

Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad Del Agua



Corporación Autónoma
Regional de Cundinamarca

Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

Gabriel Roldán Pérez



Los Macroinvertebrados
como Bioindicadores de la
Calidad Del Agua

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Director General:

Alfred Ignacio Ballesteros Alarcón

Subdirección de Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas.

Subdirector:

Ana Elvia Ochoa Jiménez

Investigación

Gabriel Roldán Pérez

Contrato Interadministrativo No. 206 de 2012

Supervisión Contrato

Carlos Alberto Muñoz Rodríguez

Fotografías

Gabriel Roldán Pérez

Equipo Técnico Humedales CAR

ISBN: 978-958-8188-19-5

Diseño e impresión

Imprenta Nacional de Colombia

Bogotá D.C

Octubre de 2012.



CONSEJO DIRECTIVO

Gobernador de Cundinamarca

ÁLVARO CRUZ VARGAS

Alcalde Mayor de Bogotá

GUSTAVO FRANCISCO PETRO URREGO

Gobernador de Boyacá

JUAN CARLOS GRANADOS BECERRA

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

JUAN GABRIEL URIBE

Representante del Presidente de la República

CARLOS ANGULO GALVIS

Delegado del Alcalde Mayor de Bogotá

Gerente Empresa de Acueducto y Alcantarillado

DIEGO FERNANDO BRAVO BORDA

Alcalde Municipio de Agua de Dios

Representante Alcaldes de la jurisdicción

JORGE HUMBERTO GARCÉS BETANCUR

Alcalde Municipio de Sasaima

Representante Alcaldes de la jurisdicción

JUAN CARLOS RAMOS FLÓREZ

Alcalde Municipio de Zipaquirá

Representante Alcaldes de la jurisdicción

MARCO TULIO SÁNCHEZ GÓMEZ

Alcalde Municipio de Buenavista

Representante Alcaldes de la jurisdicción

MIGUEL ANTONIO CASTILLO BARRAGÁN

Representante de las Comunidades Indígenas

JULIO HERNANDO BALSERO

Representante del Sector Privado –

**Asociación Colombiana de Criadores
de Ganado LIMOUSIN**

LUIS ALFONSO RUBIANO LÓPEZ

Representante del Sector Privado

Cámara de Comercio de Girardot

MAGDALENA COLLAZOS LUNA

Representante de Organizaciones

No Gubernamentales

LUIS ALEJANDRO MOTTA MARTÍNEZ

Representante de Entidades

Sin Ánimo de Lucro

ANDRÉS IVÁN GARZÓN

EQUIPO DE DIRECCIÓN

Director General

ALFRED IGNACIO BALLESTEROS ALARCÓN

Secretario General

NÉSTOR GUILLERMO FRANCO GONZÁLEZ

ASESORES

Asesor Dirección General

PACÍFICO ERNESTO BARRERA NUBÁN

**Proyectos de Banca Multilateral y Gestión
del Riesgo**

MARTÍN MAURICIO MAZO

Parques y Ecoturismo

JESÚS HUMBERTO PATIÑO PESELLÍN

Distritos de Riego (e)

FABIO ALEJANDRO GIRALDO CASTAÑEDA

Fondo Inversiones Ambientales

para Bogotá, FIAB

ANIBAL ACOSTA PULIDO

SUBDIRECTORES

**Administración de Recursos Naturales
y Áreas Protegidas**

ANA ELVIA OCHOA JIMÉNEZ

Desarrollo Ambiental Sostenible

FRANCISCO JOSÉ CRUZ PRADA

Gestión Social

MARTHA MERCEDES CARRILLO SILVA

Jurídica

OLGA LÍ ROMERO DELGADO

Planeación y Sistemas de Información

MYRIAM AMPARO ANDRADE HERNÁNDEZ

Recursos Económicos y Apoyo Logístico

JULIO CÉSAR FRANCO VARGAS

JEFES DE OFICINA

Gestión del Talento Humano

ARMANDO GUERRERO CASTRO

Control Disciplinario Interno

JUANA MARÍA SÁNCHEZ RUBIO

Cooperación Internacional

FERNANDO PÁEZ MEJÍA

Control Interno

MIGUEL AUGUSTO BARRAGÁN VARGAS

Comunicaciones

ÉDGAR HUMBERTO CÁRDENAS SARMIENTO

Laboratorio Ambiental

EDWIN GIOVANI GARCÍA MÁSMELA

JEFES DE OFICINAS PROVINCIALES

1.- Bogotá – La Calera

PABLO AURELIO SUÁREZ GARCÍA

2.- Almeidas y municipio de Guatavita

ROSA MARÍA SARMIENTO PUCHANA

3.- Alto Magdalena

MIREYA SÁENZ TRUJILLO

4.- Bajo Magdalena

EDWIN CÉSAR GAVIRIA MONTAÑEZ

5.- Chiquinquirá

WILSON CASTILLO SUÁREZ

6.- Gualivá

JOSÉ GREGORIO ESPEJO JIMÉNEZ

7.- Magdalena Centro

LUZ ALEXANDRA URIZA ROZO

8.- Rionegro

LUIS FERNANDO HERNÁNDEZ SANDOVAL

9.- Sabana Centro

CAMILO ANDRÉS ZAMBRANO CONTRERAS

10.- Sabana Occidente

ADRIANA LUCÍA ROA VANEGAS

11.- Soacha

FRANCISCO JAVIER ESCOBAR TORRES

12.- Sumapaz

NÉSTOR EMILIO RUIZ RODRÍGUEZ

13.- Tequendama

MARTÍN EDUARDO MORENO ROA

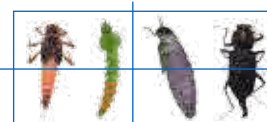
14.- Ubaté

CARLOS MANUEL MONTAÑO BARRANTES

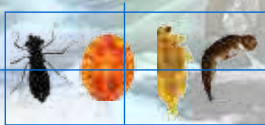


Contenido

Presentación	7
Prológo	9
Introducción	11
Capítulo 1	13
Características de los humedales de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) ..	13
Humedales en la jurisdicción de la CAR.....	13
Inventario de Humedales.....	13
Lineamientos para un manejo ambiental de los humedales de la CAR	16
Problemas ambientales	19
Capítulo 2	21
Fisicoquímica de los ecosistemas acuáticos.....	21
La temperatura	21
El color	22
La turbiedad	22
El Oxígeno Disuelto	23
El Dióxido de Carbono	24
El sistema Dióxido de Carbono-alcalinidad pH.....	25
Los nutrientes en los ecosistemas acuáticos	26
El nitrógeno	26
El fósforo.....	27
La conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos	28
Capítulo 3	29
Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos	29
Tipos de hábitat acuáticos	29
Modos de Vida de los macroinvertebrados acuáticos.....	30
Adaptaciones en el agua.....	32
Regulación osmótica	34
Adaptaciones alimenticias	34
Daños causados por el hombre en los ecosistemas acuáticos.....	34
Sustancias tóxicas	36
Capítulo 4	37
La historia de los sistemas de bioindicación	37
Aceptación de los diversos taxa como indicadores de calidad del agua.....	39
Respuesta de las comunidad de macroinvertebrados a la contaminación	39
El enfoque saprobio	40
El enfoque de la diversidad.....	41



El enfoque biótico	42
Experiencias en la Unión Europea	42
Capítulo 5	45
El Método BWMP para Colombia (BWMP/Col)	45
Mapas de calidad de agua	47
Capítulo 6	51
Métodos de recolección y tratamiento de las muestras	51
En el campo, Métodos de recolección cualitativos	51
Métodos de recolección cuantitativos	52
Uso de sustratos artificiales	54
En el laboratorio	54
Protocolo de campo	55
Capítulo 7	57
Identificación de los macroinvertebrados acuáticos	57
Plancha 1	
Los organismos con este puntaje de bioindicación son propios de aguas muy limpias	62
Plancha 2	
Los organismos con este puntaje son característicos de aguas limpias	67
Plancha 3	
Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas limpias, aunque pueden presentarse algunos de aguas poco contaminadas	75
Plancha 4	
Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas	85
Plancha 5	
Los organismos con este puntaje son en su mayoría, característicos de aguas poco contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas moderadamente contaminadas	96
Plancha 6	
Los organismos con este puntaje son, característicos de aguas moderadamente contaminadas	106
Plancha 7	
Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas moderadamente contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas contaminadas	110
Plancha 8	
Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas muy contaminadas	115
Plancha 9	
Los organismos con este puntaje son característicos de aguas muy contaminadas	119
Plancha 10	
Los organismos con este puntaje son característicos de aguas altamente contaminadas	121
Glosario	123
Anexo fotográfico	131
Referencias bibliográficas	141



Presentación

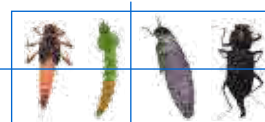
Los humedales son considerados como ecosistemas que ofrecen múltiples bienes y servicios ambientales como proveer agua, recargar acuíferos, regular flujos, filtrar sedimentos, nutrientes y tóxicos, proveer abastecimiento de productos naturales de origen animal, vegetal o mineral, medios para el transporte, bancos genéticos y hábitats para la vida silvestre e igualmente generar espacios para el turismo y la recreación; adicionalmente, los humedales son sumideros de CO₂, que contribuyen así a la disminución del efecto invernadero y, por ende, a la atenuación del cambio climático. En la jurisdicción de la CAR existen ecosistemas hídricos que incluyen humedales, nacederos, quebradas y ríos, importantes porque proveen servicios ambientales, principalmente el abastecimiento de agua potable a las poblaciones y para riego de zonas de producción agropecuaria.

En este sentido, la Política de Humedales Interiores de Colombia propende por la conservación y uso sostenible de los humedales interiores, con el fin de mantener y obtener beneficios económicos, ecológicos y socio-culturales, como parte integral del desarrollo del país. Por lo tanto, se concluye que los humedales no son solamente considerados como áreas de manejo especial o áreas protegidas por la normativa nacional, sino como áreas de especial importancia ecológica que deben someterse a un régimen de conservación más estricto, que permita la conservación, recuperación o restaura-

ción de estos ecosistemas, porque aportan múltiples bienes y servicios ambientales particulares y únicos, que mantienen complejos engranajes ecológicos.

La conservación de un ecosistema de humedales es prioritaria por su alta importancia biológica –definida por la riqueza y diversidad de especies, la productividad, la presencia de fenómenos biológicos, especies endémicas– y por ser raras o amenazadas– y hábitat único. Socioeconómicamente, también son importantes al proporcionar bienes y servicios ambientales directamente de la extracción y el uso de sus recursos o a través de sus funciones. La importancia de proteger áreas de humedales en la jurisdicción de la CAR radica en salvaguardar los bienes y servicios que ofrecen estos ecosistemas y los hábitats de fauna y flora con diversos grados de amenaza.

Con base en la consideración anterior, se propone realizar un estudio del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en jurisdicción de la CAR, utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Se considera que un organismo es un buen indicador de calidad del agua cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior, o ligeramente similar, al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Es, por tanto, de suma importancia reconocer el valor



de la bioindicación como un método para evaluar la calidad del agua.

Es necesario, además, realizar simultáneamente una evaluación detallada y permanente de la calidad de las aguas, monitoreando especialmente los parámetros físico-químicos que indican contaminación de tipo doméstico, agropecuario e industrial, y dirigir esfuerzos para controlar estrictamente la eficiencia y responsabilidad que cada uno de estos entes tiene a fin de poder erradicar poco a poco el problema de deterioro ambiental que presentan estos ecosistemas. Para poder cumplir con este objetivo, es necesario disponer de metodologías confiables que permitan evaluar la calidad de las aguas mediante monitoreos periódicos de estos ecosistemas.

Conscientes de la responsabilidad de velar por la conservación y manejo de

los recursos hídricos, tengo el gusto de presentar este libro cuyo contenido es el resultado de muchos años de investigación del profesor Gabriel Roldán Pérez y sus colaboradores, principalmente en la Universidad Católica de Oriente y la Universidad de Antioquia. Esta metodología de evaluación de calidad del agua ha sido desarrollada en Europa desde comienzos del siglo XX y aceptada en la mayoría de los países del mundo. Desde hace cerca de tres décadas ha sido adoptada en todos los países de América Latina con resultados plenamente reconocidos por científicos y autoridades ambientales. Estamos seguros de que con el presente documento la CAR estará en condiciones de cumplir con este objetivo.

