrido un acelerado envejecimiento y falta de mantenimiento, mermando la operatividad de las universidades con carreras agrícolas y el Instituto oficial (INIA). Laboratorios y proyectos funcionan precariamente, con capacidades operativas limitadas al carecer de equipos, instrumentos, reactivos y vehículos de apoyo al trabajo de campo. En los postgrados nacionales han disminuido matrículas y programas de becas. El desarrollo científico y tecnológico se ha desacelerado significativamente. Las devaluaciones permanentes de la moneda y el control cambiario (desde enero de 2003) han afectado intercambios científicos y tecnológicos, así como adquisición de equipos, partes y repuestos.

2. Capacidades para la investigación inter y transdisciplinaria. Desarrollo de modelos, asimilación de innovaciones tecnológicas

El enfoque disciplinario individual ha prevalecido sobre el de investigación inter/transdisciplinaria. Aun así, ha habido investigación agrícola en diversas disciplinas. La asimilación de innovaciones tecnológicas, tradicionalmente muy rápida, apoyada por una economía capaz de adquirirlas en el exterior y adoptarlas, ha disminuido por la escasez de divisas y el desmantelamiento de programas de asistencia técnica, principalmente los ofrecidos por el sector público. Algunas organizaciones privadas, como asociaciones de productores y ganaderos –Asociación Nacional de Cultivadores Agrícola (ANCA), Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA)–, han asumido esta tarea parcialmente y con limitaciones.

c. Desarrollo de grupos calificados de trabajo. Estado de los sistemas educativos nacionales

Áreas de buen desarrollo están debilitadas por la emigración o jubilación de investigadores, falta de financiamiento y ausencia de políticas de renovación y formación de talentos, carencia de personal auxiliar y obsolescencia de estructuras, equipos e instrumentos de apoyo. El antiguo Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) tuvo una promisoria línea de trabajo a partir de 1995 que denominó Agendas de Investigación, Innovación y Asociaciones Estratégicas: conjunto de políticas dirigidas a la constitución de redes de innovación en múltiples áreas, impulsando nuevas vías de colaboración entre investigadores, empresarios, ciudadanos, gremios, políticos, etcétera, para acordar necesidades específicas de ciertos sectores o rubros, formulados como proyectos: Agendas de Cacao, Arroz, Ajonjolí, Alimentos Balanceados para Animales, Semillas y Cereales, y el Sistema de Información Agrícola Nacional. Evaluaciones posteriores señalan un abandono de sus planteamientos originales y una vuelta a la investigación académica tradicional (Peña-Cedillo & Flores-Urbáez, 2006). Los sistemas educativos nacionales están afectados por problemas financieros, presupuestos insuficientes (el de las universidades públicas nacionales es el mismo desde 2008) y una práctica recurrente de créditos adicionales que dificulta la debida planeación.

d. Contribuciones relativas de los sectores público y privado

El sector agroalimentario nacional ha estado en desventaja en una economía petrolera fuerte que privilegió la importación de materias primas/productos más baratos que lo nacional. Desde 1999 se profundizó el intervencionismo estatal desestimulando la inversión del sector privado en el sistema agroalimentario, dejando en manos del Estado la financiación casi total de la investigación y desarrollo de talentos. Algunos rubros muy competidos por la oferta internacional han recibido atención del sector privado por su papel en la alimentación del venezolano, como en el caso de los cereales más demandados (arroz, maíz y sorgo) y de los infructuosos intentos de incorporar la soya a los sistemas agrícolas. El mejoramiento genético de estos rubros subsiste fundamentalmente gracias a esos aportes. Al analizar comparativamente las contribuciones de los sectores público y privado en los rubros mencionados, en los últimos 10 años, de 15 variedades nuevas de arroz cuatro fueron desarrolladas por el INIA (26%). Traduciendo esta realidad en el mercado de producción de semillas nacionales, más de 67% de la semilla sembrada provino de fuentes privadas, correspondiéndole a la Fundación DANAC casi 47%. El caso de maíces es uno de los más prolíficos en cuanto al desarrollo de cultivares nuevos, ya que en el sector participan empresas nacionales y trasnacionales que buscan la elegibilidad de cultivares, en especial híbridos. Desde el año 2004 se han liberado 86 híbridos de maíz blanco y amarillo; de estos, solo seis fueron desarrollados por el sector público (7%). La soya es un sector dominado por el sector privado, que realiza básicamente introducciones de otros programas, especialmente de Brasil. El desarrollo de nuevos cultivares de soya ha sido intermitente. Los programas nacionales no han realizado desarrollos nuevos en más de 10 años. La única institución que realiza cruzamientos y obtiene cultivares de soya es la Fundación DANAC, con interés reciente de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA). En los últimos 10 años se han liberado cinco variedades de las cuales solo una es producto de mejoramiento nacional. No se ha trabajado exitosamente en sorgo estos últimos años, estando en uso siete variedades del tipo granífero y dos del tipo forrajero, todas producidas por el sector privado. En resumen, el sector privado ha liderado en los últimos 10 años el aporte de materiales genéticos trabajados nacionalmente y la presencia de semillas provenientes del exterior es cada año mayor, privilegiada por importaciones controladas gubernamentalmente a una tasa de cambio preferencial que dificulta la gestión de las empresas privadas venezolanas. De no revertirse esta situación, el aporte del sector público (INIA y universidades) será cada vez menor, producto de la drástica disminución en el aporte de recursos gubernamentales para programas de mejoramiento genético, la inseguridad creciente que afecta a personas y equipos de trabajo, y la fuga de talentos. Rubros tradicionales como café, cacao, raíces y tubérculos, ajonjolí, ganadería vacuna y captura de espe-

cies marinas se han abandonado progresivamente. Los esfuerzos privados en café y cacao han sido afectados por controles gubernamentales sobre precios y canales de comercialización.

e. Perspectiva del futuro

El futuro agroalimentario dependerá de la concesión de tres garantías: seguridad jurídica, seguridad social y seguridad personal. A quienes participan en el eslabón primario se les debe garantizar condiciones de vida adecuadas en comparación con el resto de la cadena u otras actividades económicas. Debe considerarse la protección del ambiente, la restauración de espacios naturales degradados y tener presentes acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático. Finalmente, la gran meta es la gente y su desarrollo no será posible sin educación, salud y trabajo digno, en un entorno ambientalmente protegido y socialmente seguro, teniendo conciencia colectiva de que el ejercicio ciudadano diario implica defensa de los derechos y cumplimiento de los deberes.

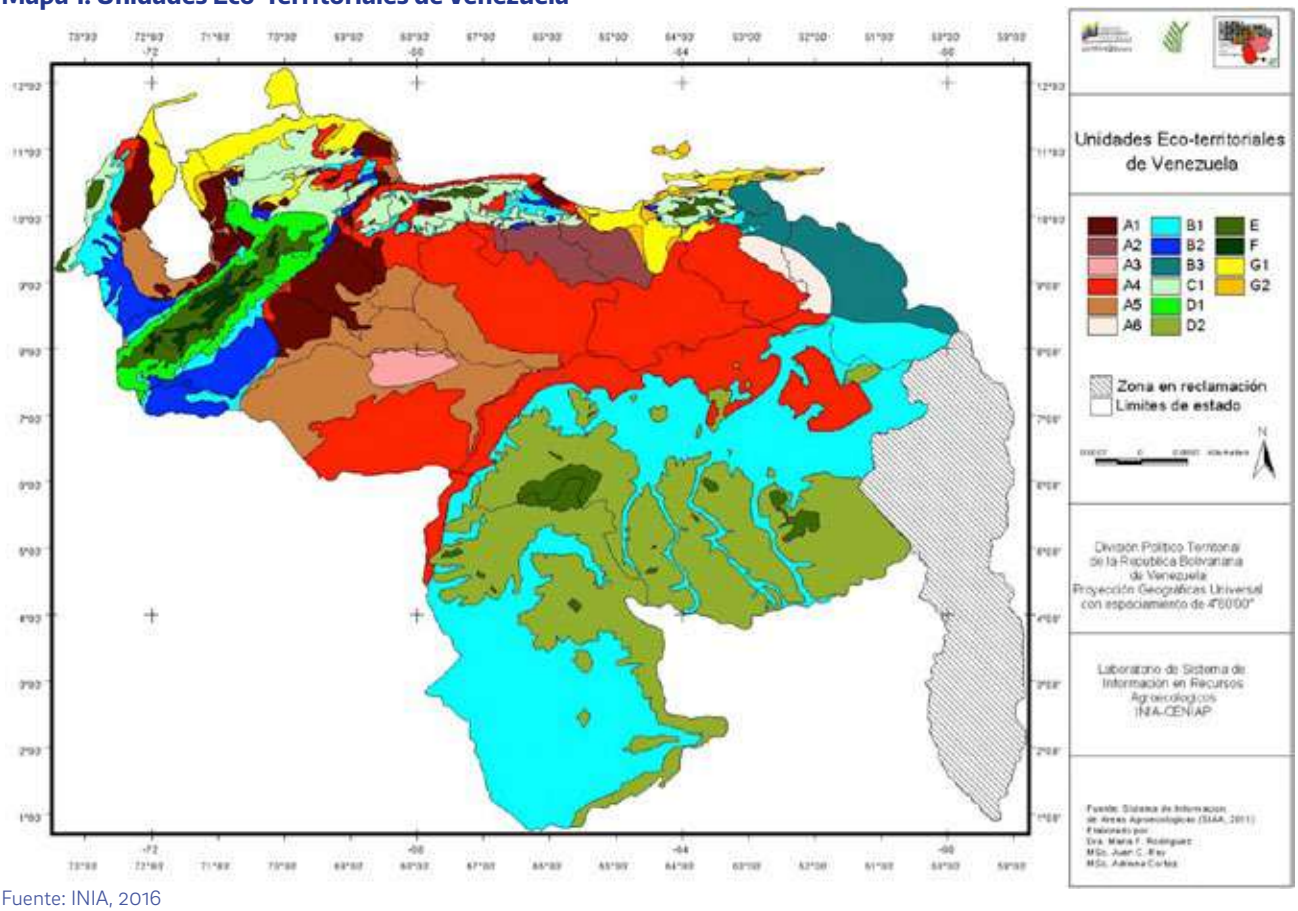
III. Características de los recursos y ecosistemas

Por su ubicación latitudinal, Venezuela posee un clima tropical con patrones bimodales de radiación solar y temperatura y fluctuaciones pequeñas de estas variables a través del año. La altitud, nubosidad y ubicación geográfica son los factores más importantes que determinan sus variaciones espaciales, encontrándose lugares con temperaturas promedio de 28°C en zonas bajas y hasta menos de 0°C en los páramos andinos. Las fluctuaciones térmicas diarias son alrededor de 10°C en gran parte del país y disminuyen en zonas costeras, islas y en regiones de alta nubosidad. Los diversos patrones de precipitación (magnitud y distribución), en conjunto con la demanda evaporativa y la textura y profundidad de los suelos, determinan la disponibilidad de agua y constituyen las variables climáticas y edáficas más importantes para la agricultura, ya que definen la longitud y calidad de la estación de crecimiento de los cultivos. Así se identifican lugares con períodos húmedos entre 11 y 12 meses (Sur de Venezuela, Sur del Lago de Maracaibo, Sierra de Perijá, Delta del Orinoco, partes del piedemonte andino y Barlovento), y zonas en donde la ausencia de período húmedo impide una agricultura de secano (Goajira, Paraguaná y algunos lugares de la Depresión Lara-Falcón, franja costera e islas). En el resto del país las longitudes del período húmedo varían entre 10 y 3 meses. Las variaciones aquí descritas se traducen en una gran diversidad de agroecosistemas, desde el punto de vista climático, con la posibilidad de la producción de múltiples cultivos. Adicionalmente plantea la necesidad de la selección de cultivos y sistemas de manejo para hacer un uso óptimo de la oferta climática y minimizar los riesgos asociados al clima. Es muy importante realizar zonificaciones de cultivo para ubicar las especies según la estación de crecimiento y realizar las labores mecanizadas en las épocas más adecuadas. En el **Mapa 1** se muestran las principales ecorregiones del país y se describe su uso actual (INIA, 2016).

a. Recursos hídricos y desafíos en los próximos 50 años

Venezuela cuenta con abundantes recursos hídricos distribuidos en siete sistemas hidrográficos y 16 regiones hidrográficas. No obstante, el norte del Orinoco, donde se concentra la población, confronta problemas de disponibilidad de agua. El país tiene más de 100 embalses construidos con fines diversos: suministro de agua potable, uso industrial, riego, control de inundaciones, recreación y generación de energía hidroeléctrica (González y Matos, 2012). En 2014 había un total de 745,300 ha regadas (2.9% de la superficie agrícola) y 910 mil ha drenadas (INDER, s/f). Entre los desafíos en el uso de los recursos hídricos, se encuentran: la aplicación de medidas para resolver problemas de eutrofización, colmatación (relleno de presas por sedimentos derivados de la erosión), contaminación, disminución del flujo de agua y conflictos de uso, además de mejorar la eficiencia del uso de agua en los sectores agrícola, urbano e industrial. Para la Fase I (2015-2019), el Estado ha proyectado incrementar en 279,404 ha el área de riego (con impacto previsto en 37 cultivos) y en 409,000 has el área saneada mediante drenaje (impacto en ocho cultivos). Ver estrategias generales en la **Tabla 8** (INDER, s/f).