ÁLFRED IGNACIO BALLESTEROS ALARCÓN
Director General



Prólogo

La presente edición corresponde a una versión modificada del libro Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, Método BMWP/Col, editada por la Editorial de la Universidad de Antioquia (Roldán, 2003). Esta obra tuvo una gran difusión no solo en Colombia, sino también en todos los países de Latinoamérica donde sirvió de base para realizar adaptaciones y publicación de obras similares.

La obra precursora para poder llegar a la aplicación de la bioindicación de la calidad del agua en Colombia fue la Guía para la identificación de los Macroinvertebrados en el Departamento de Antioquia (Roldán, 1998).

Las anteriores publicaciones fueron pioneras para el establecimiento de los sistemas de bioindicación de la calidad del agua en Latinoamérica, en especial en todos los del área Neotropical, donde se encontró que la mayoría de los macroinvertebrados reportados para Colombia también se encontraron en dichos países.

Dado que la presente publicación continúa vigente en su contenido básico y que sigue teniendo demanda y aplicación en Colombia y los demás países ubicados en el cinturón tropical, su autor de esta ha convenido

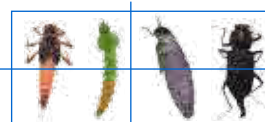
con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), hacer una nueva edición patrocinada por esta Entidad.

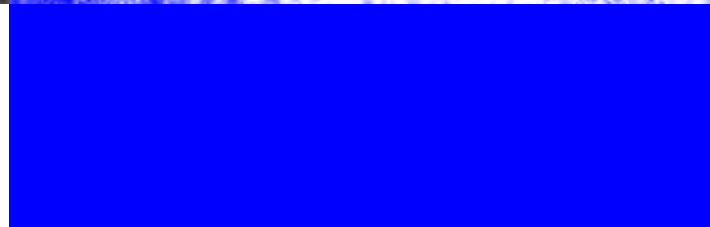
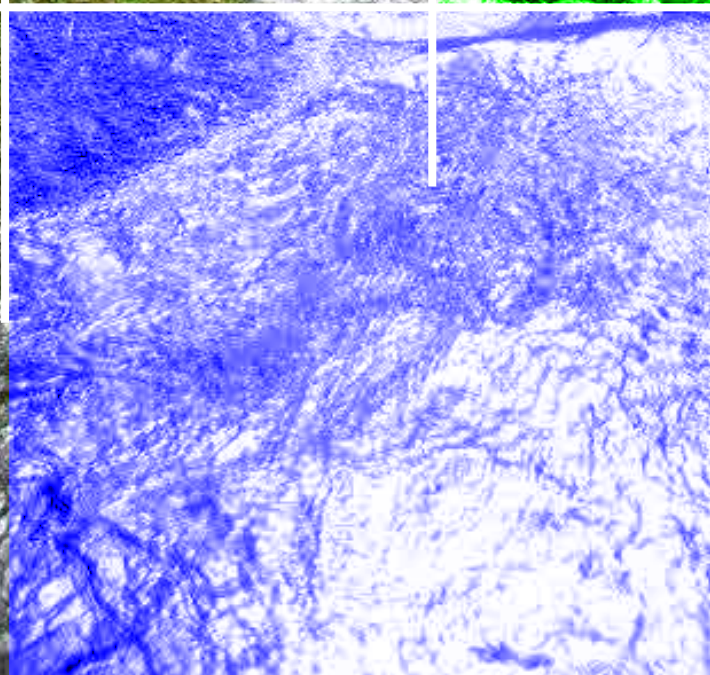
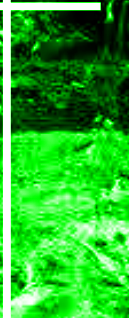
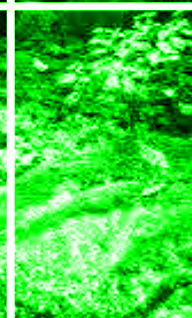
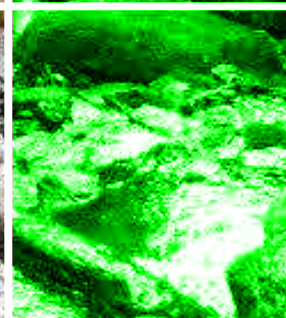
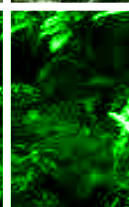
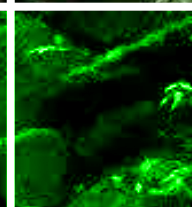
Con el ánimo de dar pleno reconocimiento a la CAR por su apoyo a la publicación de esta obra, se ha hecho un capítulo introductorio sobre la estructura y funciones de la Corporación, así como una descripción de sus humedales, que es uno de sus patrimonios más preciados.

Estoy seguro de que esta publicación será una herramienta de gran ayuda para que la CAR y las administraciones municipales puedan tener un conocimiento más real de la calidad de sus recursos hídricos y así adelantar programas de recuperación y conservación de sus humedales.

Esta obra también está destinada a entidades educativas en cada municipio, pues los docentes de biología y ciencias naturales podrían jugar un papel muy importante con sus alumnos en proyectos de evaluación de calidad del agua y preservación de las cuencas abastecedoras de agua para las comunidades.

Gabriel Roldán Pérez





Introducción

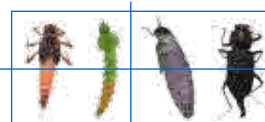
En los últimos años el concepto de calidad de las aguas ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente fisicoquímico a otro que integra todos los componentes del ecosistema. Recientemente, el Parlamento Europeo mediante la directiva Marco COM-97 aceptó el término “*estado ecológico*” como una medida de la calidad de las aguas. Para el desarrollo de este concepto se propone la Cuenca Hidrográfica como unidad de estudio. La determinación del estado ecológico de cada cuenca deberá realizarse de acuerdo con unas condiciones de referencia que tendrán que compararse con los datos de los diferentes ecosistemas acuáticos de la cuenca de características similares (ríos, lagos, embalses, etc). La norma europea citada, establece como factores esenciales para determinación del estado ecológico de las aguas, las **comunidades de organismos** como indicadores del estado ecológico de los diferentes ecosistemas acuáticos.

Con base en la consideración anterior, se propone realizar un estudio del estado ecológico de las cuencas de Colombia, utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Se considera que un organismo es un buen indicador de calidad del agua cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior, o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Así, por ejemplo,

en ríos de montaña de aguas frías, transparentes, oligotróficas y bien oxigenadas se espera encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros, pero también se espera encontrar odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores en bajas proporciones.

Por el contrario, en ríos y quebradas que son contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutrofizadas, se espera encontrar poblaciones dominantes de oligoquetos, quironómidos y ciertos moluscos, aunque ocasionalmente pueden hallarse algunos pocos individuos que se consideran indicadores de aguas limpias. En situaciones intermedias, o sea, en aguas que comienzan a mostrar síntomas de contaminación, o por el contrario, que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos, quironómidos y oligoquetos, mezclados en menor proporción con ciertos efemerópteros y tricópteros (Roldán, 1992).

La situación así planteada resulta aparentemente fácil de entender y de aplicar. De hecho, una persona experimentada en reconocer estos organismos a simple vista en el campo, en unos pocos minutos después de levantar algunas rocas y troncos sumergidos, y de acuerdo con las características de olor y color de las aguas, puede dar un diagnóstico rápido acerca



de la calidad del agua. En otras palabras, puede afirmar con bastante seguridad si el ecosistema está en buenas condiciones, o si por el contrario, algo preocupante está sucediendo. Un ecólogo así es como un médico experimentado, que solo con una auscultación general a un paciente lo en-

cuentra bien de salud; o por el contrario, descubre algunos síntomas que lo hacen deducir que algo está afectando la salud de dicho paciente. Es por tanto, de suma importancia reconocer el valor de la **bio-indicación** como un método para evaluar la calidad del agua.



Capítulo 1

Características de los humedales de la Corporación

Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)

Los orígenes de la CAR se remontan al año de 1953 cuando se concibió la idea de crear un organismo autónomo de desarrollo de la Sabana de Bogotá, el cual quedó plasmado en un documento llamado Plan para Bogotá. Su creación formal se llevó a cabo mediante la promulgación de la Ley 3ª el 31 de enero de 1961. Su localización geográfica se ubica en la Cordillera Oriental de los Andes dentro de las coordenadas planas:

X= 1'137.300 m Norte X= 904.150 m Norte

Y= 910.100 m Este Y= 1'066.500 m Este

El territorio se encuentra entre los 3° 44' de latitud norte y 5° 47' de latitud norte sobre el río Guaguaquí y entre los 74° 48' de longitud oeste en el río Magdalena y los 73° 30' de longitud oeste sobre el nacimiento del río Súnuba.

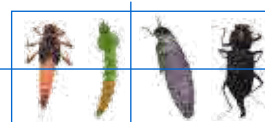
Humedales en la jurisdicción de la CAR

La importancia de proteger áreas de humedales en la jurisdicción de la CAR radica en salvaguardar los bienes y servicios que

ofrecen estos ecosistemas y los hábitats de fauna y flora con diversos grados de amenaza. Los humedales de la jurisdicción de la CAR se encuentran en alto grado de deterioro y con crecientes amenazas, pero con importantes valores ecológicos y destacados beneficios que aportan a la sociedad. En la región se encuentran representados diversos tipos de humedales de notable importancia, no solo regional sino nacional e incluso global. Entre estos se destacan los del Altiplano Cundiboyacense, que hacen parte del complejo de humedales montañosos de mayor magnitud en el país, ubicados en la cordillera Oriental, de los que se conserva una mínima fracción de lo que eran a comienzos del siglo XX, por lo que son reconocidos como unos de los más amenazados de Colombia, con presencia de especies biológicas únicas en peligro de extinción.

Inventario de humedales

El manejo de ecosistemas de humedales en la jurisdicción de la CAR requiere una cuidadosa planeación, para lo cual es necesaria la identificación y delimitación de los mismos a unas escalas cartográficas adecuadas, que permitan realizar el inventario detallado de los humedales o complejos de



humedales y la evaluación de su estado. En la Tabla 1.1 se presenta el número de humedales por región encontrado en el inventario preliminar realizado por la

CAR en 2010. La tabla 1.2 y el mapa de la página siguiente muestran los humedales, declarados en la jurisdicción de la CAR.

Tabla 1.1.

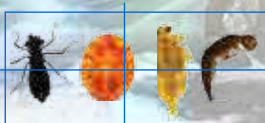
Humedales identificados por región (Fuente: CAR, 2010)

Oficina Provincial	Número de humedales
Almeidas y municipio de Guatavita	5
Alto Magdalena	1
Bajo Magdalena	6
Bogotá – La Calera	3
Chiquinquirá	6
Gualivá	
Magdalena Centro	
Rionegro	1
Sabana Centro	47
Sabana Occidente	39
Soacha	9
Tequendama	5
Ubaté	6
Sumapaz	8
TOTAL	136

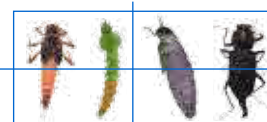
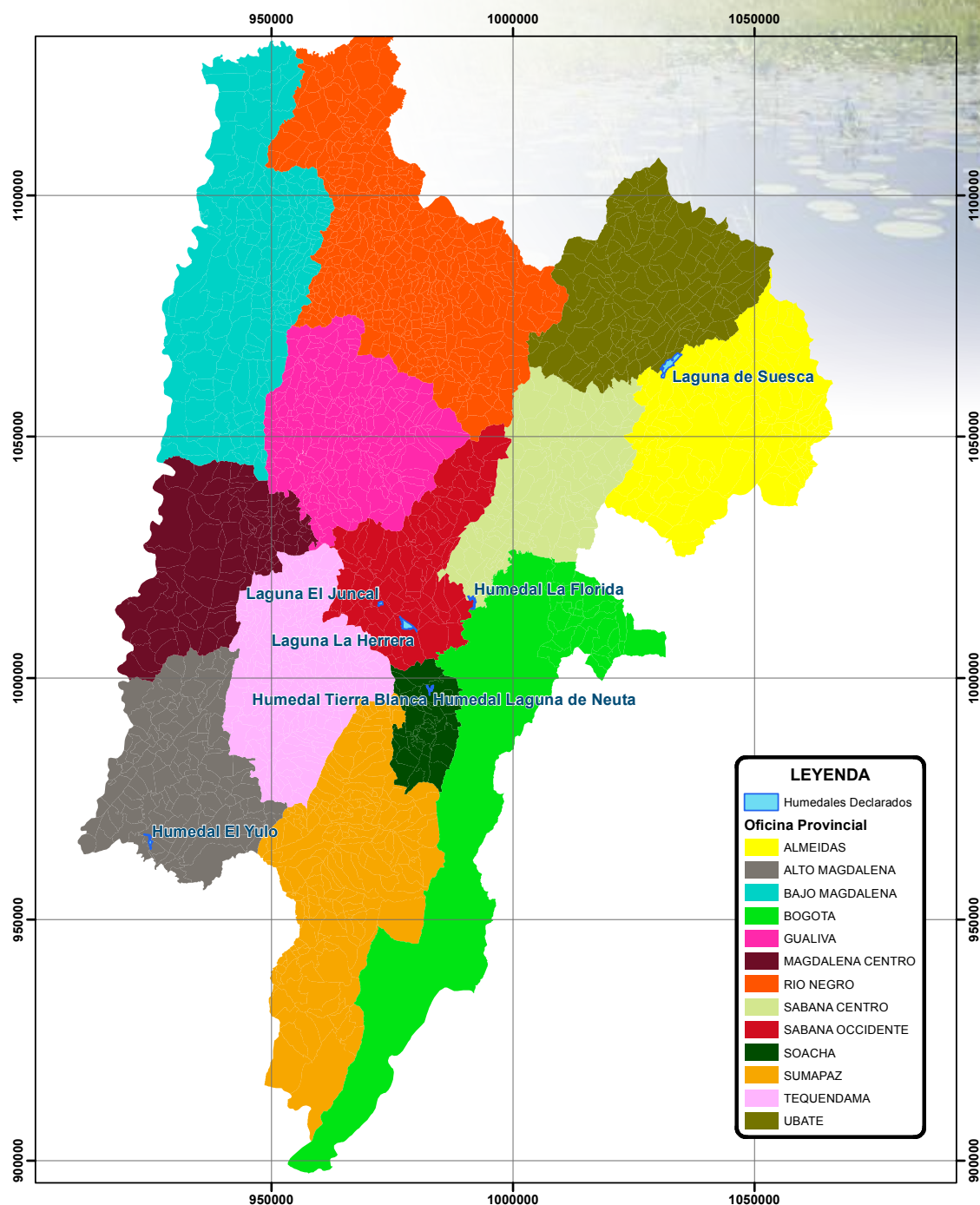
Tabla 1.2.

Humedales declarados como Reservas Hídricas en la Jurisdicción de la CAR

Humedal	Municipio	Resolución
Laguna de Suesca	Suesca - Cucunuba	48/2006
La Florida	Funza-Cota	46/2006
Laguna de la Herrera	Madrid-Mosquera	23/2006
Neuta	Soacha	37/2006
El Yulo	Ricaurte	39/2006
Tierra Blanca	Soacha	33/2006
Juncal	Bojacá	47/2006



HUMEDALES DECLARADOS COMO RESERVAS HÍDRICAS EN LA JURISDICCIÓN DE LA CAR



Lineamientos para un manejo ambiental de los humedales de la CAR

Los siguientes son los lineamientos establecidos por la CAR para el manejo y control de los humedales de su jurisdicción:

- Programa institucional para la recuperación ecológica y manejo sostenible de los humedales.
- Consolidar el inventario de los humedales y realizar las delimitaciones preliminares de cada uno de estos ecosistemas.
- Realizar la declaratoria como Área Protegida de los humedales prioritarios.
- Formular los planes de manejo ambiental de cada humedal o complejo de humedal declarado.
- Formular e implementar un programa de comunicación, educación y concientización pública sobre humedales.
- Restablecer el área forestal protectora de los humedales, quebradas y ríos asociados a estos ecosistemas.
- Incorporar todos los humedales y demás componentes del sistema hídrico de la jurisdicción de la CAR en POT y EOT.
- Manejar humedales como complejos.
- Ordenar ambientalmente microcuencas de humedales y complejos de humedales.
- Realizar el saneamiento hídrico de los humedales.
- Readecuar hidrogeomorfológicamente el cauce y la rehabilitación de la diversidad de hábitats acuáticos.
- Administración de los humedales como áreas estratégicas.
- Incentivos para la conservación y restauración de los humedales.
- Implementación de un programa de monitoreo de humedales.

A continuación se observa un grupo de fotografías que ilustran los principales humedales de la CAR en su estado natural actual. También se muestran las principales fuentes de deterioro de los humedales, principalmente por contaminación agrícola e industrial.



Humedales de la jurisdicción de la CAR



Embalse El Hato



Embalse de Neusa



Embalse del Sisga



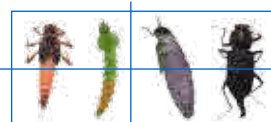
Embalse de Tominé



Laguna de Suesca



Laguna de Fúquene





Laguna de Palacio



Laguna de Cucunubá



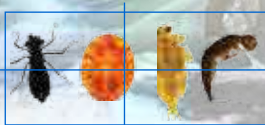
Laguna La Herrera



Laguna El Gualí



Laguna de Guatavita



Problemas ambientales



Contaminación acuática



Depósitos de residuos
a cielo abierto



Contaminación acuática



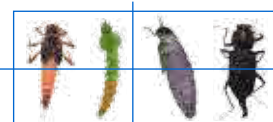
Deficiente tratamiento de aguas residuales

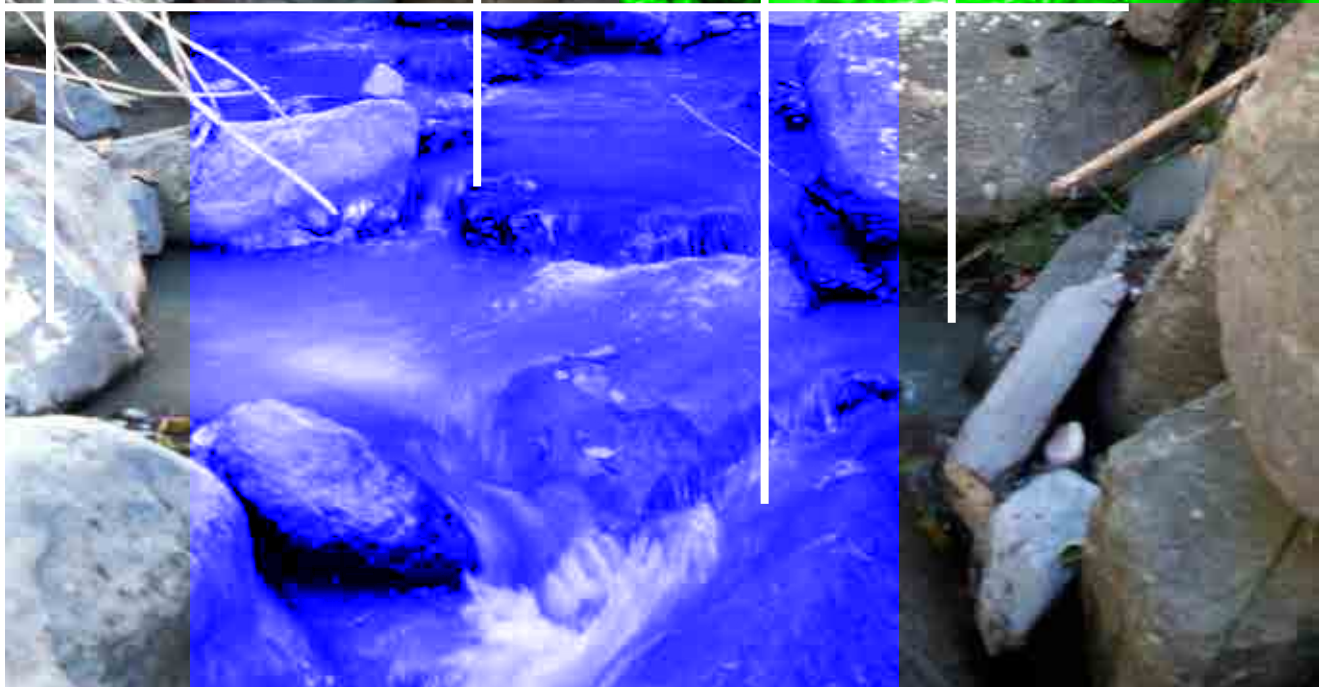
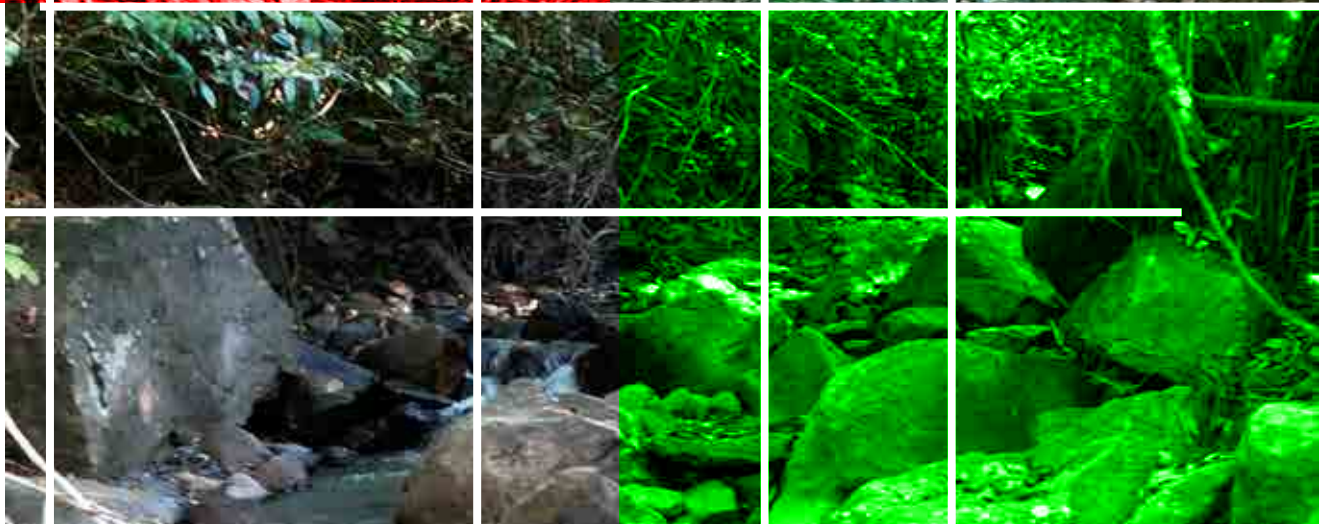
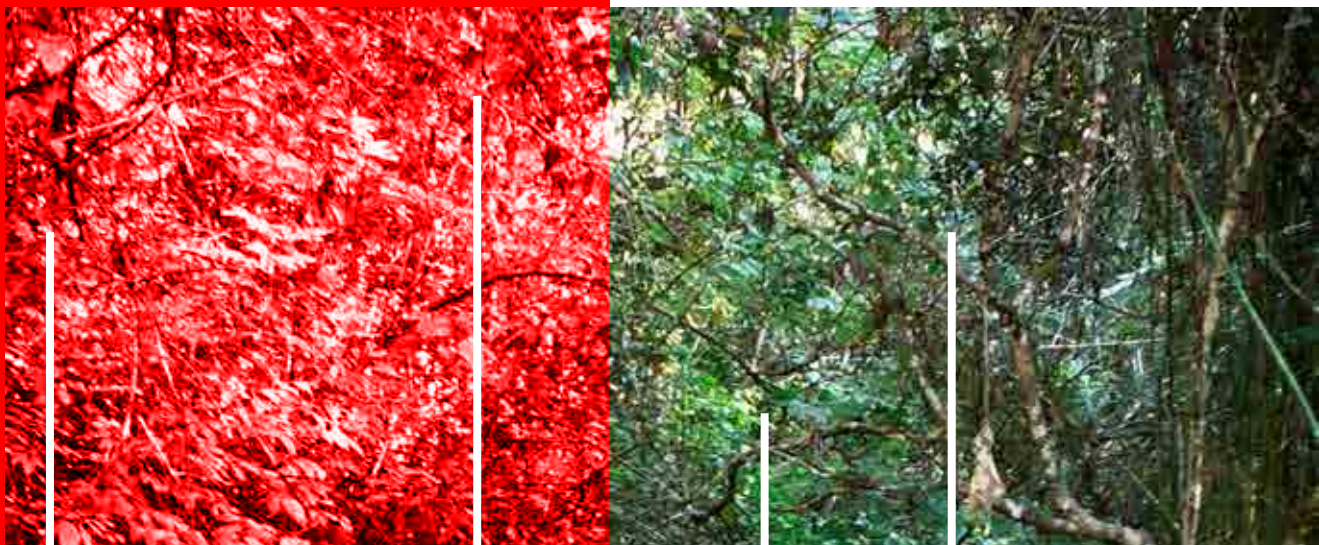


Pastoreo y cultivos



Invasión de humedales por plantas acuáticas





Capítulo 2

Fisicoquímica de los ecosistemas acuáticos

La temperatura

La radiación solar no solamente determina la calidad y cantidad de luz, sino que también afecta la temperatura del agua. Mientras que en las zonas templadas la temperatura varía ampliamente con el cambio de estaciones, en las zonas tropicales permanece más o menos constante a lo largo del año, siempre frías en las altas montañas y cálidas a nivel del mar. En otras palabras, los organismos sometidos a cambios de estaciones toleran más los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están acoplados a estos cambios. Por el contrario, para los organismos tropicales al estar adaptados a temperaturas relativamente constantes, cualquier cambio puede ser fatal para su supervivencia. Aquellos organismos que toleran cambios de temperatura muy estrechos se denominan *estenotermos*; en cambio, los que soportan cambios más amplios se llaman *euritermos*.