Mapa 1. Unidades Eco-Territoriales de Venezuela



Fuente: INIA, 2016

b. Recursos de suelo y desafíos en los próximos 50 años

Por la variabilidad geológica, de clima, relieve y biomas, hay gran diversidad de suelos; ocurren 12 de los 13 órdenes taxonómicos de suelo del mundo (Rey, 2015). Predominan los Ultisoles y Oxisoles (MPPAT e INIA, 2008). Sólo 2% del territorio posee tierras sin limitaciones de producción agrícola, en el 98% restante las limitaciones son: 44% de la superficie por relieve excesivo, 32% por baja fertilidad, 18% por mal drenaje y 4% por aridez. Ello implica que se requiere aplicar prácticas para adecuar dichas tierras, pues de lo contrario los niveles de productividad serían muy bajos o se comprometería la sustentabilidad en el largo plazo. La incorporación de tecnologías (riego, uso de especies tolerantes a mal drenaje, baja fertilidad o acidez, obras de drenaje, manejo de fertilización, uso de fertilizantes alternativos y prácticas de manejo conservacionista), permitiría superar algunas de estas restricciones y definir las siguientes áreas potenciales: 4% para una amplia gama de cultivos, 14% para una limitada gama de cultivos, 30% limitada a ganadería y alrededor de 52% para bosques, recreación y reservas hidráulicas (Comerma y Paredes, 1978). Hay una brecha importante entre el uso actual y estas áreas potenciales para cumplir con la meta de la soberanía agroalimentaria.

c. Desafíos energéticos

Los recursos energéticos son cuantiosos y diversificados: petróleo, gas, carbón, bitúmenes, hidroenergía y energías renovables La actividad petrolera genera 80% de los ingresos fiscales y 70% del ingreso nacional de divisas (MARN, 2005). El país posee 5.8% de las reservas probables de petróleo del mundo y 2.5% de las de gas natural, que alcanzan un volumen de 146.8 billones de pies cúbicos.

Unidades Eco-Territoriales presentadas en el Mapa 1

Ecorregión			Uso actual
A	Zonas subhúmedas de trópico bajo, altitud menor de 500 msnm, precipitación anual entre 700 y 1.800 mm y cuatro a ocho meses húmedos.	**A1:** áreas planas, suelos con drenaje de bueno a moderado, buena fertilidad natural y riesgo de deterioro físico por compactación y sellado superficial.	Cultivos anuales mecanizados, caña de azúcar, frutales, forestales, hortalizas y ganadería bovina semi-intensiva.
		A2: áreas de topografía ondulada, con suelos de mediana fertilidad natural y riesgo de erosión.	Cultivos anuales mecanizados, hortalizas y ganadería bovina semi-intensiva y extensiva.
		A3: áreas planas, suelos de buena fertilidad natural y drenaje, en patrones fisiográficos intricados, determinadas por variaciones topográficas locales, que combinan bancos, bajíos y esteros.	Agricultura de subsistencia y semi-comercial, unida a la pesca y la acuicultura, ganadería bovina semi-intensiva y extensiva y ganadería bufalina semi-intensiva.
		A4: áreas planas, suelos con baja a muy baja fertilidad natural y drenaje de tendencia excesiva.	Ganadería bovina extensiva y semi-intensiva, cultivos anuales mecanizados, plantaciones forestales, frutales, hortalizas, agricultura de subsistencia y semi-comercial.
		A5: áreas planas o muy planas, con problemas de inundaciones temporales sin o con poca factibilidad de drenaje.	Ganadería bovina extensiva, bufalina semi-intensiva, agricultura de subsistencia y semi-comercia pesca y acuicultura. Arroz.
		A6: áreas planas con problemas de inundación y riesgo de acidificación, cuando se drenan artificialmente.	Ganadería bovina extensiva, ganadería bufalina semi-intensiva, agricultura de subsistencia y semi-comercial, pesca y acuicultura.
B	Zonas húmedas de trópico bajo, altitud menor de 500 msnm, precipitación anual mayor a 1.800 mm y nueve o más meses húmedos durante el año.	**B1:** áreas con una variada topografía suelos, con baja a muy baja fertilidad natural.	Selva tropical poco intervenida y protegida, agricultura de subsistencia indígena, plantaciones, ganadería extensiva y semi-intensiva.
		B2: áreas con predominio de topografía plana, con suelos de moderada a buena fertilidad natural.	Reserva forestales, plantaciones, ganadería bovina semi-intensiva, agricultura de subsistencia semi-comercial.
		B3: áreas con inundaciones muy frecuentes o casi permanente, ocasionadas por flujos de mareas y anegamiento fluvial.	Protección ambiental, plantaciones tropicales, raíces y tubérculos, conucos indígenas.
C	Zonas subhúmedas de trópico premontano, altitud entre los 500 y 1.500 msnm, precipitación anual entre los 700 y 1.600 mm y de cuatro a ocho meses húmedos	**C1:** áreas con variada topografía de valles y laderas. En las zonas planas predomina el buen drenaje y la buena fertilidad natural y en las zonas de mayor pendiente riesgo de erosión.	Hortalizas, frutales, caña de azúcar, piña y coco, cultivos anuales mecanizados, ganadería semi-intensiva, y aves.
D	Zonas húmedas de trópico premontano, altitud entre los 500 y 1.500 msnm, a 1.600 mm y más de nueve meses húmedos durante el año.	**D1:** áreas cuya principal limitante es la erosión y la acidez de los suelos, que coexisten con algunas zonas de mejor fertilidad.	Café, plátanos, cacao y piña, frutales, leguminosas, raíces y tubérculos semi-comercial, hortalizas raíces y tubérculos, ganadería intensiva de leche y ceba.
		D2: áreas muy húmedas, con predominio de materiales geológicos muy antiguos, con severas limitaciones de fertilidad y riesgo de degradación biológica, cuando se someten al uso agrícola.	Selva tropical poco intervenida y protegida, agricultura de subsistencia indígena.
E	Zonas húmedas y frías de los pisos montano bajo y montano, altitud entre los 1.500 y 3.000 msnm, y lluviosas durante casi todo el año.	**E:** áreas con vulnerabilidad a la erosión y riesgo de contaminación de cuerpos de agua, unido a fragilidad ecológica por riesgo de afectación de la biodiversidad con especies endémicas.	Hortalizas, raíces y tubérculos, frutales, ganadería intensiva de leche.
F	Zonas muy frías de altas montañas, altitud superior a los 3.000 msnm.	**F:** áreas con vulnerabilidad a la erosión y riesgo de contaminación de cuerpos de agua y pérdida de biodiversidad, con especies endémicas de los páramos.	Hortalizas.
G	Zonas secas del trópico bajo, altitud menor 500 msnm, con precipitaciones menores a los 700 mm al año y períodos húmedos inferiores a cuatro meses.	**G1:** áreas de valles y planicies de pocas pendientes, con suelos de tendencia salina y alto riesgo de deterioro físico, el riego y la calidad del agua son factores determinantes para su uso agrícola.	Agricultura de subsistencia y semi-comercial hortalizas conriego, zábila, sisal y piña, frutales con riego, caprinos y ovinos extensivos para carne y para leche semi-intensiva.
		G2: áreas onduladas con colinas y laderas bajas, donde la escasez del agua y la erosión geológica son limitantes determinantes para cualquier uso.	Ganadería extensiva de ovinos y caprinos.

Fuente: Tomado de INIA, 2016, con modificaciones.

El 64% de la energía eléctrica es generada por caídas de agua y el potencial hidroeléctrico asciende a 83,433 MW (Hernández, 1998). Entre los desafíos: la solución de los problemas de fallas eléctricas y el desarrollo de infraestructura necesaria para el aprovechamiento de los recursos energéticos. Este sector representa la fuente más importante de gases de efecto invernadero, destacando la contribución de las emisiones del subsector industrias energéticas. No se dispone de proyecciones de oferta y demanda energéticas, pero se han identificado oportunidades de mitigación mediante sustitución de fuentes energéticas, mantenimiento de equipos, actualización tecnológica para mejorar eficiencia, y adopción de normas de ahorro y conservación de energía (MARN, 2005).

d. Conflictos y desafíos en cuanto a biodiversidad

Venezuela es uno de los diez países de mayor diversidad biológica del planeta y ocupa el sexto lugar en América. Resultados preliminares indican 15,353 especies vegetales, 261 familias y 2,482 géneros. Alrededor de 2,964 de estas especies son endémicas. Algunos géneros importantes para la alimentación y la agricultura tienen su centro de origen y biodiversidad en la región suramericana; dentro de ellos se encuentran especies cultivadas, silvestres y semi-domesticadas (MPPAT e INIA, 2008). En cuanto a su fauna, al menos 203 especies de vertebrados terrestres y acuáticos (5% del total de Venezuela) son utilizadas como recurso alimentario de subsistencia por las comunidades rurales e indígenas del país (González-Fernández, 2007a). Dos especies silvestres, el chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y la baba (*Caiman crocodilus*), se aprovechan racionalmente a través de programas de manejo basados en su biología (Ojasti, 2011), bajo la supervisión del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas. En los últimos 12 años, el programa del chigüire ha ocupado un promedio de 215.000 ha anuales (8% de la superficie del hábitat óptimo de la especie), con 16,411 animales en 2004 (González-Fernández, 2007b); el salón seco (canal seca salada) pesa 7,5 kg en promedio (Ojasti, 2011). El programa de baba cosechó 76,430 ejemplares en 2004 con una producción de 382,150 kg (De Sola y Velasco, 2007).

Tabla 8. Estrategias del Plan Nacional de Agricultura de Riego y Saneamiento de Tierras (PLANARSAT). Fase I (2015-2019)

- Formular un Plan Nacional de Riego como alternativa para enfrentar elevados riesgos y alta vulnerabilidad asociados al predominio nacional de producción de cultivos y rubros estratégicos bajo sistemas de secano.
- Fortalecer el programa de construcción de pequeños embalses, lagos colinarios y lagunas, para aumentar la capacidad y las reservas de agua superficial en el medio rural.
- Actualizar el inventario nacional de recursos hídricos subterráneos.
- Iniciar un programa de apertura y equipamiento de pozos a fin de aumentar de manera racional y sustentable, el aprovechamiento de las aguas subterráneas.
- Crear un programa de fortalecimiento y mejoramiento de la caficultura nacional, como cultivo de alto impacto social y económico, y protector de tierras montañosas.
- Reforzar a los programas de manejo y conservación de cuencas hidrográficas, en especial las cuencas altas donde nacen los principales ríos de la Nación.
- Crear un programa especial para aumentar la capacidad de almacenamiento estratégico de alimentos no perecederos, tanto para consumo humano como para la alimentación animal, a fin de enfrentar contingencias coyunturales de escasez general de alimentos por efectos de las sequías.

Fuente: INDER (s/f).

Se han identificado cuatro grandes amenazas directas a la biodiversidad: 1. Destrucción, degradación y fragmentación de ecosistemas; 2. Introducción, establecimiento e invasión de especies exóticas; 3. Aprovechamiento no sustentable de la diversidad biológica; y 4. Introducción de organismos genéticamente modificados. La estrategia nacional para la conservación de la diversidad biológica y su plan de acción tiene siete líneas estratégicas: gestión de la información, conservación de especies, definición de áreas estratégicas para la conservación, aprovechamiento sustentable, prevención, control y erradicación de series exóticas, control y fiscalización de organismos genéticamente modificados, y prevención y manejo del comercio ilícito de especies. Este plan no contempla una línea específica para especies de uso agrícola. Se han detectado deficiencias en recursos y capacitación, con consecuencias como el deterioro o pérdida total de bancos de germoplasma (mango, cítricos, lechosa, yuca), que se traduce en pérdida de patrimonio genético y reduce las posibilidades de mejoramiento de estas especies. MPPAT e INIA (2008) refieren que en los principales rubros ve-

getales se utiliza un total de 473 cultivares, en su mayor parte provenientes de programas de mejoramiento genético (**Tabla 9**). La preferencia por estos materiales y patrones de consumo favorece la uniformidad, disminuye el uso de materiales tradicionales o locales y provoca erosión genética (MPPAT, 2015). El país no cuenta con sistemas de vigilancia y alerta sobre la erosión genética.