Los organismos mantienen sus células vivas gracias a unos mecanismos físico-químicos internos, que se detienen en la mayoría de los casos con leves cambios de temperatura. Se puede esperar, por tanto, que solo un leve cambio en la cantidad de energía que

llega a nuestro planeta podría significar la desaparición de la vida, bien sea por congelamiento o por sobrecalentamiento. Actualmente, los científicos han dado la alarma de que la tierra se está sobrecalentando a causa del Efecto Invernadero provocado por el exceso de dióxido de carbono producido por la quema de combustibles fósiles. El hombre tiene, pues, la capacidad de provocar no solamente cambios locales de temperatura sino también globales, que pueden ser desastrosos para la vida sobre la Tierra.

Los impactos más frecuentes

están dados por el vertimiento

a las corrientes superficiales

de aguas provenientes de plantas

de enfriamiento utilizadas

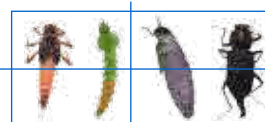
en gran variedad de actividades

industriales. No hay duda

de que los aumentos de

temperatura en el agua causan

la súbita desaparición de la fauna acuática.



El color

El color de un cuerpo lo constituye la luz no absorbida. En el caso del agua, existe gran variedad de colores que van desde el azul hasta el rojo, dependiendo de las sustancias químicas disueltas, de las suspendidas o del plancton en ella existente. Entre las sustancias disueltas están las proteínas, las grasas, los carbohidratos y las sustancias derivadas de estos, como los taninos. Las algas verdeazules dan un matiz verdoso al agua y las diatomeas dan un color pardo amarillento. Por otro lado, los lagos con abundante roca calcárea presentan un color verdoso; los lagos de origen volcánico presentan un color amarillento debido al azufre y los lagos con abundantes rocas ferruginosas, producen tinte rojizo en el agua.

Por lo regular, los lagos altamente productivos o eutróficos presentan colores amarillentos, azul-grisáceos o pardos; los menos productivos u oligotróficos, tienen colores con tendencia a tonos azulados o verdosos. Los compuestos húmicos originados por descomposición de material alóctono dan un color amarillento a los ríos y lagos. Desde el punto de vista limnológico, el agua presenta un *color verdadero* (o color específico) debido a las sustancias en solución o materiales en estado coloidal. El *color aparente* del agua se debe al resultado de la acción de la luz sobre los materiales particulados suspendidos, junto con otros factores tales como el tipo de fondo o reflexión del cielo. Por tanto, para conocer el color verdadero del agua, esta debe centrifugarse o filtrarse para liberarla de las fuentes que le dan el color aparente.

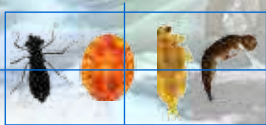
Las aguas residuales domésticas contienen por lo regular gran cantidad de nutrientes, lo que provoca incrementos de fitoplanc-

ton, dando al agua diferentes tintes de acuerdo al tipo de algas desarrolladas. El color en sí no afecta de manera directa los organismos, pero sí indirectamente al impedir el paso normal de la luz solar, indispensable para la fotosíntesis. El cambio de color en el agua se convierte por lo tanto, en una medida visual de contaminación.

Entre las actividades humanas
que provocan cambios de color
en el agua están el vertimiento
de aguas industriales y domésticas,
y las actividades agrícolas
y ganaderas.

La turbiedad

La turbiedad define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión. Debido a que los materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determina la transparencia del agua, puesto que limita el paso de la luz a través de ella. La turbiedad originada por materiales externos al ecosistema se denomina *alóctona* y la producida dentro del mismo cuerpo (por productividad primaria, por ejemplo) se denomina *autóctona*. La forma más frecuente como el hombre aumenta la turbiedad del agua es por la construcción de obras de ingeniería (carreteras, canteras), que dejan el terreno expuesto a la erosión. La construcción de vías requiere, en particular, un estudio de impacto ambiental detallado con el fin de disponer adecuadamente el exceso de materiales extraídos, para evitar ser arrastrados por las lluvias. En especial en el trópico, donde las precipitaciones son fre-



cuentas y altas, este se convierte en uno de los factores más perturbadores de los ecosistemas acuáticos. Asimismo, la deforestación y la agricultura intensiva se convierten en fuentes de sedimentos, que al depositarse en el fondo de los ríos y lagos destruyen los hábitats de numerosas especies.

La turbiedad se convierte, por tanto, en una medida visual de contaminación.

El oxígeno disuelto

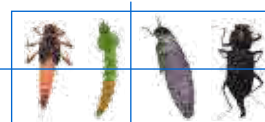
El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/l. La fuente principal de oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos. En los lagos la fotosíntesis es la fuente más importante de oxígeno y su medición se usa para determinar la productividad primaria, y en cierta medida, deducir el estado de eutroficación. La reacción química de la fotosíntesis en este medio se expresa como sigue:



Como puede observarse, la reacción consiste básicamente en que el Dióxido de Carbono y el agua, mediante la acción de la clorofila y la luz solar, producen carbohidratos (glucosa) y el oxígeno se origina como subproducto en dicha reacción. El oxígeno se desprende en forma gaseosa y se difunde en el aire, si es producido por las plantas o en el agua, si lo es por las algas (fitoplancton) y en menor proporción por las plantas acuáticas.

Efecto de la temperatura. La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa. Un cuerpo de agua puede aumentar la solubilidad en cerca de un 40% al bajar la temperatura de 25 a 0° C; esto se debe a que en el agua fría las moléculas se unen más, reteniendo, por tanto, mayor cantidad de oxígeno. Un cuerpo de agua que posee 14.6 mg/l de oxígeno a 0° C puede bajar su concentración a 6.4 mg/l a 40° C. Ahora se entiende mejor, por qué un aumento de temperatura puede llegar a desoxigenar un cuerpo de agua en un alto porcentaje.

Efecto de la presión atmosférica. Como la concentración de oxígeno también está afectada por la presión atmosférica (a mayor altura sobre el nivel del mar, menor presión y por ende, hay pérdida de oxígeno), los valores de este elemento deben multiplicarse por un factor de corrección. Los equipos modernos de medición traen este factor incluido; dicho factor va de 1.0 a nivel del mar hasta 1.45 a 3.000 m de altura, debido a que los valores normales de oxígeno dependen de la altura y de la temperatura, es más conveniente expresar los resultados en términos de porcentaje (%), siendo el 100% la concentración ideal. Valores por encima o por debajo indican que algo está perturbando el ecosistema. Valores de oxígeno del 50% o menores son letales para la mayoría de los organismos acuáticos. Solo aquellos que poseen adaptaciones como abundante hemoglobina (*Tubifex* y *Chironomus* rojo) pueden resistir estos déficit de oxígeno. De igual manera, poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros son indicadores de porcentajes de saturación del 100% o muy cercano. Un ecólogo experimentado puede estimar la concentración de oxígeno



de un cuerpo de agua por la fauna encontrada o viceversa.

Efecto de la salinidad. La solubilidad del oxígeno también está afectada por un incremento de su salinidad. A 0° C el agua dulce contiene aproximadamente 2.8 mg/l más que el agua de mar; a 15° C la diferencia es de aproximadamente de 2.1 mg/l. Este factor es muy importante tenerlo en cuenta cuando se trabaja en ecosistemas acuáticos con salinidades cercanas a las del mar, pues allí los problemas de adaptación de los organismos ya no son solo por déficit de oxígeno, sino también por osmorregulación. Se concluye, entonces, que un incremento de salinidad en los ecosistemas de agua dulce sería letal para la mayoría de los organismos que allí habitan.

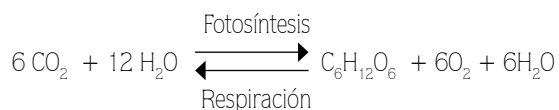
Efecto de la materia orgánica disuelta. Las aguas naturales no contaminadas poseen, por lo regular, bajas concentraciones de materia orgánica disuelta (menos de 2 mg/l). La contaminación por desechos domésticos o industriales, puede agotar el oxígeno en el agua, pues la materia orgánica lo requiere para su descomposición. La DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) es una medida de valoración de la cantidad de materia orgánica que se encuentra en un cuerpo de agua. El exceso de materia orgánica agota el oxígeno en el agua; bajo estas condiciones, el agua tiene la apariencia de un color turbio grisáceo y olores característicos de huevos podridos (ácido sulfhídrico). Es de esperarse, por tanto, una fuerte reducción de la diversidad de especies de macroinvertebrados, quedando presentes por lo regular en grandes números, solo aquellos adaptados para resistir dichas condiciones. De nuevo, los tubificidos y quironómidos rojos serán los indicadores de este tipo de contaminación.

Bajo condiciones extremas de contaminación orgánica se pueden encontrar valores superiores a los 80.000 tubificidos por m².

La disminución del oxígeno disuelto en el agua debido a cambios de temperatura, salinidad o contenido de materia orgánica puede ser fatal para la mayoría de los organismos acuáticos.

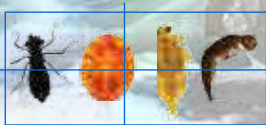
El dióxido de carbono

El dióxido de carbono, junto con el oxígeno, son los dos gases más importantes en el agua y, en general, para la vida en el planeta. En tanto que la reacción química de la fotosíntesis produce oxígeno, la de la respiración constituye el proceso inverso en el cual se produce dióxido de carbono:



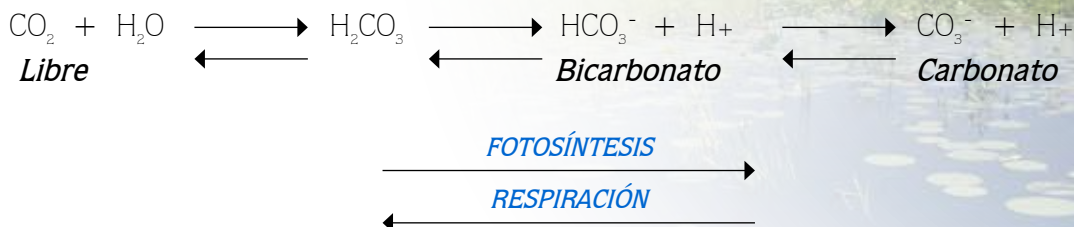
Tanto la respiración de los seres vivos como la oxidación de la materia orgánica, requieren oxígeno para que se convierta finalmente en CO₂ y H₂O. A diferencia del oxígeno, cuyo porcentaje en el aire es del 21%, el dióxido de carbono es solo del 0.04% en promedio. Sin embargo, esta cantidad es suficiente para llevarse a cabo los procesos fotosintéticos normales tanto en la tierra como en el agua.