Tabla 9. Cultivares utilizados en diversos rubros agrícolas producidos en Venezuela

Nombre común	Nombre científico	Número de cultivares
Aguacate	*Persea americana*	60
Ají	*Capsicum chinensis*	2
Cacao	*Theobroma cacao*	7
Café	*Coffea arabica*	9
Caña de azúcar	*Saccharum oficinarum*	15
Chirimolla	*Annona cherimolla*	1
Cítricas	*Citrus sp*	6
Guanábana	*Annona muricata*	4
Guayaba	*Psidium guajaba*	3
Mango	*Mangifera indica*	26
Merey	*Anacardium occidentale*	3
Níspero	*Manilkara achras*	1
Parchita	*Passiflora edulis var. flavicarpa*	1
Pimentón	*Capsicum annum*	1
Tamarindo	*Tamarindus indica*	2
Tomate	*Lycopersicum esculentum*	4
Sub-Total		**145**
Cultivares de rubros agrícolas mejorados declarados elegibles por SENASEM		
Ajonjolí	*Sesamum indicum*	15
Algodón	*Gossypium hirsutum*	22
Arroz	*Oryza sativa*	15
Caraota	*Phaseolus vulgaris*	26
Frijol	*Vigna unguiculata*	3
Maíz	*Zea mays*	179
Papa	*Solanum tuberosum*	18
Sorgo	*Sorghum vulgare*	36
Soya	*Glycine max*	14
Subtotal		**328**
Total		**473**

Fuente: Cálculos propios obtenidos de cifras preliminares con estimaciones a diciembre (MPPAT, 2015).

e. Consecuencias de las tendencias forestales

El Estado venezolano ha establecido desde 1950 un sistema nacional de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), sometidas a régimen de manejo con leyes especiales. Para 2013 existían 400 áreas en 67.9 millones de hectáreas, que incluyen los parques nacionales, reservas forestales, monumentos naturales, áreas boscosas bajo protección, refugios de fauna silvestre, entre otras. Las áreas destinadas al manejo sustentable del Patrimonio Forestal ocupan 16.3 millones de hectáreas; de éstas, las reservas forestales abarcan 12.8 millones (79%) y las Áreas Boscosas Bajo Protección (ABBP), 3.4 millones (21%) (MINEA, s/f). El 70% de estas áreas están al sur del Río Orinoco, (MARN, s/f). La producción total nacional de madera en rola entre 2009 a 2013 fue de 4.2 millones de m³, 0.3 millones de m³ correspondían al volumen aprovechado dentro de reservas forestales (bosques naturales) y 3.9 millones de m³ al volumen de plantaciones (pino, eucalipto, teca y melina) (MINEA, s/f). Según MARN (s/f), las mayores afectaciones a la superficie boscosa ocurren al Norte donde se concentra la población, aun así, según MPPAT e INIA (2008), los bosques de Guayana están en riesgo. Seis de las causas principales de la disminución del área de bosques son: ampliación de la frontera agropecuaria, explotación ilegal de madera, debilidades en mecanismos de supervisión/control, invasiones de tierras para la producción forestal con fines agropecuarios, la actividad minera e incendios forestales. Entre los desafíos se cuenta: realizar el inventario forestal nacional; profundizar el manejo forestal mediante adopción de medidas estrictas en materia ambiental y la investigación; valorar los bienes y servicios provenientes del bosque para diseño de políticas y adoptar decisiones para nuevas formas de manejo y gestión de los bosques; y crear un sistema de evaluación de la sostenibilidad de los recursos forestales basado en Criterios e Indicadores (MARN, s/f).

f. Impactos potenciales del cambio climático

Las proyecciones de cambio climático en general indican un futuro más cálido y seco, con variaciones de acuerdo con el modelo utilizado y la región del país. Para 2060 se prevén incrementos de la temperatura media entre 1 a 2°C, debido principalmente a incrementos de la temperatura míni-

ma. Se estiman variaciones en la precipitación, la evapotranspiración, el número de meses húmedos y el balance hídrico. En general, el porcentaje del país bajo climas secos se incrementará a más de 47% (MARN, 2005). Considerando estas variaciones, Ovalles *et al*. (2008) realizaron la evaluación de tierras de las tres grandes áreas geográficas de mayor afectación: Oriental, Centro-Occidente y los Andes y Cuenca del Lago de Maracaibo, concluyendo que en la zona de Oriente desaparecerán zonas húmedas a expensas de zonas subhúmedas y gran parte de las zonas subhúmedas se convertirán en zonas secas. En cuanto a la zona Centro-Occidental se incrementarán las zonas secas y los problemas de erosión. Se estima que la mayor parte de la zona Occidental se convertirá en subhúmeda. Los usos con cultivos permanentes sufrirán el mayor grado de afectación. Los cambios no parecen ser tan drásticos para el caso de la ganadería y los cultivos anuales, aunque el efecto negativo sobre los pastos incidirá en la alimentación animal. El 94.3% de la agricultura es de secano, por lo que se prevén impactos directos en cultivos (rendimientos, reducción de ciclos, uso de agua, distribución espacial, plagas y enfermedades), así como también en la producción animal (confort y sanidad animal, y disponibilidad de pastos) (MARN, 2005).

g. Construcción de resiliencia a eventos extremos

Las medidas para resiliencia abarcan aspectos legales, políticos, tecnológicos y educativos, a diferentes niveles de organización de la sociedad. En el país se están incorporando variedades de cultivos resistentes a la sequía, hay ejemplos de prácticas de manejo que evitan la degradación de tierras y mejoran su sostenibilidad (labranza reducida, uso de enmiendas y fertilizantes, drenaje de tierras, etcétera). En el área de clima y gestión integrada de recursos hídricos, el Instituto de Nacional de Meteorología e Hidrología tiene un sistema de seguimiento de las condiciones hidrometeorológicas, pronósticos y predicción numérica del tiempo atmosférico. El reto es establecerlo en tiempo real con ubicación, distribución geográfica y de relieve. En 2012 comenzó a operar, en Paraguaná, el primer parque eólico en Venezuela en 575 ha y, en La Guajira, cuatro aerogeneradores a modo de prueba, que se espera generen 75.6 MW con 36 aerogeneradores financiados por Petróleos de Venezuela (PDVSA), bajo la premisa de ser un país energético y no solo petrolero.

h. Proyecciones futuras

Se requiere un enfoque nacional para la SAN. Sectores académicos y productivos concuerdan en que es preciso identificar y fortalecer la producción en rubros en los que el país es competitivo o tradicionalmente se ha autoabastecido, e importar aquellos que no pueden ser producidos ventajosamente. Hay suficiente cantidad de tierras aptas para cubrir las necesidades alimentarias al 2020 para el sector agrícola vegetal y animal, pero, al desagregar por tipo de sistema agrícola, hay un déficit en las tierras disponibles para horticultura de piso alto y cultivos anuales mecanizados (Abarca, 2010). Los expertos estiman que se requiere 1 ha para alimentar a 10 personas; ello implica que para satisfacer las necesidades de la población en 2050, serán necesarias alrededor de 4 millones de hectáreas. Hay gran potencial ganadero y forestal. Las grandes obras de ingeniería deberán orientarse primordialmente al drenaje, pues el riego requiere mayor preparación técnica, personal capacitado y paquete tecnológico. Además de la disponibilidad de tierras, debe considerarse un marco institucional para asistencia técnica en cuanto al manejo sostenible de tierras, los posibles conflictos por el uso de recursos que crearía la expansión de tierras agrícolas y los problemas de inseguridad que enfrentan los productores.

IV. Tecnología e innovación

a. Rol de la Biotecnología

Algunos centros de investigación de Venezuela cuentan con equipamiento e infraestructura relativamente actualizados para realizar análisis básicos de ácidos nucleicos en cultivos tropicales y otros rubros de interés agroalimentario, pero muy pocos laboratorios tienen nuevas tecnologías de secuenciación e infraestructura para abordar "ómicas" y el aparataje bioinformático para manejo de gran cantidad de datos. La más reciente iniciativa institucional del Estado venezolano para estimular el

desarrollo biotecnológico al servicio de la agricultura ocurrió entre 2004 y 2006: la Convocatoria FONACIT "Fortalecimiento del Sector Biotecnológico para la Seguridad Alimentaria" con fondos del BID, que financió más de 30 proyectos de investigación y desarrollo, de instituciones públicas y privadas, e incluía también formación de talento humano y transferencia de tecnologías, equipándose varios laboratorios con tecnologías actualizadas para ese entonces y generación de grupos de trabajo. Muchos proyectos no tuvieron continuidad por falta de apoyo institucional con la consecuente obsolescencia de equipos y de capacidad analítica para temas emergentes en rubros agrícolas. La obsolescencia del equipamiento es quizás uno de los mayores obstáculos para el desarrollo científico y tecnológico nacional. Desde hace algunos años se ha implantado una tendencia "antibiotecnológica" como postura oficial del Estado, cristalizada en la reciente Ley de Semillas que prohíbe expresamente el uso, consumo, experimentación y cultivo de organismos genéticamente modificados. Venezuela tuvo una experiencia exitosa pero desafortunada en usos de biotecnología moderna en cultivos: el caso de la papaya transgénica resistente al virus de la mancha anillada, generada en la Universidad de los Andes con demostrada eficacia (Fermín *et al*., 2004). Desafortunadamente, los ensayos de campo fueron vandalizados por grupos "antitransgénicos", acarreando el fin prematuro de esta línea de investigación y de otras relacionadas. A pesar de las potencialidades de la biotecnología tanto en su sentido amplio como en el asumido en el protocolo de Cartagena, su rol en la seguridad alimentaria en Venezuela ha sido de impacto limitado en rubros vegetales y animales.

b. Posibilidades para productos agrícolas novedosos

Históricamente en Venezuela se han producido más de 50 rubros vegetales con estadísticas disponibles en cereales, leguminosas, hortalizas y tubérculos, y frutales (**Tabla 3**), pero existen programas de mejoramiento genético formales solo para menos de una decena de ellos, que incluyen cereales y caña de azúcar. Esto afecta la calidad de muchos de los rubros consumidos en el país, ya que no están insertados en un sistema de control que garantice el estado fitosanitario de la semilla y del producto que adquiere el consumidor. También abre posibilidades para formalizar programas de mejoramiento genético y creación de bancos de germoplasma de cultivos secundarios o no tradicionales. Hay bancos de germoplasma en cultivos como la yuca y se están identificando accesiones de ají dulce, rubro tradicional de la cocina venezolana. Como se ve en la sección VI, la dieta del venezolano promedio se concentraba en harinas (almidón) y grasas, con bajo consumo de proteínas y rubros que aportan vitaminas y micronutrientes. Existe necesidad de generar productos agrícolas novedosos para diversificar la dieta del venezolano.

c. Oportunidades / obstáculos para nuevas tecnologías de manejo (riego / agua / fertilizantes)

Hay oportunidades de innovación tecnológica en el manejo agronómico. Existe interés de los productores agrícolas en innovar para mayores rendimientos y rentabilidad, y confianza en la investigación, demostrada por la activa participación de asociaciones de productores en discusiones de leyes como la LOCTI, y por la vinculación del sector científico con el agrícola. Un obstáculo es la escasa triangulación entre los sectores público, privado y ciencia y tecnología. El sector público no prioriza esta triangulación, impone barreras legales como la Ley de Semillas que penaliza el uso de biotecnología moderna, y estimula sistemas de producción de cuestionable productividad y viabilidad a gran escala. La LOCTI se ha convertido en un instrumento recaudador para distribuir, administrar, controlar y asignar a discreción el aporte del sector privado a la actividad científica.

V. Incremento de la eficiencia de los Sistemas de Producción de Alimentos

a. Posibilidades para incrementos en la producción agrícola basados en tecnología

Venezuela enfrenta serios retos en la producción de alimentos. El rendimiento de los principales cereales en los últimos 15-20 años no ha variado de manera sustancial. El rendimiento del maíz no ha sobrepasado los 4,000 KgHa-1, el del arroz pa-

ddy está en aproximadamente 5,000 KgHa-1 y el del sorgo en alrededor de 2,000 KgHa-1 (FAOSTAT, 2017). La situación compromete el logro de la seguridad alimentaria, ya que estimaciones indican que la población incrementará en más de 10MM en los próximos 35 años. A pesar de la situación económica y política, el productor agrícola está dispuesto al empleo de nuevas tecnologías (y biotecnologías *lato sensu*) que puedan aumentar la producción y su rentabilidad; tecnologías como utilización de drones para monitoreo de cultivos y levantamiento de tierras, uso de sistemas de información geográfica para diagnóstico de anomalías en los cultivos y predecir rendimientos (Pereira, 2016), son algunas de ellas. La agricultura de precisión gana adeptos y la utilización de bioinsumos como alternativa sustentable al uso de fertilizantes y pesticidas puede ampliarse para aumentar la producción en un contexto más amigable con el ambiente. Algunos ejemplos de esto son: las micorrizas arbusculares, de las que se ha lanzado al mercado, a pequeña escala, el producto MicoVen, basado en inóculos autóctonos micorrízicos comercializado a pequeños productores de hortalizas, y la investigación en nemátodos entomopatógenos aplicables a cultivos de interés que comienza a dar resultados contundentes. Las bacterias fijadoras de nitrógeno existen como producto patentado desde hace más de 30 años. Todo esto podría contribuir a reducir las 200 mil a 300 mil t de fertilizante nitrogenado usadas anualmente (FAOSTAT, 2017).

b. Necesidades de infraestructura (por ejemplo, sistemas de transporte)

Una de las principales necesidades de infraestructura que requiere el país son los bancos de germoplasma. En la actualidad, la capacidad de almacenamiento de propágulos es escasa, más aún, si se pretende incluir nuevos cultivos o incorporar los existentes a un sistema formal de clasificación de semillas. Mejorar la dotación y capacitación en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para agricultura de precisión es necesidad urgente para que los interesados tengan acceso a información relevante en tiempo real. Es preciso mejorar las redes para medición de clima, suelo, hidrología y calidad de agua e integrar esto datos en sistemas de apoyo a la toma de decisiones, mantener la vialidad agrícola, presas, canales de riego y drenaje, así como invertir en nuevos desarrollos.

c. Puntos para la utilización de alimentos y minimización de desperdicios

En América Latina las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) alcanzan 1,300 MM de toneladas de alimentos/año. Más de 85% ocurre desde el campo hasta al consumidor. En Venezuela, una de las claves para disminuir las pérdidas post-cosecha es la vialidad que se ha "estancado" desde 1994 en 10.5 vías por cada 100 km². Se requiere asistencia técnica y educación para reducir pérdidas post-cosecha y en todos los puntos de la cadena. El transporte de frutas y hortalizas no se ajusta a las normas internacionales, hay elevada putrefacción, no se emplea etilenación en cítricos y la relación tecnológica entre supermercados y productores es pobre. Las pérdidas a nivel de detal son elevadas. En Venezuela no se han estimado las PDA como en Colombia, México y Argentina. Diversas acciones en la región avanzan hacia la reducción de PDA como la Estrategia Regional de Reducción de PDA en América Latina y el Caribe que tiene Comités Nacionales integrados por actores públicos, privados y de la sociedad civil. La Estrategia se alinea con el Plan de Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre de CELAC 2025 y los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible (FAO, 2017). Venezuela no participa activamente. En 2010, un escándalo sacudió a la opinión pública: más de 130 millones de kilos de alimentos importados vía uso irregular de divisas y sobrefacturación se perdieron por graves fallas en la conservación, refrigeración, almacenamiento y transporte. Estas importaciones habían empezado en 2008. El daño ético y patrimonial a la Nación fue enorme, investigado por la propia Contraloría General de la República (Transparencia Venezuela, s/f).

VI. Consideraciones de salud

a. Enfermedades de origen alimentario

Los boletines epidemiológicos semanales que debe publicar el Ministerio del Poder Popular para la Salud dejaron de publicarse por más de un año: de octubre de 2014 a febrero de 2016. Un comu-

nicado de la Sociedad Venezolana de Salud Pública (SVSP) y la Red Defendamos la Epidemiología Nacional (Oletta-López *et al*., 2016), con cálculos propios de cifras oficiales de los Boletines Epidemiológicos Semanales de 2014 y 2015 no divulgados, informó que aumentaron los brotes y casos asociados con enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Estos datos se refieren a morbilidad en 2013 obtenida del Anuario de morbilidad de ese año (MPPS, 2013), que posteriormente se actualizó al 19 de noviembre de 2016. Los datos de mortalidad no están disponibles para los últimos 4 años. La **Tabla 10** presenta los casos de diarreas, amibiasis, fiebre tifoidea aguda, brotes y casos asociados a ETA, con cifras actualizadas hasta la semana epidemiológica No. 46 de 2016. La SVSP acometió la laboriosa reconstrucción de datos restringidos, pudiendo calcular también las tasas nacionales de morbilidad x 100.000 h. para diarrea aguda y para amibiasis, entre 2013 y 2016, así como la serie histórica de diarrea aguda y brotes y casos de ETA entre 2006 y 2016 (datos no mostrados) que permite conocer la tendencia en aumento de la incidencia de casos de diarrea y la de ETA en los últimos 11 años. El silencio sobre la información epidemiológica no contribuye a la vigilancia, ni al control, ni resuelve las amenazas de enfermedades infecciosas, sino que debilita la capacidad de respuesta institucional y de la población para identificar y combatir los factores de riesgo exacerbados por precarias condiciones de los servicios públicos y condiciones ambientales. Entre los principales problemas se destacan: escasez de agua potable, recolección de desechos sólidos, tratamiento de aguas residuales, proliferación de vectores, contaminación de embalses y fuentes de agua, proliferación de ventas informales de alimentos y bebidas, desabastecimiento de alimentos básicos, y empobrecimiento de la población que ha provocado el consumo de alimentos desechados. El incumplimiento e ignorancia de las normas para el expendio, preparación, manipulación, transporte y conservación de los alimentos, multiplica la posibilidad de enfermedades infecciosas de transmisión oral-fecal, y se agrava con la escasa disponibilidad de equipos e insumos para diagnóstico y tratamiento de enfermedades entéricas. El Estado debe revisar las normativas sanitarias vigentes para facilitar la cría de aves y porcinos en ambientes urbanos (práctica que no forma parte de la cultura urbana nacional), como parte de la política anunciada para desarrollar la microeconomía urbana en barrios, creando gallineros verticales y cochineras (Oletta-López *et al*., 2016).

Tabla 10. Casos en Venezuela de diarreas, amibiasis, fiebre tifoidea aguda, brotes y casos asociados a Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), con cifras actualizadas hasta la semana epidemiológica N· 46 de 2016.

Evento	2013	2014	2015	2016
Diarreas (A08-A09)	1,740,747	1,702,489	1,819,098	1,917,576
Amibiasis (A06)	96,285	86,043	88,205	88,894
Fiebre Tifoidea (A01.0)	3	0	4	5
ETA número de brotes	34	31	30	64
Casos asociados a brotes de ETA	805	473	614	908
Hepatitis Aguda Tipo A (B15)	2,795	2,883	5,840	3,883
Diarrea Aguda < 1 año	200,395	181,438		234,486
Diarreas de 1-4 años	455,152	448,828		507,355
Diarreas mayores de 5 años	1,085,200	1,072,223		1,175,735

Fuente: Formularios SIS. EPI-12, del MPPS, 2016 y Boletines Epidemiológicos Semanales, MPPS de 2015 y 2016 (hasta la semana epidemiológica N· 46, 19 de noviembre) no divulgados. Cifras de diarrea, discriminadas por grupos de edad en 2015, no disponibles. Fuente: Oletta-López *et al*., 2016.

Tabla 11. Sobrepeso, obesidad y déficit en Venezuela en muestras nacionales y comunitarias

Muestra y entorno (Nacional o comunidad)	Desnutridos	Exceso
Estudio nacional. Escolares de 7 a 12 años (n= 5,572) Jóvenes de 13 a 17 años (n=6717)* (INN, 2012).	15% de déficit 17% de déficit	28% de exceso: 18% de sobrepeso, 10% de obesidad. 21% de exceso: 12% de sobrepeso, 9% de obesidad)
Estudio nacional: Individuos de 15 a 40 años. (n=10,151). (INN 2012).	3.51% (delgadez: peso para la talla baja) *	55% de exceso (29.5% sobrepeso) (25.43% obesidad)
Consulta externa Centro de Atención Nutricional Infantil Antímano. CANIA. (n =72,158 pacientes pediátricos) (Cania, 2016)	>50 % de 1995 a 2015	5.10 en 1995 a 22.8 en 2013. 21.9 en 2014 a 19.4 en 2015
Estado nutricional nacional de niños y niñas <15 años (n: 371,318) según indicador peso – talla (SISVAN 2007)	13.12 %	12.48 %
Comunidades escolares en 4 estados de Venezuela. 2008-2012 (n>de 6000 niños). Fundación Bengoa (2012)	15-20%	16 - 20%
Comunidades escolares en 4 estados de Venezuela. 2015 (n: 1,269 niños). Fundación Bengoa (2016)	22.5%	10.4%
IV Encuesta Nacional de Presupuesto Familiar 2008-2009. 12-80 años. 37,529 hogares 172,158 personas (BCV, 2009).	18.3%	Sobrepeso de 24.8% Obesidad de 12.8%
Estudio ESCEL. Estado Lara, Venezuela 1987: 5,272 personas>15 años 1997: 3,707personas> 15 años 2008: 1,264 personas> 15 años (Infante *et al*., 2010)		Año 1997. Hombres: 7.6% Mujeres: 12% Año 1987 Hombres: 10 % Mujeres: 13% Año 2008 Hombres: 22.2 % Mujeres: 21.4
Estudio CARMELA (2008). Ciudad de Barquisimeto. Edo. Lara 1,848 personas de mediana edad (Infante *et al*., 2008). (45.1±11.3) (Schargrodsky *et al*., 2008)		23.5% en hombres 26.1% en mujeres
Caritas de Venezuela en parroquias, "sitios centinela", de 4 estados. Niños <5 años. n: 839 (Caritas, 2017).	11%	Sobrepeso y obesidad 15.8%

* Valor límite de IMC de 17 kg/m² (Frisancho,1993) en vez de 18.5 kg/m²

b. Consumo excesivo: la doble carga nutricional en Venezuela

El Perfil Alimentario y Nutricional 2013-2014 (MINPPAL-INN, 2014) registra los avances y retos de la República Bolivariana de Venezuela para garantizar la Seguridad y Soberanía Alimentaria "procurando la plena satisfacción de este derecho fundamental como parte del Programa de la Patria para la Gestión Bolivariana Socialista 2013-2019, para alcanzar la suprema felicidad social del pueblo". La malnutrición por exceso, identificada como producto del capitalismo, la ubica para 2013 en 4.0% en menores de 5 años. "Esta cifra está muy por debajo del punto de corte de referencia de la OMS (10%) por lo que no se considera problema de salud pública, pero la vigilancia y prevención de la obesidad infantil para evitar enfermedades crónicas en edad adulta es gran prioridad para el Estado venezolano" (MINPPAL-INN, 2014). No obstante, el último reporte del SISVAN con cifras de 2007 señala que la desnutrición crónica, con retardo de crecimiento en menores de 15 años, era

la forma más frecuente de desnutrición, que el déficit había disminuido y que el sobrepeso emergía como un problema de salud (INN -SISVAN, 2008). El INN en un estudio nacional (INN, 2012) encontró en niños de 7 a 12 años, y de 13 a 17 años, déficit (15 a 17%) y exceso (20 a 21%). La **Tabla 11** presenta estos y otros datos de varias fuentes.

c. Cambios esperados en patrones de consumo (consecuencias para la importación)

A inicios de 2017 solo se cuenta con la Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos (consumo real) (ENCA) con información hasta el último trimestre de 2015, publicada en junio de 2016 (INE, 2016). La **Tabla 12** compara la frecuencia de consumo de 11 grupos de alimentos en dos períodos (2013 y 2015). Es notable el descenso en el consumo de frutas: de 17.7% en 2013 a 0.5% en 2015, y bebidas no alcohólicas de 22.8% a 16.8%.

ENCOVI (Landaeta de Jiménez *et al.*, 2017) presentó la distribución de los 10 principales alimentos adquiridos con mayor frecuencia en los hogares por nivel socioeconómico entre 2014 y 2016. Los cereales (harina de maíz, arroz, pan y pasta), grasas y azúcares representaron más de 45.5% en 2014. En 2015, la compra semanal de alimentos se concentró en cereales y, con las grasas, representaron 38% de la compra. La proteína animal y/o vegetal bajó por el excesivo incremento de precios. La leche tuvo baja intención de compra en estratos bajos y altos, y queso y huevos no estaban entre los 10 primeros. Las frutas y hortalizas, factores de prevención de enfermedades crónicas, no estuvieron disponibles para la mayoría. Los alimentos más cercanos a la población eran los calóricamente más densos (harinas, cereales, grasas y azúcares). En 2016 se evidencia un cambio brusco en el patrón de compra del venezolano: los cuatro primeros productos comprados en todos los niveles socioeconómicos fueron: harina de maíz, harina de trigo, arroz y hortalizas. Las hortalizas y tubérculos desplazaron a las carnes y pollo. La **Figura 12** presenta las variaciones en los patrones de compra 2014-2016 según ENCOVI.

Otra característica de la compra de alimentos en el país es que la mayoría adquiere los productos subsidiados en la red pública, con serios problemas de disponibilidad y distribución. Los consumidores deben permanecer muchas horas en largas filas (Landaeta-Jiménez y col., 2015, 2016). Igualmente ocurre con los alimentos regulados que se distribuyen en la red privada. La situación ha empeorado de 2014 a 2016. El Estado ha implementado un sistema de racionamiento basado en la adjudicación de un día de compra dependiendo del último número del documento de identidad. En abril de 2016 creó los Comités Locales de Abastecimiento y Producción (CLAP), para la distribución casa por casa de productos regulados de primera necesidad (harina pre-cocida de maíz, arroz, aceite, azúcar, leche en polvo, etcétera) entregados a través de Consejos Comunales, MPPAL y otras organizaciones controladas por el Gobierno. En octubre de 2016 se obligó a las empresas a vender al Gobierno hasta 50% de la producción para los CLAP, afectando la distribución de estos productos a la gran mayoría de la población que queda excluida del sistema.

En cuanto a la ingesta en macro y micronutrientes, según la ENCA (encuesta oficial), en 2015, en referencia al consumo promedio de energía, el porcentaje de adecuación fue de 94% cercano al rango inferior recomendado (90-110%), las mujeres cubriendo mejor sus necesidades nutricionales. Esta adecuación del consumo promedio de

Tabla 12. Consumo real de alimentos en Venezuela (%)

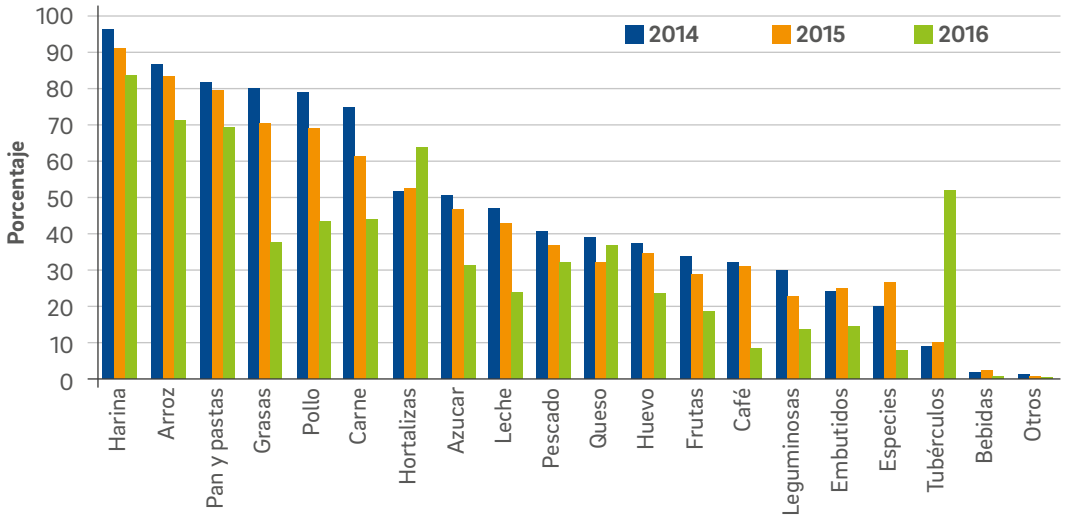
Alimentos más consumidos (%)	ENCA 2013	ENCA 2015
Cereales	28.8	29.4
Aceites/grasas visibles	2.6	3.2
Carnes y pescados	10.2	21.5
Bebidas no alcohólicas	22.8	16.8
Lácteos y huevos	9.3	9.3
Leguminosas	2.4	5.7
Hortalizas	4.2	5.2
Otros alimentos	4.2	4.8
Tubérculos y plátanos	5.8	3.6
Frutas	17.7	0.5
Alcohol	0.09	0.013