El origen del dióxido de carbono en el agua proviene, por tanto, de la respiración de los organismos y de la oxidación de la materia orgánica. Las lluvias también arrastran



consigo el CO_2 atmosférico, incorporándolo en los ecosistemas acuáticos. El CO_2 se disuelve rápidamente en el agua para formar ácido carbónico; dependiendo de la activi-

dad fotosintética, se formarán a continuación bicarbonato y finalmente carbonato según la siguiente reacción química:



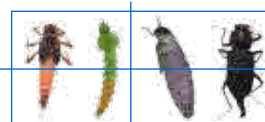
Si se mira la reacción anterior de izquierda a derecha, esta representa la fotosíntesis: A medida que avanza el día, el dióxido de carbono se va consumiendo, hasta que al final de la tarde la mayor parte del carbono se encontrará como bicarbonato y carbonato. Al comenzar la noche, empieza la respiración y, entonces, la dirección de la reacción se invierte. Si el medio acuático es oligotrófico, los cambios durante el día serán poco pronunciados, pero si está eutroficado, se presentarán cambios drásticos, desde un agotamiento total del dióxido de carbono hasta la precipitación del carbonato.

El dióxido de carbono juega un papel fundamental en el agua, el de realizar la acción “buffer” (amortiguación), que evita los cambios bruscos de pH, que serían letales para muchos organismos.

El sistema dióxido de carbono-alcalinidad-pH

La fotosíntesis y la respiración son dos fenómenos biológicos antagónicos, pero íntimamente relacionados, como se pudo observar en la reacción química anterior. Así, cuando se realiza la fotosíntesis disminuye el CO_2 libre y comienzan a aparecer el bicarbonato y el carbonato. Durante la respiración se presenta el fenómeno contrario. Estos iones fomentan, en el primer caso, el cambio del pH del agua hacia el lado básico; y en el segundo, hacia el lado ácido. La presencia de estos iones determina el concepto de *alcalinidad*, la cual se expresa como la cantidad de bicarbonatos y carbonatos presentes en el agua. Si el pH es inferior a 8.3, se expresa como *alcalinidad bicarbonato*; y si es superior, se expresa como *alcalinidad carbonato*.

No hay que confundir, pues, la alcalinidad de un sistema con la basicidad. La alcalinidad se refiere a la capacidad buffer y la basicidad y acidez, al valor del pH.



La contaminación de los ecosistemas acuáticos con residuos orgánicos o industriales rompe el equilibrio ecológico, lo cual provoca cambios drásticos de pH, se tornan más marcados los fenómenos de respiración y fotosíntesis, se ocasiona el agotamiento del oxígeno en las horas de la noche y exceso de producción durante el día. Obviamente, la mayoría de las especies no resiste estos cambios y terminan por desaparecer.

Los nutrientes en los ecosistemas acuáticos

El nitrógeno

La fuente principal de nitrógeno es el aire, en el cual representa el 79% de volumen. El nitrógeno hace parte fundamental de las proteínas, de ahí su importancia para los seres vivos. El nitrógeno atmosférico llega al agua a través de las descargas eléctricas y por la acción reductora de ciertas bacterias. Las plantas y las algas lo toman como nitratos durante la síntesis de proteínas y lo incorporan en sus tejidos. Cuando mueren los organismos, las proteínas se descomponen primero en amonio, luego en nitritos y por último en nitratos. En cada una de

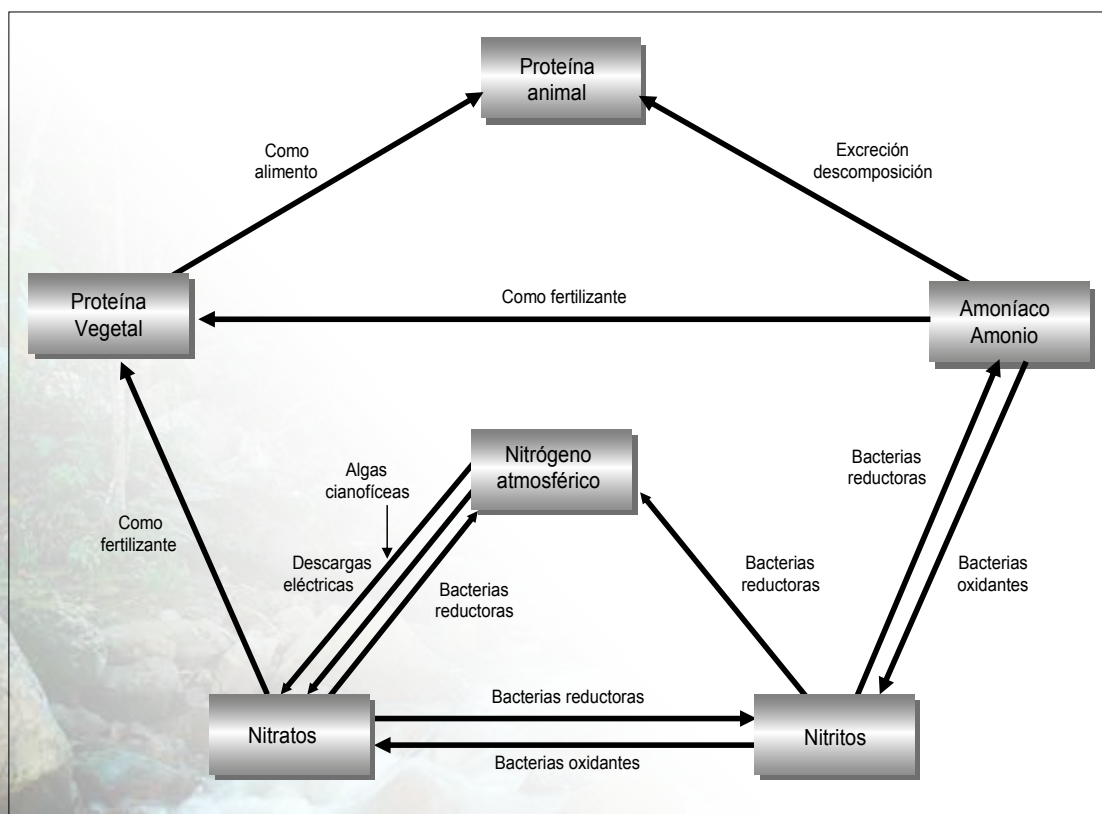
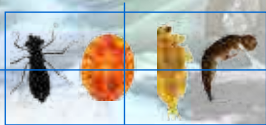


Figura 2.1 Ciclo del nitrógeno



estas reacciones interviene un grupo específico de bacterias (figura 2.1).

En un medio acuático natural se espera encontrar la mayoría del nitrógeno como nitratos, que es su forma oxidada. La presencia de nitritos y de amonio, es un indicio de reciente contaminación orgánica o de procesos reductivos predominantes.

La contaminación orgánica y la agricultura son las fuentes principales de nitrógeno en el agua. Un exceso de nitrógeno desencadena un proceso de eutroficación, el cual se manifiesta por un crecimiento masivo de algas y plantas acuáticas. Bajo estas condiciones, el ecosistema sufre cambios drásticos en los ciclos día-noche, y se provoca una fuerte reducción en la diversidad de especies. Una vez activados estos procesos, su corrección se torna difícil. Por eso, la mejor estrategia de control, es la prevención de la contaminación mediante plantas de tratamiento de residuos domésticos e industriales y un uso racional de abonos en la agricultura.

El fósforo

El fósforo es otro elemento importante para la estructura y función celulares. Sirve de componente básico para la estructura de los ácidos nucleicos y de la molécula del ATP, por medio de la cual se almacena y se gasta la energía en los seres vivos. En comparación con el nitrógeno, la abundancia es diez veces menor, pero su efecto sobre la eutroficación es mucho mayor, pues cantidades del orden de milésimas de miligramo, pueden activar crecimientos de fitoplancton que afectan significativamente la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático. El fósforo se encuentra en las rocas fosfatadas y en cerca de 200 minerales más.

Las lluvias arrastran los fosfatos al agua donde son utilizados por las plantas y por el fitoplancton. El fitoplancton es consumido por el zooplancton y este, a su vez, pasa al resto de la cadena alimenticia. Al morir los organismos liberan el fósforo, del cual una parte va a parar finalmente a los sedimentos marinos (véase figura 2.2).

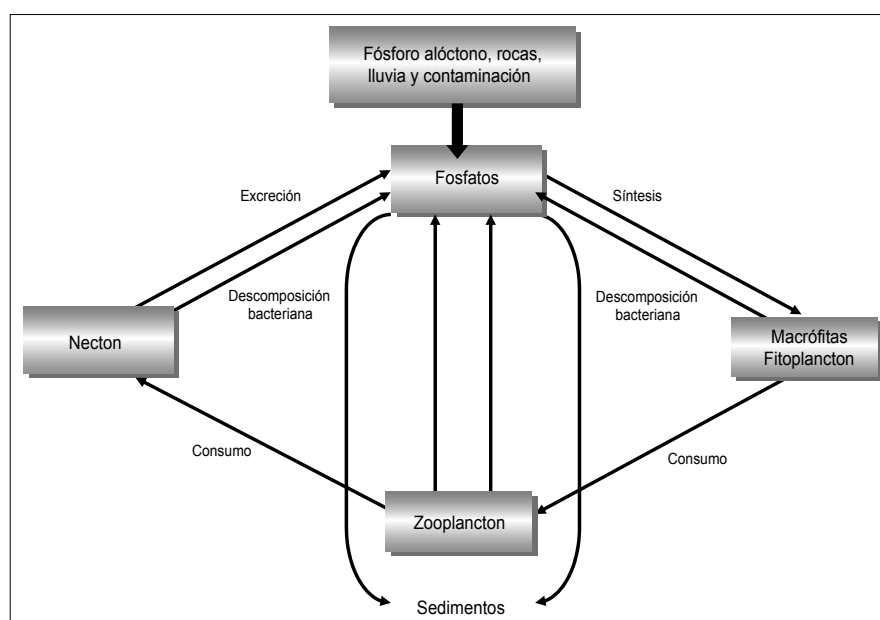
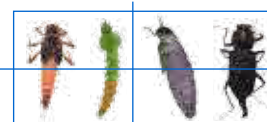


Figura 2.2 Ciclo del fósforo



El vertimiento de las aguas residuales domésticas y el uso excesivo de abonos en la agricultura son las fuentes principales de fósforo y nitrógeno y, por tanto, de eutroficación de los ecosistemas acuáticos. En esencia, los efectos producidos por estos dos nutrientes son similares y crean condiciones adversas para la vida de la mayoría de los organismos acuáticos.

La conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos

La *conductividad* eléctrica mide la cantidad total de iones presentes en el agua y, por ende, se relaciona con la salinidad. La conductividad se define como el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos de 1.0 cm² y distanciados entre sí por 1.0 cm. Los valores de conductividad se expresan en microsiemens por cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o micromohos/cm. Los *Sólidos Totales Disueltos* (STD) se refieren a la concentración total de minerales presentes en las aguas naturales, y la *salinidad*, a la concentración total de los componentes iónicos. Debido a la estrecha relación existente entre la salini-

dad, los sólidos disueltos y la conductividad, se pueden construir tablas donde se encuentre el equivalente para cada uno de ellos.

La conductividad en las aguas superficiales tropicales de montaña por lo regular es muy baja (aguas oligotróficas): entre 10 y 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Igualmente, las aguas de los ríos de la selva pluvial tropical contienen conductividades muy bajas (menos de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Las lagunas costeras influenciadas por corrientes marinas y aguas subterráneas presentan conductividades superiores a los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Prácticamente los mismos iones que existen en la tierra también se encuentran en el agua; por ello, la composición química de un cuerpo de agua refleja la naturaleza geoquímica del terreno que la contiene.

Bajo condiciones naturales, en ecosistemas acuáticos de alta montaña, a medida que aumenta la conductividad disminuye la diversidad de especies. Un aumento de sales en el agua provocado por actividades humanas produce el mismo efecto. Para un limnólogo experimentado, la conductividad y el pH son dos de las medidas que más aportan acerca de la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático.

La conductividad se convierte, así, en una medida útil para determinar la calidad del agua.



Capítulo 3

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos

El ecosistema acuático es el resultado de la interacción de los organismos que allí viven con la calidad fisicoquímica del agua, la atmósfera y el medio terrestre que lo rodea. El agua, el compuesto más abundante sobre la tierra, posee unas características físicas y químicas que la hacen fundamental y única para el desarrollo de la vida tal como se conoce en este planeta. Por tanto, cualquier alteración que el hombre cause en ella, repercute en la estructura de las comunidades que la habitan. El agua tiene, además, la capacidad de transporte rápido de todo tipo de sustancias incomparable con cualquiera otra sustancia sobre la Tierra.

Tipos de hábitat acuáticos

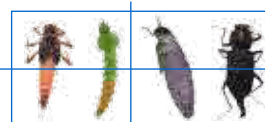
El *hábitat* se refiere al lugar específico en que vive un organismo; el *nicho*, al papel que desempeña en la comunidad. En otras palabras, el limnólogo debe saber dónde encontrar los macroinvertebrados acuáticos y conocer sus relaciones con los demás organismos. Los hábitats acuáticos son muy variados y a cada uno de ellos corresponde una comunidad determinada. Así por ejemplo, unos viven adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación;

otros habitan en las orillas, adheridos a la vegetación emergente o sumergida. Unos viven sobre la superficie del agua, en tanto que otros nadan en ella como los peces. Otros se entierran en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. Unos prefieren corrientes rápidas, en tanto que otros lo hacen en aguas quietas o en remansos de los ríos. La fauna acuática que se encuentra en remansos es, por tanto, muy diferente a la de corrientes, así como la de fondos lodosos, pedregosos o en zonas ribereñas.

Por ello es básico que cuando se realicen estudios para evaluar la calidad del agua, estos consideren todos los posibles hábitats presentes en área de muestreo.

Los ecosistemas *lóticos* se refieren a los ríos, quebradas y arroyos donde las corrientes rápidas juegan un papel importante en la distribución de los macroinvertebrados. Los organismos aquí presentes, por lo regular, tienen adaptaciones corporales como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados para resistir la velocidad de la corriente.

Los ecosistemas *lénticos* son aquellos de aguas quietas o estancadas como lagos, lagunas, embalses. Los remansos de los



ríos y quebradas se comportan en general como hábitats lénticos dependiendo de la geomorfología del cauce. Estos ecosistemas por lo general presentan abundante vegetación ribereña y sumergida, lo que ofrece un variado hábitat para gran número de organismos, siendo más frecuentes los hemípteros, odonatos y coleópteros que ciertos dípteros, moluscos y cangrejos.

La zona *profunda* de los lagos por lo regular ofrece condiciones estresantes por la falta de oxígeno y por la acumulación de

gases tóxicos, por eso la fauna que allí se encuentra en la mayoría de los casos es poco variada, pero los individuos presentes pueden ser abundantes.

La zona *limnética* se refiere a la región de aguas abiertas, alejada de la orilla (muy obvia en los lagos) que puede observarse en los grandes ríos. Allí, la fauna de macroinvertebrados es prácticamente inexistente o se reduce a unos pocos individuos adaptados para nadar en la superficie (figura 3.1).

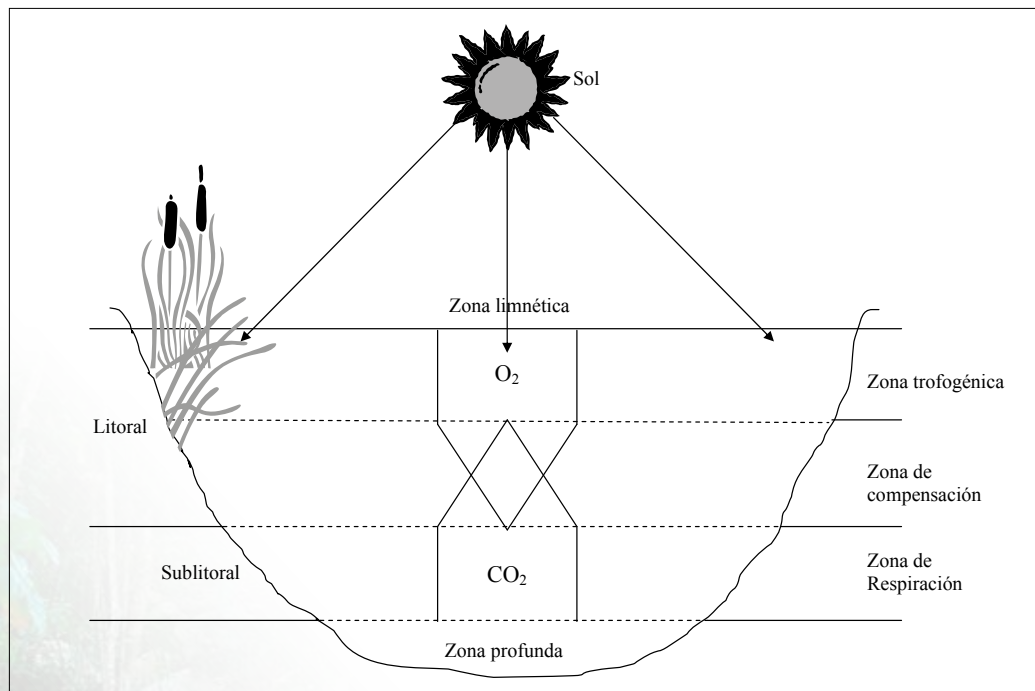
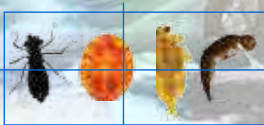


Figura 3.1 Zona de un ecosistema acuático léntico

Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente; de ahí que reciban diferentes nombres de acuerdo con este tipo de adaptación.

Neuston. Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, *doblan* la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae y Mesoveliidae (figura 3.2).



Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

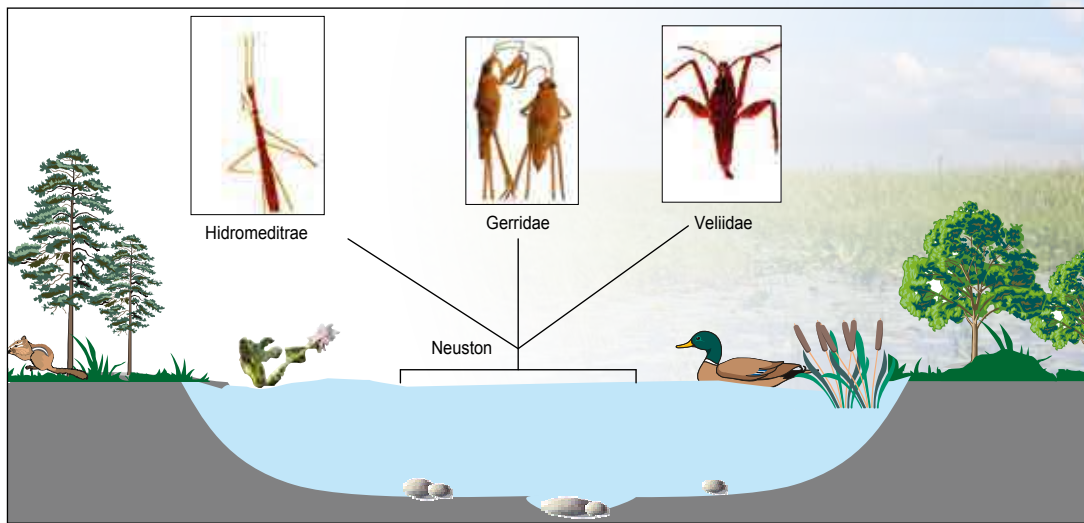


Figura 3.2 Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático

Necton: Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos se encuentran: *Corixidae* y

Notonectidae del Orden Hemiptera; *Dytiscidae*, *Gyrinidae* e *Hydrophilidae* del orden Coleoptera y *Batidae* del Orden Ephemeroptera (Figura 3.3).

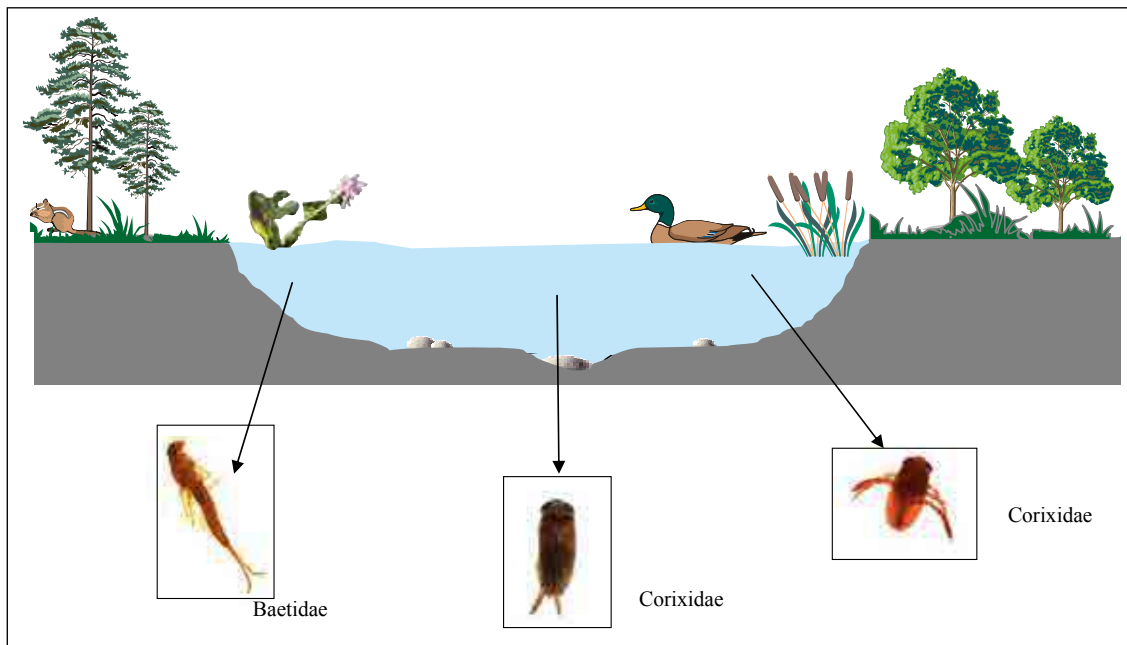
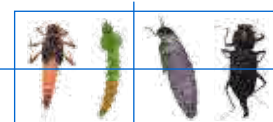


Figura 3.3 Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático



Bentos. Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. Los principales órdenes representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Diptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de pro-

fundidad, como la familia *Euthyplociidae* (Ephemeroptera). Otros, como la familia *Blephariceridae* (Diptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata (Zygoptera) se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente (figura 3.4).