Fuente: Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos. ENCA (INE, 2013, 2015)

energía alimentaria bajó con respecto a la ENCA 2013, cuando fue de 99.7% (INN, 2016). Respecto a la ingesta proteica, ambos sexos estuvieron dentro de las recomendaciones nacionales. Los requerimientos de hierro por sexo, edad, estrato social y ubicación geográfica se cubren con más de 200% de suficiencia, atribuido al alto consumo de cereales enriquecidos, particularmente harina de maíz pre-cocida. Hay un gran déficit en los requerimientos de calcio, 40 y 50%, por debajo de la recomendación, con excepción de los preescolares, que según ENCA, cubren 100% del requerimiento por consumo de lácteos. La ENCA utiliza los Valores de Referencia de Energía y Nutrientes del INN (2001). El Comité de expertos FAO/OMS/UNU (2004) recomendó una nueva metodología para cálculo del gasto energético e ingesta mínima de calorías per cápita para un adecuado estado de salud físico y mental; por ello, la Fundación Bengoa, ILSI Norandino y universidades y expertos nacionales actualizaron los requerimientos de 2000, tomando en cuenta cambios poblacionales y ajustando los valores, considerando que aproximadamente 1/3 de la población hace actividad física ligera (Fundación Bengoa/ILSI Norandino, 2012). Oficialmente continúan usándose los valores del INN (2001), aunque los Valores de Referencia de Energía y Nutrientes para la población venezolana 2015-2016 están en discusión. Según MPPAL-INN (2014), de 1998 a 2013 aumentó la disponibilidad de proteínas de alto valor biológico aportadas por alimentos de origen animal (pollo, carne de res, huevos, productos lácteos), registrándose un incremento en 78% (57 g/persona/día).

El Estado asegura igualmente, haber garantizado la disponibilidad de rubros "soberanos" como cereales, leche y productos derivados, hortalizas, raíces y tubérculos, leguminosas, frutas, carnes y productos cárnicos, pero los gremios advierten que el consumo de cárnicos ha disminuido; por ejemplo, el consumo per cápita de carne bovina estuvo alrededor de 7 kg en 2016, y lo mismo sucedió con pollo, carne de cerdo y leche (Gutiérrez, 2017). Rubros estratégicos que según el Estado superaron 100% de disponibilidad fueron: leche en polvo completa 101%, carne de porcino 108%, arroz pulido 120%, maíz grano neto 130%, carne de ovino 148%, arvejas 181%, otros granos 213%, carne de pollo 222%, atún en conserva 265%, queso de finca 382%, diversas hortalizas, raíces, con disponibilidades superiores a 100%. Esto no se corresponde con las propias estadísticas del MPPAT

Figura 12. Variaciones resultados Encuesta Calidad de Vida (ENCOVI) Venezuela. Alimentación. Porcentaje de familias que compran el producto 2014-2016



Fuente: Landaeta-Jiménez, *et al.*, 2017.

y del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), que reflejan una caída del valor bruto de la producción agrícola/habitante (VBPAPC) entre 1998-2014, a precios constantes de 1997 (**Figura 1**). Entre 2008 y 2015 se acentuó la reducción de la producción de principales rubros agrícolas.

El patrón de alimentación se ha visto muy afectado. El **Cuadro 3** resume resultados de investigaciones recientes que revelan importantes cambios detectados en este patrón, y denotan la falta de disponibilidad y que los problemas de acceso a los alimentos están afectando negati-

Cuadro 3. Patrón de alimentación del venezolano de acuerdo con varios estudios

1. En 1,099 hogares del Área Metropolitana de Caracas (Cecodap-Cisor, 2016):

- 98.2% declaró haber desmejorado su alimentación por escasez, altos precios y disminución del valor de los ingresos
- 61.3% declaró alimentación deficiente o sin satisfacer el apetito
- Se evidenció disminución de leguminosas y de alimentos que aportan vitaminas y minerales (brócoli, coliflor, repollo), además de frutas, leche, yogurt o similares
- En 389 hogares todos sus integrantes redujeron las cantidades de alimentos ingeridos

2. Según evaluación cualitativa del patrón alimentario familiar, en cuatro estados (Caritas de Venezuela, 2017):

- 42% de la población registró diversidad de dieta pobre (alimentación con base en 6 a 9 grupos de alimentos)
- 52% mostró diversidad de dieta inadecuada.
- 94% de las familias basa su alimentación en menos de 5 grupos de alimentos (de los 9-12 ideales), de los cuales 2 son azúcares y grasas.
- Las carnes, pescados, huevos, granos, vegetales y frutas son consumidos por menos de 50% de los hogares.
- En la mayoría de hogares, la dieta se basa solo en 3 grupos de alimentos básicos: tubérculos, cereales (maíz o pan) y queso, además de azúcar y grasas

3. Según Encovi (*) 2014 y 2015, el patrón de compra se aproxima a una dieta de sobrevivencia (Landaeta de Jiménez *et al.*, 2015, 2016):

- Poca variedad de carbohidratos y grasas: monótona, con pocos alimentos, preponderancia de fuentes de calorías más económicas (cereales y grasas), en detrimento de la calidad (proteína animal, vegetales y frutas).
- La estructura de la compra, representada por 4 alimentos –harina de maíz, arroz, pan, pastas (o grasas o una proteína)–, es un signo de alarma nutricional, un riesgo elevado de enfermedades crónicas asociadas a la nutrición y hambre oculta por deficiencia de micronutrientes y desnutrición
  (*) Encuesta Condiciones de Vida (Encovi)

4. Según Encovi 2016 (Landaeta de Jiménez *et al.*, 2017):

- Hay un cambio brusco en el patrón de alimentación, según la compra de productos.
- Los 5 primeros: harina de maíz, arroz, pan, harina de trigo, y hortalizas y tubérculos (H&T)
- H&T desplazan a las proteínas de alto valor biológico.
- Las frutas solo aparecen en las compras de los no pobres.
- Se desploma la compra de alimentos.
- Se acentúa la desigualdad en la calidad y cantidad de la alimentación.
- Aproximadamente 9.6 millones de venezolanos ingieren dos o menos comidas al día.
- En 93.3% de los hogares el ingreso no alcanza. 74.3% de los entrevistados refieren pérdida de peso no controlada (8.7 kg) en el último año y, los más pobres, 9 kg.

5. Según el Estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud (ELANS 2015), Capítulo de Venezuela (Ramírez, *et al.*, 2017):

- 93.9% de los venezolanos no cubre las recomendaciones de requerimientos calóricos: la ingesta calórica de las mujeres es de 1749.1 Kcal/día y, de los hombres, de 2059 Kcal/día.
- La ingesta calórica disminuye significativamente con el aumento de la edad en las mujeres.
- Hay una menor ingesta de grasa con el aumento de la edad.
- Se identificaron 5 patrones de consumo según estratificación social: el "más rico", mantenido por 6.1% de la población, seguidos por otros mantenidos por 17.3%, 22.0%, 19.2% y el "más pobre" por 35.4% de la población. Solamente el "más rico" cubrió las recomendaciones calóricas para la población venezolana.

vamente la alimentación de la población, lo cual tendrá efectos severos en la nutrición y salud del venezolano.

Importaciones. Consecuencias. Como se dijo, las importaciones aumentaron durante la bonanza petrolera, disminuyeron en 2009 y 2010 y con el nuevo aumento del precio del petróleo se recuperaron hasta 2013. Se infiere que la disponibilidad de alimentos/habitante ha disminuido por la merma de la producción nacional (tanto agrícola como de la industria de alimentos), y también de las importaciones. Aumentaron también las exportaciones ilegales (Gutiérrez, 2017). No se espera que esta situación mejore en los años venideros en un contexto de repetición de las políticas económicas y bajos ingresos petroleros. Para mejorar la oferta, el Gobierno creó en 2016 la Gran Misión Abastecimiento Soberano a cargo de la Fuerza Armada nacional para inspeccionar el cumplimiento del control de precios y ejercer más control sobre la producción, distribución e importación de alimentos. Se instauró el Programa de Abastecimiento complementario, con el que el Gobierno, en alianza con empresarios, importa alimentos a tasa de cambio de mercado paralelo, vendidos a precios por encima de los controlados con la venia de los entes reguladores. Un aumento sistemático de la escasez de alimentos se experimentó desde 2012, con una tasa cercana a 58% en 2014. El acceso mejoró levemente en diciembre de 2016 por la flexibilización de la importación por particulares y la fijación de precio a tasa de dólar no preferencial, pero empeoró en el acceso económico (Gutiérrez, 2017). El control de precios, la caída en los inventarios, los obstáculos para la distribución, agravan el desabastecimiento.

VII. Consideraciones en cuanto a políticas

a. Distorsiones creadas por subsidios y otras políticas

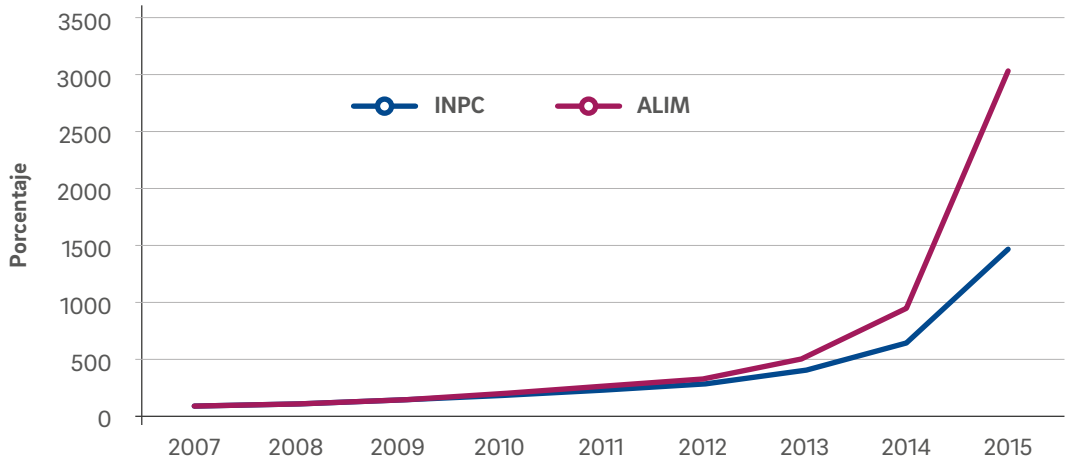
En 2003 se creó la Misión Mercal, el programa más importante del Gobierno para distribución de alimentos, al mayor y al detal, que dotó y construyó centros de venta fijos (almacenes, pequeños abastos y supermercados) y móviles, con alimentos y otros productos básicos, subvencionados sin intermediarios, y con grandes descuentos. En 2004 se creó el Ministerio del Poder Popular para la alimentación (MPPAL), con competencia en materia de seguridad alimentaria y un entramado administrativo de órganos y entes adscritos para cumplir sus amplísimas funciones. En 2008 se promulgó el Decreto-Ley de Seguridad y Soberanía Agroalimentaria, que sustentó las expropiaciones y a la par de declarar de "utilidad pública" toda la cadena productiva en cualquiera de sus eslabones, permite la ocupación de fincas, empresas, haciendas y cualquier unidad productiva sin debido proceso ni notificación previa. En 2011 se promulgó el Decreto –con rango, valor y fuerza de Ley– de Costos y Precios Justos. Desde entonces, los controles de precios mediante modificaciones en el marco legal (decretos, Ley de Costos y Precios Justos con sus reformas) se han intensificado, ampliado en cuanto a alimentos incluidos, aplicándose a diferentes eslabones de la cadena agro-productiva (productor, mayoristas, fábrica, detal-consumidor), dificultando que los mercados funcionen adecuadamente. La Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos (CAVIDEA) ha identificado más de 200 leyes, decretos o resoluciones que afectan e inciden sobre los precios finales. Tampoco funcionaron los marcos legales de estos controles, ni las organizaciones que regulan su aplicación. A inicios de 2017, el país presenta altos niveles de escasez de productos básicos, desabastecimiento y caída de la producción agrícola que promedia 27% entre 1999-2014, cifras oficiales (otras cifras registran 50%). La escasez de productos de alimentación básica ronda entre 60-80% (Gutiérrez, 2016; PROVEA, 2016; PROVEA, 2014). En enero de 2016 se cambió el nombre al índice de escasez (que mide desabastecimiento de productos) por el de "apreciación de existencia de acaparamiento" (87%), que habla de un desabastecimiento real cercano a 90% y que no se publicaba desde 2014 (24%). Para 1998-2013, los precios reales agrícolas tuvieron una tasa media de crecimiento anual positiva de 2.6%; para el subsector agrícola vegetal de 1.6% y para los subsectores agrícolas animal y pesquero de 4.6 y 3.5%, respectivamente, con la inflación aumentando los costos de producción en 40 y 50% (Gutiérrez, 2015). Recientemente, la Superintendencia Nacional para la Defensa de los Derechos Socioeconómicos (SUN-

DDE) trató de sincerar la situación ajustando el precio de la harina pre-cocida de maíz (900%), el pollo (1000%), la leche pasteurizada (1,973%). El aumento rezagado a estos niveles evidencia la ineficiencia de la política de control de precios. Venezuela, además, tiene la mayor tasa de inflación general y alimentaria del mundo (**Figura 13**). Se estima una inflación alimentaria de 315% en 2016 y de más de 700% para 2017.

b. Promoción de agricultura nutricionalmente sensible para dietas saludables y sostenibles

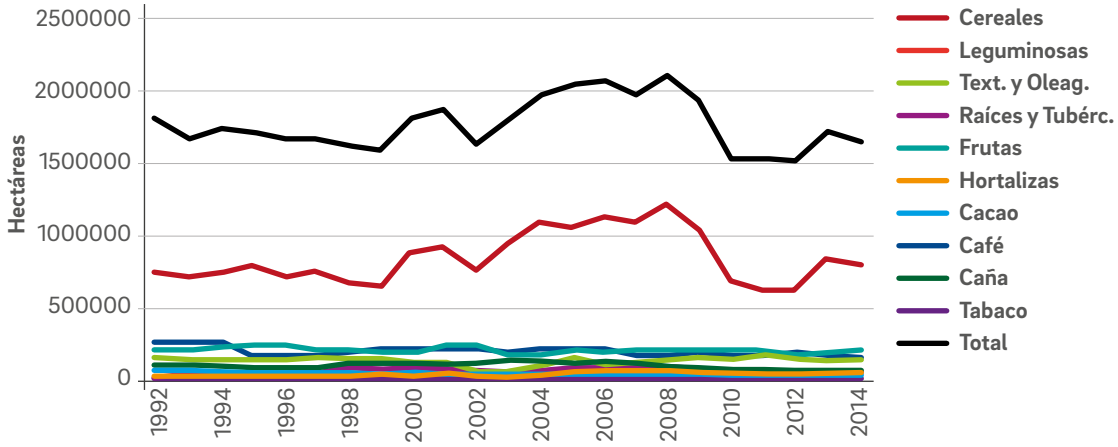
Los precios agrícolas fijados con retardo, combinados con los crecientes costos de producción, la inflación y escasez de insumos, no garantizan una rentabilidad que estimule la producción agrícola (Gutiérrez, 2015). La confiscación de tierras, la expropiación de fincas, haciendas y granjas ha afectado la capacidad productiva. El Decreto con

Figura 13. Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) y Alimentario (ALIM) Venezuela. 2007-2015



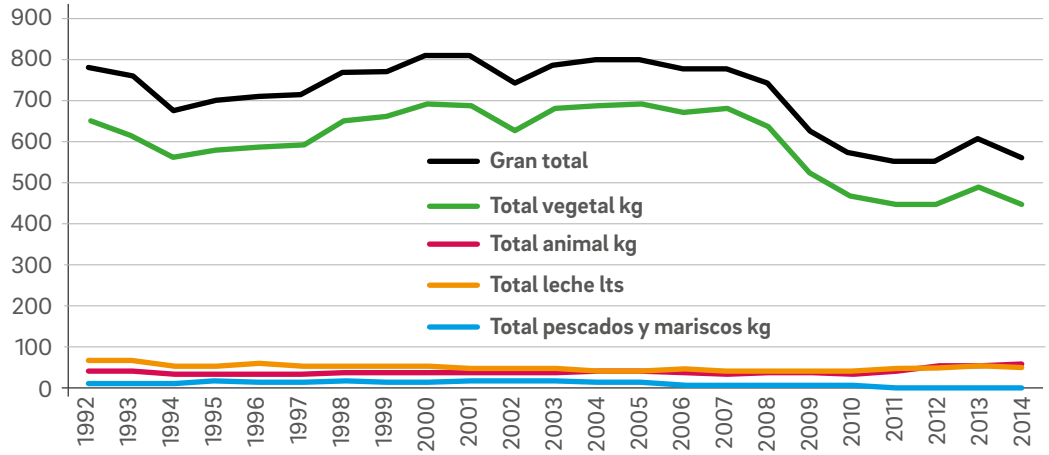
Fuente: BCV. Banco Central de Venezuela.

Figura 14. Superficie cosechada en Venezuela por familia de rubros agrícolas (1992-2014)



Nota: Las mayores superficies cosechadas corresponden al lapso 2006/2007. La superficie cosechada en 1992 fue de aproximadamente 1.8 millones de hectáreas y la población entre ese año con respecto a la actualidad ha aumentado en más de 33% (10.000.000 de personas, INE, 2016). Fuentes: 1992-2006 MAC (Ministerio de Agricultura y Cría), MPPAT (Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras 2007-2014. Estimados propios (Machado Allison, 2016).

Figura 15. Producción primaria por habitante 1992-2014



Fuente: Estimados basados (1992-2007) en los Anales Estadísticos Agropecuarios oficiales; 2008-2014, estimados propios a través de diversas fuentes no oficiales (Machado-Allison, 2016).

rango, valor y fuerza de Ley de Tierras y Desarrollo Agrario (LTDA) de 2001, con reformas en 2005 y 2010, da marco a esta afectación de la producción, apoyada por la "Ley Orgánica de Seguridad y Soberanía Agroalimentaria" de 2008. Desde 2004 aumentaron las invasiones, expropiaciones, recuperaciones e intervenciones de tierras, sin compensación ni indemnizaciones justas; se creó un clima de incertidumbre para los productores, agravado por la deficiente productividad de las unidades estatizadas y el fracaso de las células de organización social del nuevo modelo de producción (fundos zamoranos, empresas de producción socialista) (Gutiérrez, 2015; Obuchi *et al.*, 2011). Con esta política, el Estado se convirtió en el único proveedor de algunos alimentos básicos como el café y nacionalizó la mayor parte de la distribución de insumos y semillas, otorgadas previo registro y permisos por organizaciones políticamente afines al Gobierno. El MPPAT declaraba haber "rescatado" en 2010, más de 3.67 millones de hectáreas, suficiente superficie para abastecer tres veces las necesidades de cereales del país, pero ello no se ha traducido en un incremento de la producción agrícola, ni se puede asociar los efectos de la Ley de Tierras con saltos espectaculares de la superficie incorporada a la producción. La superficie cosechada del período 2004-2013 promedió por año (según estadísticas oficiales) el número de hectáreas cosechadas a 2013, que es inferior al valor máximo de las últimas tres décadas, sin haberse aplicado una política de tierras tan radical (Gutiérrez, 2015). La **Figura 14** presenta la superficie cosechada en Venezuela por familia de rubros agrícolas (1992-2014). Las mayores superficies cosechadas corresponden al lapso 2006/2007. Es importante señalar que en 2014 la superficie total cosechada fue menor que en 1992, mientras que la población se incrementó en mas del 33%. La **Figura 15** presenta la producción primaria por habitante 1992-2014. La producción agrícola bruta per cápita (animal, vegetal y pesquera) se ha reducido de 823 kg/hab/año en 1992 a 595 kg en el año 2014. Esta situación empeoró en 2015 y 2016. Los mayores impactos sobre el volumen de la producción se encuentran en caña de azúcar con una merma cercana a los 4 millones de toneladas, reducción importante del rebaño bovino y de la producción de café, arroz, maíz y papa, estancamiento en la producción de frutas, hortalizas, raíces y tubérculos (Machado-Allison, 2016).

c. Políticas que desarrollan recursos humanos (por ejemplo, educación, género, equidad)

Las políticas oficiales han tendido a desestimular la innovación tecnológica y la formación/mantenimiento de recursos humanos. Los montos de las becas de posgrado son insuficientes, con deser-

ción o no aplicación para las plazas. Cifras oficiales del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación indican que el porcentaje de investigadores acreditados en el PEII que se dedican a investigación agrícola ha descendido de 23% en 2012 a 11% en 2015, perdiéndose 520 investigadores agrícolas en cuatro años. De acuerdo con el PEII, en 2015, 61% de los acreditados eran mujeres y el número de proyectos bajó de 286 en 2014 a solo 62 en 2015. El financiamiento para investigación agrícola se ha otorgado descoordinadamente a través de programas como el Plan Zamora del Ministerio de Agricultura y Tierras con participación de los ministerios de Ciencia y Tecnología y de Educación Universitaria, sin convocatorias públicas abiertas.

d. Políticas que promueven el consumo de alimentos saludables

El rol de la agricultura y los sistemas agroalimentarios en la nutrición y creación de oferta de alimentos saludables y dietas adecuadas, ha sido señalado por agencias internacionales, gobiernos y academia (FAO, 2017). Las políticas de distribución y comercialización de alimentos del Gobierno no han sido instrumentos para generar hábitos saludables ni representan una oferta equilibrada para alimentación sana. Han sido más un subsidio universal de alimentos, no diseñado con objetivos nutricionales sino para lograr el acceso a los alimentos. Los programas sociales para la atención alimentaria y nutricional son llamados "Misión Alimentación", con una gran red de abastecimiento de alimentos: supermercados Bicentenario, Mercal (Mercado de Alimentos, S.A.), Productora y Distribuidora Venezolana de Alimentos, S.A. (PDVAL), ferias a cielo abierto, bodegas móviles, entre otras iniciativas, que de acuerdo con la FAO (Resende, 2015) sobre información de MINPPAL, llegó a tener 22 mil puntos de abastecimiento a lo largo del territorio nacional, atendiendo a 17,5 millones de personas, una cobertura de 61% de la población venezolana y un subsidio de 78.7% del total del precio del alimento, por lo que Venezuela obtuvo reconocimiento de la FAO. Estas cifras, sin embargo, son más altas que las de la IV Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares del propio BCV. A 2017, la Red Mercal ha disminuido su presencia en mercados locales, pequeños expendios y mercados a cielo abierto. Existe el Programa de Alimentación Escolar (PAE) para atender las escuelas del sistema público de educación básica que dependen de la PDVAL, la red de distribución de alimentos de PDVSA. Se han reportado problemas en todos los estados. En 2014 se creó la Corporación Nacional de Alimentación Escolar para fortalecer el Sistema de Alimentación Escolar (SAE), nuevo nombre del PAE, prometiendo surtirlo con producción local, estrategia incluida en la política pública de producción de alimentos vía la agricultura local, inclusive en espacio urbano, cuyos resultados no se han evaluado. Se han comercializado alimentos preparados a través de establecimientos fijos y móviles (Arepera Venezuela, Red de Panaderías Venezuela, Restaurantes Venezuela Nutritiva). Algunas estrategias del INN en el ambiente educativo, laboral y comunitario (Nutriendo Conciencias) han sido la Escuela Venezolana de Alimentación (paralela a las Escuelas de Nutrición tradicionales) y la Red de Defensores de la Seguridad y Soberanía Alimentaria.

Para combatir el sobrepeso y la obesidad, el INN lleva la campaña "Agarra dato, come sano y actívate" como estrategia de educación alimentaria/nutricional, promoviendo patrones de consumo y estilos de vida saludables. No se ha evaluado su alcance. La última oferta del Estado al año 2017 para corregir los problemas de acceso y consumo de alimentos fue delegada al Ministro de la Defensa, en el operativo llamado "Gran Misión de Abastecimiento Soberano", dentro de un Decreto de Estado de Emergencia y Excepción del Ejecutivo que crea los CLAP para distribuír y asignar bolsas o cajas con productos a precios regulados. Los volúmenes de alimentos que se requieren para los CLAP no se garantizan con la producción nacional por lo que se está recurriendo a importaciones. La meta para 2017 es acceder a seis millones de familias. El **Cuadro 4** presenta algunas observaciones al CLAP.

e. Ventajas comparativas del país en agricultura

Venezuela tiene potencial para desarrollar sistemas productivos tropicales. Posee una superficie de 916,000 km², equivalente a 91.6 millones de hectáreas. Un estudio de Marín (1999), extrapolable al presente, señala para un total de 55 millones de hectáreas analizadas, claro predominio de tierras con aptitud pecuaria y forestal: alrededor de 38 millones de hectáreas y cerca de 7 millones de

Cuadro 4. Algunas observaciones a la distribución de alimentos básicos en Venezuela a través de los Comités Locales de Abastecimiento y Producción (CLAP)

1. El contenido de las bolsas / cajas:
   - No cubre los requerimientos de energía y de nutrientes para las familias.
   - No es diseñado con objetivos nutricionales por lo que no se garantiza su acceso por personas vulnerables a la malnutrición.
   - No es balanceado, ej. ausencia de productos frescos como hortalizas y frutas, ausencias notables en ciertos operativos de productos clave como pollo, aceite, harina de maíz y leche en polvo.
2. No se entregan de acuerdo a cronogramas determinados que permitan planificación por las familias.
3. Los alimentos distribuidos se re-empacan en contenedores y bolsas con logos y mensajes ideologizantes. Cambian elementos visuales tradicionales que han funcionado como marcadores identitarios del venezolano.
4. Se desconocen las condiciones higiénicas del empacado y el cumplimiento con la normativa de ley de agregado de micronutrientes.
5. Dependen de volúmenes de producción que el sistema nacional no puede suplir, recurriendo a importaciones, sin información para el consumidor de su conformidad con normativas sanitarias.
6. Alta posibilidad de hechos de corrupción en importaciones y reventas.
7. Manejo por una organización de base popular politizada que favorece la discriminación en la asignación de los alimentos.
8. Representan una vulneración del principio constitucional de la igualdad de todos los ciudadanos.
9. Excluye a una gran mayoría de la población que queda a merced de la oferta de estos alimentos a precios supravalorados (mercado negro de los mismos productos de CLAP) o a precios por encima de los controlados importados legalmente a tasa de cambio de mercado paralelo.
10. Afecta la red nacional de distribución pues son sacados de la misma para su centralización en manos del Gobierno.
11. Ausencia de acompañamiento en educación nutricional.
12. Ausencia de seguimiento y evaluación rigurosa del programa y sus consecuencias en la alimentación y nutrición del venezolano.