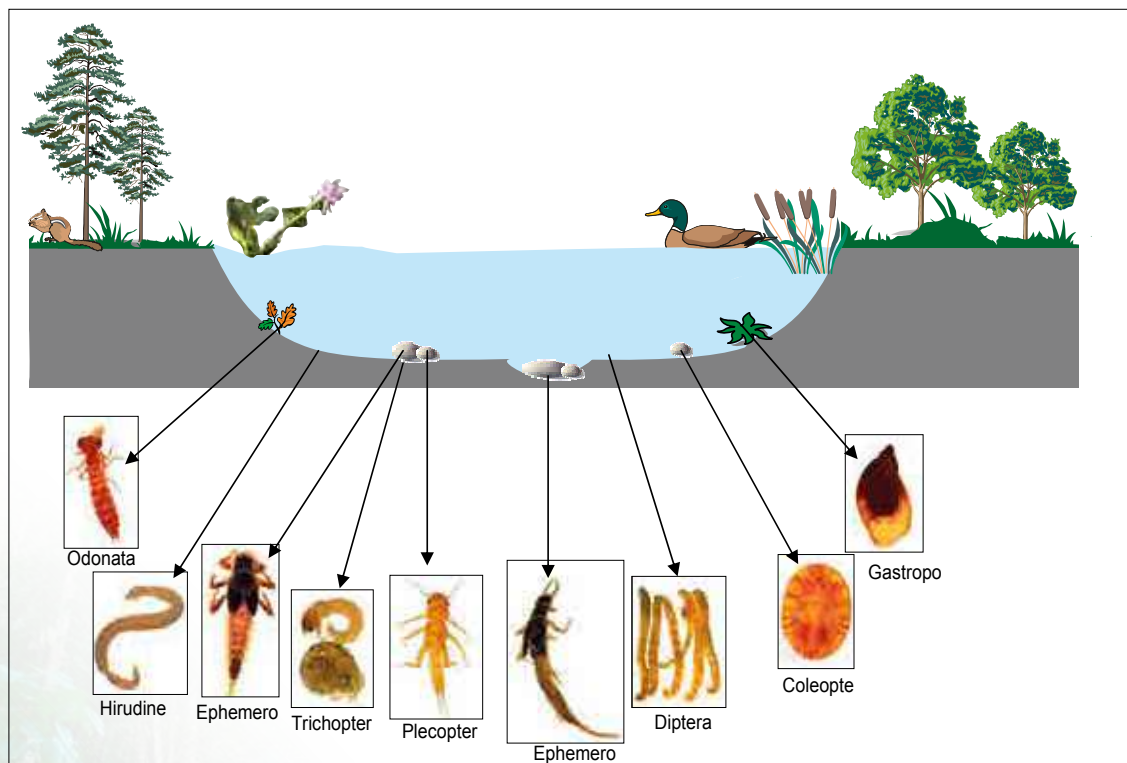
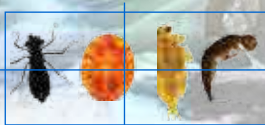


Figura 3.4 Macroinvertebrados representantes del benton en un ecosistema acuático

Adaptaciones a la vida en el agua

Puesto que los macroinvertebrados acuáticos deben tomar el oxígeno disuelto en el agua, es fundamental que estos organismos presenten adaptaciones estructurales y fisiológicas que les permitan llevar a cabo este proceso. Por tanto, problemas de contaminación que disminuyan los niveles de oxígeno en el agua, son letales para la mayoría de los organismos que allí habitan.

Respiración hidropnéustica. Consiste en tomar directamente el oxígeno disuelto en el agua a través de la piel o de agallas filamentosas. Este es el tipo de respiración que realiza la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos. Se ha observado cómo algunos organismos que viven en aguas con déficit de oxígeno, por ejemplo las ninfas de *Euthyplocia* y *Campylocia*, poseen agallas enormemente desarrolladas, como una compensación para una mayor área de exposición y captación del poco oxí-



geno disponible. Las pupas de *Simulium* cuentan con espiráculos funcionales con prolongaciones torácicas ramificadas llamadas *agallas espiraculares* que les sirven

para realizar respiración aeropnéustica en caso de que el medio comience a secarse (figura 3.5).

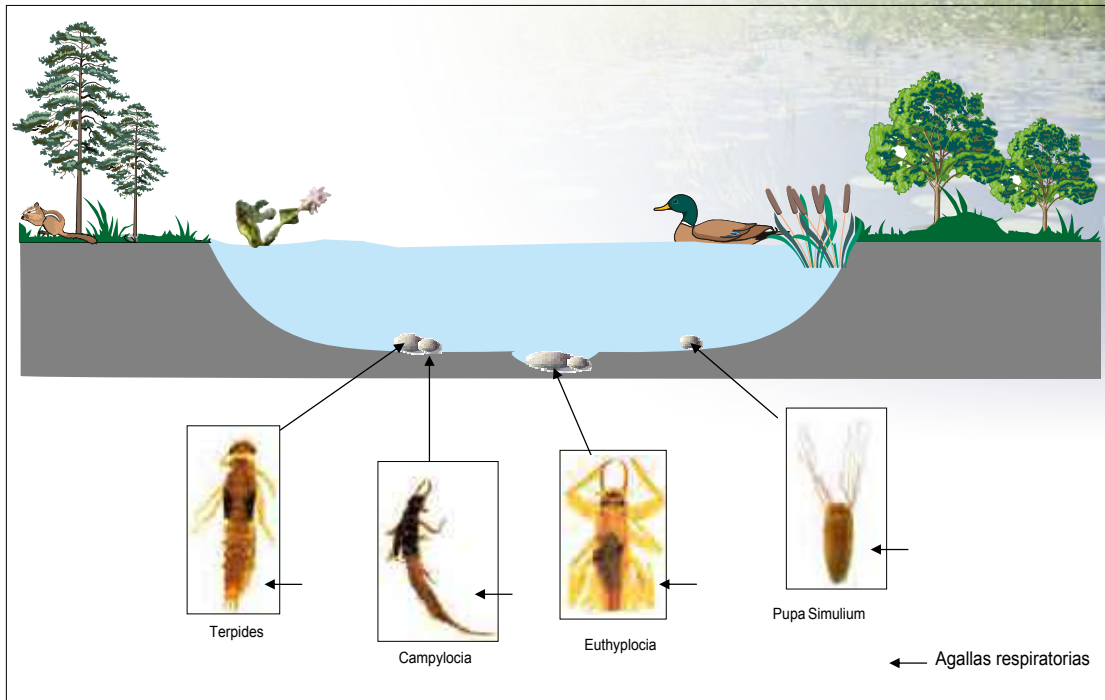
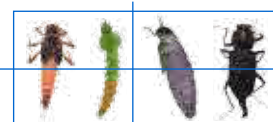


Figura 3.5 Adaptaciones de los macroinvertebrados acuáticos a la respiración hidropnéustica

Respiración aeropnéustica. Es el tipo de respiración que realizan algunos organismos acuáticos, que toman el oxígeno directamente del aire; por ejemplo, *Culicidae* y *Syrphidae* que tienen unos sifones respiratorios que les permiten estar por períodos prolongados en contacto con la superficie del agua. Organismos como estos no servirán como indicadores de aguas deoxigenadas. Otros organismos como los de la familia *Dytiscidae* y *Elmidae* (Coleoptera) nadan hasta la superficie donde toman burbujas de aire que conservan debajo de los élitros y les sirve de reserva de oxígeno durante varias horas. Ciertos coleópteros y

lepidópteros poseen espiráculos ensanchados que les sirven para almacenar aire y así resisten períodos prolongados debajo del agua (figura 3.6). Ciertos hemípteros y coleópteros tienen sus cuerpos cubiertos por escamas y pelos microscópicos que no se humedecen, lo que les permite mantener secos los espiráculos y así tener siempre una reserva de aire. Esta adaptación consiste de una estructura llamada *plastron*. Otros organismos como la familia *Polymitarcidae* perforan tallos esponjosos donde se alojan por períodos prolongados y donde toman el oxígeno del aire allí acumulado.



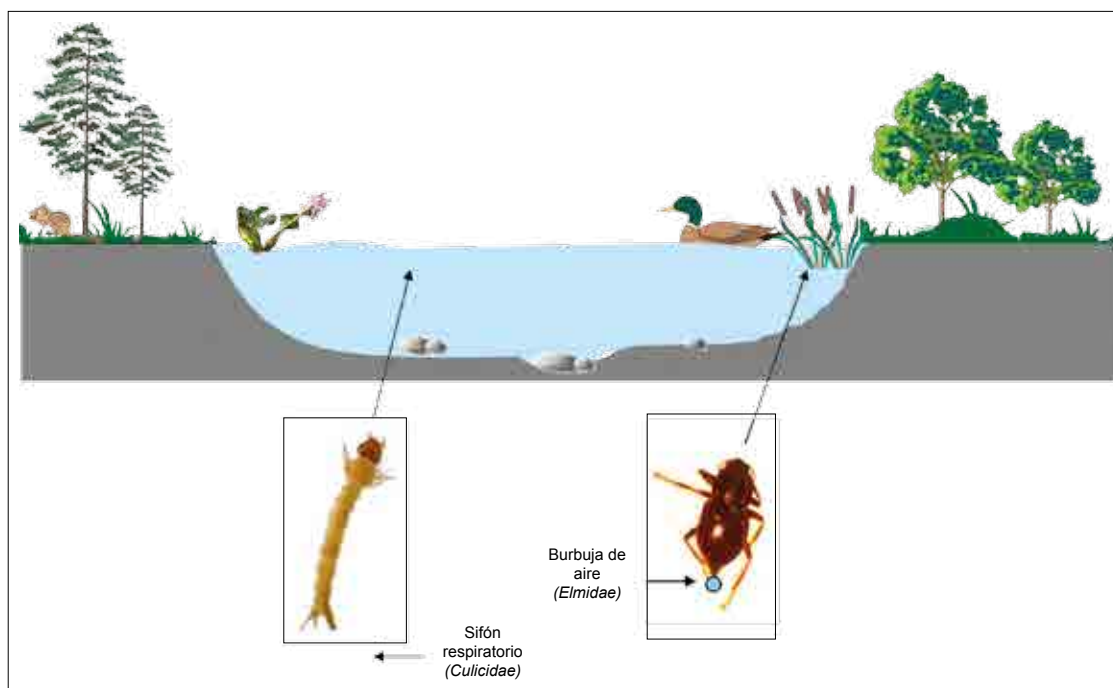


Figura 3.6 Adaptaciones de los macroinvertebrados acuáticos a la respiración aeropnéutica

Regulación osmótica

Esta, también llamada osmorregulación, se refiere al mantenimiento de concentraciones específicas de sales o iones en el interior de las células. En los procesos metabólicos se pierden sales que deben reemplazarse, por eso, la concentración de las sales en el medio acuático, donde viven los macroinvertebrados, juega un papel importante en el establecimiento del equilibrio osmótico. Un aumento de salinidad en el medio (concentración hiperosmótica) sería fatal para la mayoría de los organismos que allí viven.

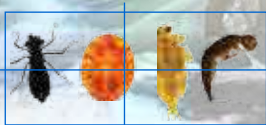
Adaptaciones alimenticias

Al igual que en los ecosistemas terrestres, los ecosistemas acuáticos funcionan con base en el principio de *comer y ser comido*. Los herbívoros o consumidores de pri-

mer orden son aquellos que se alimentan de vegetales; en este caso la fuente de alimentación son las algas y las plantas acuáticas. Los carnívoros o consumidores de segundo, tercero o de órdenes superiores, se alimentan de otros animales. La trama alimenticia en el agua es especialmente débil, pues los organismos más sensibles a las perturbaciones antrópicas son los primeros en desaparecer, lo cual causa un desequilibrio en las cadenas alimenticias. Así, algunos organismos podrían desaparecer al ser eliminados aquellos que son su fuente inmediata de alimento.

Daños causados por el hombre en los ecosistemas acuáticos

Las fuentes más importantes de perturbación y contaminación de los ecosistemas



acuáticos y originados por las actividades humanas son: la deforestación y los residuos sólidos y líquidos de origen doméstico, industrial, agrícola y minero. Estas perturbaciones se pueden resumir de la siguiente manera:

1. *Directo al lecho del río:*

- Regulación del flujo y desviación.
- Destrucción del hábitat: dragado, revestimiento, canalización, presas.
- Alteración de la temperatura, del pH, de la salinidad y similares.
- Vertimiento de aguas de origen doméstico.
- Vertimiento de tóxicos (metales pesados, pesticidas).
- Elementos radiactivos.
- Manipulación de la cadena alimenticia (introducción de especies exóticas).

2. *Indirecto:*

a. En el área de captación.

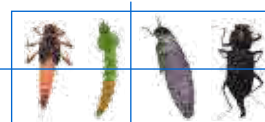
- Deforestación (erosión, arrastre de sedimentos).
- Quemas.
- Construcción de vías.
- Sustracción de agua y canales de desvío.
- Contaminación del aire (lluvia ácida).
- Prácticas agrícolas.

b. En la zona riparia.

- Insolación (efectos en la productividad primaria).
- Alteración de la temperatura del agua.
- Alteración de la dinámica de los nutrientes.
- Aportes alóctonos.
- Dinámica de los sedimentos.
- Morfología del cauce.

Los anteriores efectos pueden medirse y cuantificarse mediante el uso de los bioindicadores, cuyo valor y peso han sido previamente definidos.