Adaptado de la solicitud de audiencia a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, Organización de Estados Americanos, Washington por ONG venezolanas. Enero 2017.

hectáreas agrícolas. También señala 36 millones de hectáreas, casi 80% de este total, con potencial pecuario (27 millones de hectáreas). Las tierras para la agricultura vegetal apenas rondan 7 millones de hectáreas, para las que son variadas las posibilidades de la agricultura. El sistema agrícola de mayor importancia relativa es el de cultivos anuales mecanizados, con ventajas para arroz, ajonjolí, algodón y girasol. La dotación agroclimática ofrece ventajas para plantaciones de piso alto como café, rubros tropicales como cacao, caña de azúcar, palma africana, coco, merey, frutales (piña, mango, lechosa, melón, patilla, parchita, naranja, mandarina, cambur, plátano, aguacate, etcétera), raíces y tubérculos (yuca, papa, ocumo, ñame, mapuey, batata), cultivos hortícolas como tomate, cebolla, repollo, lechuga, ajo, brócoli, berenjena, y leguminosas como caraota y frijol. De las tierras con aptitud pecuaria, 28 millones de hectáreas, el mayor potencial productivo, es para sistemas extensivos (10 millones de hectáreas) y semi-intensivos (6.5 millones de hectáreas) de carne, cría, levante y eventualmente ceba. Apenas 5% del total de la disponibilidad de tierras (1 millón de hectáreas) tiene aptitud para la ganadería intensiva, principalmente ceba y leche.

f. Materias de comercio internacional

El país es altamente dependiente de importaciones de bienes, especialmente, agroalimentarios. La autonomía alimentaria es limitada y la balanza comercial agroalimentaria es negativa con respecto a los principales socios comerciales. Venezuela es conocida en el ámbito del comercio internacional como exportador de petróleo e importador neto de alimentos, altamente dependiente de su precio internacional. Los precios del petróleo –a inicios de 2017– llevan tres años con una caída consecutiva de 50%: de más de 100 US $/barril en 2012, a cerca de 35 US $/barril promedio en 2016; ello se reflejó de forma inmediata en una importante caída de las reservas internacionales: de 43.127 MM $ en 2008 a 10.977 MM $ estimado al cierre de 2016 (**Tabla 13**), y en la consecuente disminución de las importaciones de bienes no petroleros, de 46,724 MM $ en 2008, a 6,800 MM $ en 2016 (**Figura 16**).

g. Desafíos de mercado

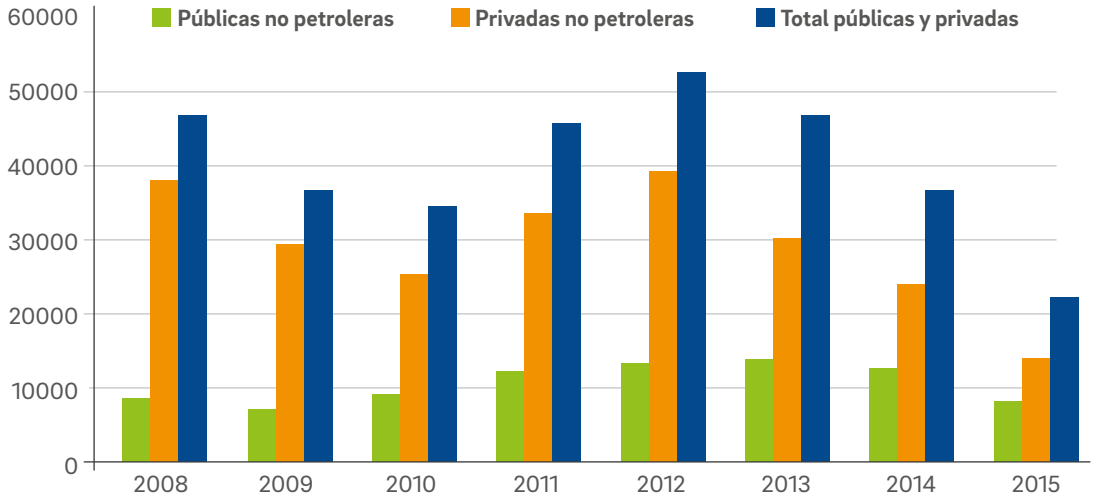
El desafío principal es diversificar la economía pues la exportación del petróleo y la renta que genera ya no produce crecimiento económico y desarrollo sostenible sino crecimiento volátil, muy eventual, vinculado a las fluctuaciones de sus precios. El petróleo ha generado históricamente una renta elevada siendo el problema el empleo de esos recursos y el manejo macroeconómico, pues los gobiernos no han realizado las inversiones para diversificar la economía, ni construido reservas para compensar la oscilación de los precios del hidrocarburo. La tendencia a la apreciación del tipo de cambio real de la renta petrolera abarata las importaciones de bienes agroalimentarios y materias primas agrícolas, y encarece y desestimula la producción nacional y exportaciones no petroleras. Una gestión agroalimentaria que amplíe la oferta de productos con posibilidades de expandirse a mercados internacionales debe sustentarse en políticas macroeconómicas que corrijan la distorsión cambiaria que produce la renta petrolera, con un tipo de cambio real estable que devuelva la competitividad a la producción de bienes transables no petroleros, entre ellos los agroalimentarios. Se deben revisar los precios regulados a lo largo de la cadena (productores a consumidores), garantizar la rentabilidad de la producción, reincorporar el sector privado, contener las expropiaciones de la propiedad privada; flexibilizar el control cambiario y avanzar hacia un sistema de cambio único y flotante, agilizar la entrega de divisas a los importadores de alimentos, insumos, repuestos y maquinaria agrícola; fortalecer los programas alimentarios directos a grupos vulnerables (mujeres embarazadas, lactantes, niños y escolares) (Marrero, 2005; Gutiérrez, 2016).

VIII. Conclusiones

a. Algunos escenarios potenciales para la producción agrícola en los próximos 50 años

En los próximos cincuenta años la población venezolana continuará creciendo a tasas inferiores a las actuales (1.3% promedio anual), con la casi totalidad en áreas urbanas. El gran desafío es aumentar la producción nacional, reducir el déficit de la balanza comercial agrícola y la extrema dependencia de las importaciones, e insertarse en mercados internacionales exportando productos agroalimentarios con ventajas comparativas y competitivas. Se requiere un cambio radical en las políticas económicas generales y agroalimentarias, reducir las importaciones y estimular la exportación de rubros particulares, sin depender de subsidios regresivos que se paguen a costa de la mayoría, dictan-

Figura 16. Disminución de las importaciones de bienes no petroleros. Venezuela, 2008-2015



Fuente: BCV. Banco Central de Venezuela. Importaciones no petroleras 2016: US$ 6.800 millones. Cifra sujeta a revisión.

Tabla 13. Reservas internacionales. Venezuela

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 *
MM US $	43,127	35,830	30,332	29,892	29,890	21,481	22,080	16,370	10,997

Fuente: BCV (http://www.bcv.org.ve/c2/indicadores.asp). 2016*: Cifra sujeta a revisión.

do regulaciones temporales, graduales, selectivas y concertadas. El Estado tiene amplio margen para dictar medidas de todo tipo para lograr niveles estratégicos de autoabastecimiento. Deberá corregir fallas de mercado y garantizar calidad institucional que genere confianza para inversionistas. Estado y mercados deben complementarse y coordinarse para lograr estos cambios y garantizar la seguridad alimentaria de los venezolanos.

b. Acciones altamente prioritarias para alcanzar la sustentabilidad agrícola

La sustentabilidad agrícola requiere tecnologías amigables con el ambiente y la biodiversidad, y un esfuerzo coordinado entre Estado y sector privado para desarrollar programas de investigación, transferencia y progreso tecnológico, así como políticas de precios y subsidios para la producción de rubros agrícolas adaptados a las condiciones agroecológicas. Se requieren cambios institucionales y legales para usar los avances de la biotecnología en reducción de agroquímicos y aumento de rendimientos para un crecimiento agrícola intensivo sin ampliar significativamente la frontera agrícola. La disposición constitucional 305 establece que el Estado promoverá la agricultura sustentable para un desarrollo rural que garantice la SAN. Se deben dictar políticas de manejo racional de recursos naturales en la agricultura, orientándolos a sistemas productivos priorizando rubros con ventajas comparadas, como café y cacao, arroz, la mayoría de los frutales tropicales y la ganadería de carne (la mayoría de las tierras tienen vocación para pastizales). Venezuela debe cerrar su ciclo aún abierto de reforma agraria, mediante un programa de entrega asistida e integral de la propiedad plena de la tierra a los campesinos y demás productores agropecuarios que califiquen, con seguimiento de dichos programas, mediante asistencia técnica y apoyo tecnológico. Deben establecerse políticas macroeconómicas para estabilizar la moneda, evitando la distorsión sobre el consumo y la producción que ocasiona la tentadora tendencia a apreciar el tipo de cambio real. Es prioritario fortalecer el Sistema de Vigilancia Alimentario y Nutricional para Venezuela (SISVAN) y reanudar la publicación regular de datos actualizados sobre el estado nutricional de la población, así como de estadísticas de escasez, producción nacional, inflación y pobreza, la actualización y mantenimiento de las bases de datos de la situación agropecuaria del país, la concertación entre planificadores, sector productivo y sector científico/universitario, y la conciliación de intereses a veces contrapuestos (justificación política) para fundamentar científicamente políticas que mejoren la comprometida seguridad alimentaria nacional.

Actualidad

Ocurrieron dos hechos importantes al final de este capítulo:

- La Red de Información sobre Seguridad Alimentaria (FSIN), que incluye a la FAO y el UNICEF, publicó el Informe sobre la Crisis Alimentaria Mundial 2017: Un estudio sobre la seguridad alimentaria en 48 países, en el que señalaron que la insuficiencia de datos y evidencia no permitió obtener estimaciones confiables para Bolivia, República Dominicana, El Salvador, Eritrea, Kirguistán, Pakistán, Papua Nueva Guinea, Filipinas, República del Congo, Sri Lanka, Timor-Leste, Vanuatu o Venezuela. Respecto a Venezuela, declaró que el deterioro de la situación económica "podría ocasionar una grave escasez de los bienes de consumo", incluyendo alimentos y medicinas, por lo que debe vigilarse.
- En mayo de 2017, el Ministerio del Poder Popular para la Salud publicó los 52 boletines epidemio-

lógicos de 2016 y los 26 boletines faltantes desde julio de 2015: un 30% más de niños murió antes de cumplir un año y un 64% más de mujeres murió durante el embarazo o 42 días después del parto en 2016 que en 2015. Si bien no se han publicado datos sobre malnutrición y mortalidad infantil por desnutrición, se puede inferir que algunas de las muertes de niños menores de un año se deben a la profunda alteración del estado nutricional de las madres y por ende, de los lactantes. El UNICEF reaccionó mostrando una "profunda preocupación" por estas estadísticas, descritas como una "clara evidencia" de la crisis de salud que el país está sufriendo.

Bibliografía

Abarca, O. y Bernabé, M. (2010). Proyección de la demanda de tierras agrícolas en Venezuela, A partir del análisis de las necesidades alimentarias al año 2020. *Agronomía Tropical*. 60(1), 5-22.

Banco Central de Venezuela (BCV). Indicadores. https://goo.gl/au49xj [consultado 27/01/2017]

Cania - Centro de Atención Nutricional Infantil Antímano (2016). Consulta externa. Asistencia de los pacientes pediátricos a CANIA según diagnóstico nutricional. Caracas, Venezuela. Disponible en: www.cania.org.ve/estadisticas/triaje/tablas/Ninos/triaje-ninos-por-diagnostico.pdf

Cáritas de Venezuela (2017). Monitoreo de la Situación Nutricional en Niños Menores de 5 años. VENEZUELA. Distrito Capital, Vargas, Miranda y Zulia. Octubre 2016 - Abril 2017. Mayo, 2017.

CECODAP-CISOR (2016) Efectos de la crisis económica y política en niños, niñas y adolescentes en el Área Metropolitana de Caracas. Disponible en: https://goo.gl/THuWh8

CENDAS - FVM. Centro de Documentación y Análisis Social de la Federación Venezolana de Maestros (2017). https://goo.gl/HvPQze [consultado 25/01/2017]

Comerma J. y R. Paredes (1978). Principales limitaciones y potencial de las tierras en Venezuela. Agronomía Tropical 28(2):71-85.

Datanálisis (2015). Escenarios económicos, políticos y sociales de Datanálisis. Informe para clientes. Caracas, Venezuela.

De Sola, R.R. y Velasco, A. (2007). Babas. En: *Los Recursos zoogenéticos de Venezuela* (E. González-Jiménez y F. Bisbal (Eds.). Caracas, Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. pp. 249-260.

FAO - Food and Agriculture Organization (2017). 2016 América Latina y el Caribe. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional. Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Panamericana de la Salud. Santiago. Disponible en: https://goo.gl/pk2L1u [consultado: 20/01/2017]

FAO/OMS/UNU (2004). Human energy requirements. Technical Paper Series, N1. Rome, 2004.

FAOSTAT (2017). www.fao.org/faostat/en/#home [consultado: 20/01/2017]

FEDEAGRO (2017). http://www.fedeagro.org/produccion/ [consultado: 15/04/2017]

Fermín G., Inglessis V., Garboza C., Range S., Dagert M. y Gonsalves D. (2004) Engineered resistence against papaya ringspot virus in venezuelan transgenic papayas. *Plant Disease*, 88(5): 516-522

Frisancho, R. (1993). Human Adaptation and Accommodation. University of Michigan Press. 532 p.

Fundación Bengoa (2002). Programa Educando en alimentación y nutrición 2007-2012. Informe Técnico. Caracas.

Fundación Bengoa – ILSI Nor-Andino (2012). *Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana*. Revisión 2012. Maritza Landaeta-Jiménez Yaritza Sifontes, Carla Aliaga (editores). Caracas, Venezuela. Disponible en: https://goo.gl/bE4J2H

Fundación Bengoa (2016). Fundación Bengoa informa. *Anales Venezolanos de Nutrición*. 29(1).

González, E. y Matos L. (2012). Manejo de los recursos hídricos en Venezuela. En: *Diagnóstico*

del agua en las Américas. Jiménez C., B. y Galizia T., J. (Eds). México, IANAS-Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. pp. 437-445.

González-Fernández, M.J. (2007a). Recursos de la fauna silvestre de uso tradicional. En: *Los Recursos zoogenéticos de Venezuela* (E. González-Jiménez y F. Bisbal, Eds.). Caracas, Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. pp. 218-235

González-Fernández, M.J. (2007b). Chigüires. En: Los Recursos zoogenéticos de Venezuela (E. González-Jiménez y F. Bisbal, Eds.). Caracas, Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. pp. 236-248.

Gutiérrez S., A. (2015). El Sistema Alimentario Venezolano (SAV): Evolución Reciente, Balance y Perspectivas. *Revista AGROALIMENTARIA*. 21(40), 1-42

Gutiérrez, S.A. (2016). Venezuela y su crisis agroalimentaria. Disponible en: https://goo.gl/92bOQ9

Gutiérrez, S.A. 2017. Balance Agroalimentario 2016. *Revista SIC*, Enero - Febrero 2017. Caracas, Venezuela, Centro Gumilla. En prensa.

Hernández C. 1998. Recursos de Venezuela. Disponible en: http://www.pdvsa.com/lexico/venezuela/recursos.htm

INDER.- Instituto Nacional de Desarrollo Rural (s/f). Plan nacional de agricultura de riego y saneamiento de tierras Fase I, 2015 – 2019. Caracas, Venezuela. 95 pp.

INE - Instituto Nacional de Estadística (2016). Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos (ENCA). Informe Resultados Preliminares Abril-Septiembre, 2015. Ministerio del Poder Popular de Planificación. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: www.ine.gob.ve/documentos/Social/ConsumodeAlimentos/pdf/informe_enca.pdf

Infante, E., Navarro, A., Finizola, R., Zevallos, J., Moya, D., Alvarado, S., y Finizola, B. (2010). Estudio de la salud cardiovascular en el Estado Lara (escel 2008): metodología del proyecto y perfil de la muestra estudiada. Avances Cardiológicos. 30(4):316-325.

INIA - Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, VE (2016). Aproximación agroecológica para el nuevo modelo de producción agrícola en Venezuela. Maracay, VE, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 90 pp.

INN - Instituto Nacional de Nutrición (2012). Sobrepeso y obesidad en Venezuela. Prevalencia y Factores Condicionantes. Colección Lecciones Institucionales. Caracas. Disponible en: www.inn.gob.ve//pdf/libros/sobrepeso.pdf

INN - Instituto Nacional de Nutrición (2001). Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana. Revisión 2000. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Caracas, Serie de Cuadernos Azules N°53.

INN - HBA - Instituto Nacional de Nutrición. Hoja de Balance de Alimentos 1998-2013. Caracas, Venezuela. Disponible en: https://goo.gl/8ju6x6

INN - SISVAN - Instituto Nacional de Nutrición (2008). Anuario del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN), Año 2007. Información Preliminar Caracas, Venezuela. Disponible en: https://goo.gl/W919F1

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (2016). *Aproximación agroecológica para el nuevo modelo de producción agrícola en Venezuela.* Maracay, VE, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 90 pp.

Landaeta-Jiménez, M., Herrera-Cuenca, M., Vásquez, M., y Ramírez, G. (2015). La alimentación y nutrición de los venezolanos: Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014. *Anales Venezolanos de Nutrición*. 28 (2), 100-109.

Landaeta-Jiménez, M., Herrera-Cuenca, M., Vásquez, M., y Ramírez, G. (2016). La alimentación de los venezolanos, según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2015. *Anales Venezolanos de Nutrición*. 29(1), 18-30.

Landaeta-Jiménez, M., Herrera-Cuenca, M., Vásquez, M., y Ramírez, G. (2017). La alimentación de los venezolanos, según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2016. *Anales Venezolanos de Nutrición*. En prensa

Machado-Allison, C. (2009). *La alternativa agrícola. Una agricultura como la que no hemos conocido transformará al país*. Caracas, Editorial Libros Marcados.

Machado-Allison, C.E. (2016). Base de datos estadísticos agropecuarios (1992-2016).

Marín, R. (1999). *Disponibilidad de tierras agrícolas de Venezuela*. Caracas, Ediciones Fundación Polar. 53 pp.

MARN - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (2005). Primera Comunicación Nacio-

nal en Cambio Climático de Venezuela. MARN, GEF, PNUD. Caracas. 141 pp.

MARN - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (s/f.) Breve descripción de los recursos forestales en Venezuela. En: depósito de documentos de la FAO. Disponible en: www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S15.htm

Marrero, J.F. (2005). Orientaciones y herramientas de política pública para la seguridad alimentaria en Venezuela. En: Políticas de seguridad alimentaria en los países de la comunidad andina. Salcedo, S. (ed.). FAO. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Cap. 7. pp. 154-170

MINEA - Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (s/f). Estadísticas Forestales. Compendio período 2009 / 2010 / 2011 / 2012 / 2013. Serie 13. Caracas.

MPPA - Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2013). Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica 2010-2020. 4ta impresión. Caracas.128 pp.

MPPS - Ministerio del Poder Popular para la Salud. República Bolivariana de Venezuela (2013). Anuarios de morbilidad 2013. Disponible en: www.mpps.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=941 Acceso 31 de enero de 2017.

MINPPAL-INN. Ministerio del Poder Popular para la Alimentación- Instituto Nacional de Nutrición. (2014) Perfil Alimentario y Nutricional 2013-2014. Disponible en: https://goo.gl/Ng94c1

MPPAT, Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. República Bolivariana de Venezuela (2015). Memoria 2015. Caracas.1327 pp. Disponible en: https://goo.gl/YpR8M1

MPPAT-INIA (2008). Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: https://goo.gl/8KIeBT

Obuchi, R., Abadí, A. y Lira, B. (2011). *Gestión en rojo. Evaluación de desempeño de 16 empresas estatales y resultados generales del modelo productivo socialista.* Caracas, Ediciones IESA. Serie Políticas Públicas.

OIE (2017). Mapa del estatus oficial de fiebre aftosa de los Países Miembros de la OIE. https://goo.gl/ozd2mf

Ojasti, J. (2011). *Estudio biológico del chigüire o "capibara".* (Segunda Edición). Caracas, Venezuela, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales / Editorial Equinoccio. Colección conjunta ACFIMAN / Equinoccio USB.

Oletta-López, J.F., Orihuela, A.R., Walter, C., Carvajal, A., Godoy, O., Castro, J., Peña, S., y Barreto, A. (2016). Enfermedades transmitidas por alimentos en Venezuela y el riesgo de desaplicar las Normas y Regulaciones nacionales para la fabricación, manipulación, almacenamiento y transporte de alimentos para el consumo humano. En: Red Defendamos la Epidemiología Nacional [lista de discusión en internet] Caracas, Venezuela. Sociedad Venezolana de Salud Pública. 31 de julio de 2016. [Acceso 30 de enero de 2017] [4 pantallas]

WHO - Organización Mundial de la Salud (1994). *El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. Informe de un Comité de Expertos de la OMS.* Serie de informes técnicos 854. Ginebra. 513 pp.

Ovalles, F., Cortez, A., Rodríguez, M., Rey, J., y Cabrera-Bisbal, E. (2008). Variación geográfica en el impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela. *Agronomía Tropical,* 58(1), 37-40.

Peña-Cedillo, J., y Flores-Urbáez, M. (2006). Evaluación de las agendas de investigación e innovación en Venezuela. *Revista Venezolana de Gerencia,* 11(33), 29-46.

Pereira L (2016). *Propuesta metodológica para la estimación del rendimiento y la identificación de anomalías con sensores remotos en el desarrollo del cultivo de arroz, parroquia payara, estado portuguesa, período 2014-2015.* Trabajo Especial de Grado. Escuela de Geografía, Universidad Central de Venezuela.

PROVEA - Programa Venezolano de Educación - Acción en Derechos Humanos (2014). Informe anual Enero/Diciembre 2013 sobre la Situación de los Derechos Humanos en Venezuela. Caracas.

PROVEA - Programa Venezolano de Educación-Acción en Derechos Humanos (2016). Situación de los Derechos Humanos en Venezuela Informe anual Enero/Diciembre 2015. Caracas.

Ramírez, G.; Herrera-Cuenca, M.; Vásquez M.; Landaeta-Jiménez, M.; Hernández, P.; Meza, C.R; Kovalskys, I.; Gómez, G. and Fisberg, M. on behalf of the ELANS Study group (2017). The Impairment of Food Patterns in Venezuela: Preliminary Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS) –Venezuelan Chapter. Abstract submitted to the Food Nutrition Conference and Expo (FNCE) 2017. (En prensa).

Resende, M. (2015). Reconocimiento de la FAO a Venezuela 2015. https://goo.gl/pNddQQ [consultado: 25/01/2017]

Rey, J.C. (2015). Limitaciones y potencialidades de los suelos de Venezuela. *INIA-Divulga* 31. pp. 61-66.

Schargrodsky, H., Hernández-Hernández, R., Champagne, B.M., Silva, H., Vinueza, R., Silva-Aycaguer, L.C., *et al.* (2008). CARMELA: Assessment of cardiovascular risk in seven Latin American cities. American Journal of Medicine. 121:58-65.

Schejtman, A. (1994). *Economía política de los sistemas alimentarios en América Latina.* Santiago, FAO/RLAC. 252 pp.

SISVAN - INN - Instituto Nacional de Nutrición (2007). Información Preliminar. Anuario del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (Sisvan) Año 2007. Caracas, Venezuela. Disponible en: http://www.inn.gob.ve/pdf/sisvan/anuario2007.pdf

Soto de Sanabria I. (2016). Desnutrición Grave: Un llamado de atención. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría.* 79 (3), 85

Transparencia Venezuela (s/f). De PEDEVAL a Pudreval. Disponible en: https://goo.gl/R4gWZx [consultado 25/01/2017]

UNICEF (2013). Mejorar la nutrición infantil: el imperativo para el progreso mundial que es posible lograr. © Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Abril de 2013.

UNICEF (2015). https://goo.gl/2SDDkV [consultado 25 / 01 / 2017] UNICEF. Indicadores Básicos. Venezuela: https://goo.gl/0dZugM

Agradecimientos

A Juan Luis Hernández (INNOVAVEN: www.innovaven.org/), Hernando Hernández, Acción Campesina, Alfredo Layrisse, Aníbal Rosales, Anselmo Pérez Tabares, Edgardo Monteverde, FEDEAGRO, Fernando Ajmad, Jesús Alezones, Luis Ferráz, Luis López Méndez, Manuel Delgado C., Núcleo de Decanos Universitarios del Agro y del Mar, Pedro Raúl Solórzano y Tirso Pacheco.

La **Red Interamericana de Academias de Ciencias** (IANAS) es una red regional de Academias de Ciencias que fue creada con el propósito de brindar apoyo en los esfuerzos de cooperación dirigidos a promover la ciencia y la tecnología como medios para impulsar la investigación y el desarrollo, así como el bienestar y la igualdad en las Américas. IANAS es miembro regional de la Red Mundial de Academias de Ciencias (IAP, por sus siglas en inglés)

Norteamérica
The Royal Society of Canada: The Academies of Arts, Humanities and Sciences of Canada
The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine
Academia Mexicana de Ciencias

América Central y el Caribe
Academia de Ciencias de Cuba
Academia de Ciencias de la República Dominicana
Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de Guatemala
Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica
Academia de Ciencias de Nicaragua
Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia
Academia Nacional de Ciencias de Honduras

Sudamérica
Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela
Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Academia Brasileira de Ciências
Academia Nacional de Ciencias del Perú
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
Academia Chilena de Ciencias
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina
Academia Nacional de Ciencias, Argentina
Academia Nacional de Ciencias del Uruguay
Academia de Ciencias del Ecuador

Miembros Regionales
Academia de Ciencias de América Latina
Caribbean Academy of Sciences
Caribbean Scientific Union

Red Interamericana de Academias de Ciencias
Academia Mexicana de Ciencias
Calle Cipreses s/n
Km 23.5 Carretera Federal
México-Cuernavaca
14400, Tlalpan, Ciudad de Mexico
Phone: (+52-55) 5573-6501
Fax: (+52 55) 5849-5112

Acceso gratuito a este libro en inglés y en español en: **www.ianas.org**

ISBN: 978-607-8379-29-3

PATROCINADO POR

Federal Ministry of Education and Research

ISBN: 978-607-8379-29-3
9 786078 379293