Prat & Ward (1994) plantean los diferentes grados de perturbación causados en los ecosistemas acuáticos y las comunidades correspondientes a cada uno de ellos. Se establece la forma como cambian las comunidades de macroinvertebrados en la riqueza de especies, en la diversidad y en la productividad. Así, las comunidades naturales se caracterizan por ser diversas y heterogéneas. Cuando se presenta una perturbación moderada, comienzan a aumentar especies tolerantes y a disminuir las intolerantes; puede presentarse, además, un aumento de depredación. Con perturbaciones altas, desaparecen las especies intolerantes y las tramas alimenticias se hacen cada vez más lineales. Cuando la perturbación es demasiado alta, solo quedan unas pocas especies, representadas por abundantes organismos. En situaciones extremas, únicamente se encuentran microorganismos como bacterias, algas y ciliados.



Sustancias tóxicas

Algunas sustancias pueden causar la muerte instantánea de los organismos; otras, acumularse paulatinamente en los tejidos, que si bien no les causan la muerte, pueden pasar a lo largo de las cadenas alimenticias y provocar intoxicaciones graves en el hombre y aun la muerte. Sustancias como el DDT (dicloro difenil tricloroetano) pueden encontrarse en el agua en concentraciones menores de 0.2 mg/l, pero en el tejido de los peces pudo haberse acumulado cientos de veces más. Ciertas sustancias como los compuestos de metales pesados (por ejemplo, cobre, zinc, mercurio, etc.) son supremamente tóxicos y pueden causar muertes masivas de organismos, o al ser acumuladas en las cadenas alimenticias, pueden llegar al hombre provocándole fuertes intoxicaciones y aun la muerte. Este es un caso ampliamente conocido en las regiones de minería de oro donde se utiliza el mercurio como amalgamador de este mineral. El zinc y el cobre provienen normalmente de pesticidas utilizados en la agricultura y en actividades industriales. El plomo es otro contaminante que se acumula en los organismos acuáticos y es vertido al agua por fábricas de baterías y materiales eléctricos.

Los herbicidas también son tóxicos utilizados en la agricultura para erradicar las malezas. Los más utilizados son el 2,4,D, el 2,4,5T, amidas, carbamatos, fenoles, alifáticos y otros. Se ha comprobado que

los insectos, moluscos y crustáceos mueren cuando se ponen en contacto con concentraciones de 0.1 a 3.3 mg/l de 2,4,D y 2,4,5T y los peces son sensibles a concentraciones de 0.5 mg/l de 2,4,D.

Los detergentes, son sustancias tensoactivas que provocan la desoxigenación del agua, además de introducir un exceso de fosfatos que estimulan fenómenos de eutroficación.

Los anteriores tóxicos causan, por tanto, una reducción en la diversidad de las comunidades acuáticas, pero no hay manera de asociar la pérdida de especies con determinadas sustancias. Cuando hay sospechas de que además de la contaminación por materia orgánica e industrial también se encuentran tóxicos, estos deben determinarse con el fin de prevenir daños graves a la salud humana y la de los animales.

La *ecotoxicología* constituye una rama de la ecología acuática, por medio de la cual se determinan los valores mínimos que pueden ser letales para los organismos acuáticos, mediante *bioensayos*. Para ello, ciertos organismos se utilizan como sensores de la contaminación que pueda llevar un cuerpo de agua en un momento determinado. Así, el agua de un río o un efluente doméstico o industrial se hace pasar por acuarios donde se colocan ciertas especies de peces o macroinvertebrados, los cuales provocan una alarma mediante un sistema electrónico cuando los niveles de ciertos contaminantes alcanzan valores letales.



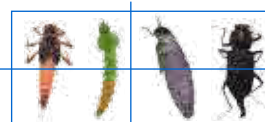
Capítulo 4

La historia de los sistemas de bioindicación

Los primeros esfuerzos para determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en los cuerpos de agua fueron realizados en el siglo XIX por Kolenati (1848) y Cohn (1853), quienes encontraron relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad del agua. Mez (1898) utilizó los microorganismos para este mismo propósito. En el siglo XX, Kolkowitz & Marsson (1908, 1909) sembraron las bases del sistema saprobio para Alemania, que actualmente es adoptado en otros países europeos. Patrick (1949, 1950) propuso métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes, y Gaufin y Tarzwell (1952), a los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de ellas. En las décadas de los años cincuenta y sesenta comenzó a discutirse el concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados de la teoría de la información (Shannon y Weaver, 1949; Simpson, 1949; Brillouin, 1951; Margalef, 1951, 1955, 1956, 1958, 1969; Beck, 1955; Wilhm y Dorris, 1966, 1968; Sheldon, 1969; Wilhm, 1967, 1968, 1970). En dicha teoría se parte de la base de que mientras mayor información se tenga acerca de un hecho, suceso o situación, mayor y más preciso será el entendimiento que se tenga de ello.

Hynes (1959, 1963) presentó los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua e integró la biología a la contaminación acuática. Sládeček (1962) introdujo el sistema limnosaprobio en Checoslovaquia. Illies y Botosaneanu (1963) discutieron los métodos y la zonación de las aguas corrientes y propusieron los términos de ritrón y potamón para referirse a las zonas altas y bajas de los ríos, respectivamente. Este trabajo se considera un clásico de la limnología europea. Woodiwiss (1964) analizó el sistema biológico de clasificación de corrientes usado por el Trent River Board (Directiva para el río Trent), y encontró una alta correlación entre los parámetros biológicos y químicos de la contaminación. Después De Pauw y Vanhooren (1983) discutieron los métodos de evaluación para Bélgica.

Washington (1984) hizo una revisión de los índices de diversidad, bióticos y de similitud con especial referencia a los ecosistemas acuáticos. Presentó dieciocho índices de diversidad, diecinueve índices bióticos y cinco índices de similitud, y analizó su aplicabilidad a los sistemas biológicos. Para él, la mayoría de los índices aún no son por completo satisfactorios. Prat, *et al.* (1986) realizó en España una comparación entre



los índices de calidad del agua: uno que utiliza parámetros fisicoquímicos y el otro, parámetros biológicos, y halló una baja correlación entre ellos.

Karr (1991) introduce el concepto de índice de integridad biológica (IBI), el cual es una herramienta multiparamétrica para la evaluación de las corrientes basada en la comunidad de peces. Armitage y Petts (1992) examinaron la factibilidad de usar puntajes bióticos y las predicciones basadas en el sistema computarizado conocido como RIPACS (River Invertebrate Prediction And Classification System) para valorar la pérdida de fauna béntica (Wright, *et al.*, 1989). Wright (1995) aplicó el método RIPACS en la Gran Bretaña y llegó a la conclusión que no sería válido para otras regiones de Europa, dado que en la isla no existen ríos tan grandes y caudalosos como en el continente.

Barbour, *et al.*, (1995) presentaron un total de 63 tipos de mediciones para la evaluación rápida de los ecosistemas acuáticos. De ellos: 1) ocho corresponden a medidas de riqueza, los cuales se fundamentan en el análisis del número de taxones encontrados; 2) quince se refieren a enumeraciones que son en realidad cálculos basados en porcentajes de determinados taxones; 3) quince corresponden a índices de diversidad y similitud de la comunidad donde están los más conocidos (Shannon y Weaver, 1949; Simpson, 1949; Margalef, 1951); 4) doce se refieren a los índices bióticos, de los cuales los más conocidos son el índice de saprobiedad y el BMWP; 5) diez índices conocidos como mediciones funcionales, en los cuales se considera el tipo de función que desempeñan los organismos en la comunidad, como por ejemplo: colectores, filtradores, trituradores, depredadores, etc.; 6) por último, consideran tres medi-

das denominadas índices combinados, entre las cuales se mencionan el índice de la comunidad de macroinvertebrados, el promedio del puntaje biométrico y el puntaje de la condición biológica.

Resh, *et al.* (1995) desarrollaron en Maryland (Estados Unidos) métodos rápidos de evaluación de la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Tanto este método como el del Reino Unido valoran las condiciones del hábitat y predicen la fauna esperada en un determinado sitio. Trihadiningrum, *et al.*, (1996) utilizaron los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en Indonesia. Alba-Tercedor (1996) adoptó la utilización de los macroinvertebrados acuáticos en los programas de evaluación de la calidad del agua en España, utilizando para ello el índice BMWP adaptado para la península ibérica. Towsand y Scarsbrook (1997) calificaron la perturbación en la corriente en relación con las características de las especies de macroinvertebrados y la riqueza de dichas especies.

Lorenz *et al.* (1997) desarrollaron un sistema de bioindicadores en el río Rin (Alemania) con base en conceptos teóricos que describen los ríos naturales, entre los cuales se consideran la zonación, la hidráulica, el espiral de nutrientes, la jerarquía de tributarios y el concepto de río continuo, entre otros. Munné, *et al.*, (1998) establecieron un índice de calidad en España que valora el estado de calidad de conservación del bosque de ribera (QBR). Se trata de comparar el estado actual del sistema que se estudia con el estado de referencia en el que la diversidad y la funcionalidad del sistema solamente estarían influenciadas por perturbaciones de origen natural. Jacobsen (1998) discutió el efecto de la contaminación orgánica sobre la fauna de macroin-



vertebrados en las planicies ecuatorianas y Wantzen (1998) analizó los efectos de la sedimentación sobre las comunidades bénticas en Mato Grosso (Brasil).

Stubauer y Moog (2000) discutieron las experiencias de monitoreo de la calidad de las aguas en Austria y Moog, *et al.* (2000) analizaron la distribución de macroinvertebrados a lo largo del río Danubio, en el tramo de Austria.

Aceptación de los diversos taxa como indicadores de calidad del agua

Cuando se habla de características ideales de un bioindicador, se observa que solo unos pocos organismos podrían estrictamente satisfacer estos requerimientos. Para definir un bioindicador de calidad de agua, primero debe conocerse la flora y fauna acuáticas de la región de estudio. Así, para regiones de zonas templadas como Europa y Estados Unidos, ya existen organismos plenamente identificados hasta el nivel de especie, con su valor y peso indicativo. Para los países tropicales se tiene solo un conocimiento aun deficiente hasta el nivel de familias y de géneros, y poco o nada en cuanto a las especies.

Ghetti y Bonazzi (1981) consideran los *macroinvertebrados acuáticos* como los mejores bioindicadores de la calidad del agua. Les siguen, en su orden, las algas, los protozoos, las bacterias y en menor grado, los peces, las macrofitas, los hongos y los virus. De Pauw, *et al.*, (1992) y De Pauw y Hawkes (1993) realizaron un análisis de las experiencias en la Unión Europea y encontraron que once países utilizan los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, y la mayoría

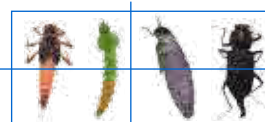
de ellos llegan hasta el nivel de familia. Solo Alemania exige el nivel de especie para el método saprobio.

Las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad del agua son las siguientes:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias, virus, entre otros.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio.
- Responden rápidamente a los tensores ambientales.
- Varían poco genéticamente.

Respuesta de las comunidades de macroinvertebrados a la contaminación

Metcalf (1989) distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las



comunidades de macroinvertebrados a la contaminación. Estos son: el *sapróbico*, el de *diversidad* y el *biótico*.

El enfoque saprobio

Kolkwitz y Marsson (1908, 1909) designaron en Alemania el término *saprobio* (del griego: descompuesto, rancio) para referirse a la capacidad que tenían ciertos organismos de vivir en determinados niveles de contaminación. Distinguieron tres niveles de autpurificación o saprobiedad:

- Zona *polisapróbica*: predominantemente de procesos reductivos.
- Zona *mesosapróbica*: parcialmente reductiva con procesos predominantemente oxidativos.
- Zona *oligosapróbica*: exclusivamente procesos oxidativos.

Posteriormente, estos mismos autores dividieron la zona mesosapróbica en *alfamesosapróbica* para referirse a muy alta contaminación y *betamesosapróbica* para contaminación media. Luego añadieron un quinto nivel que llamaron *cataróbico*, para referirse a aguas muy limpias. Utilizando cerca de 800 plantas y animales saprobiontes, desarrollaron el *sistema sapróbico* de clasificación, así:

- Altamente contaminado = zona *polisapróbica*
- Muy contaminado = zona *alfamesosapróbica*
- Moderadamente contaminado = zona *betamesosapróbica*

- Poco contaminado = zona *oligosapróbica*

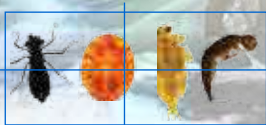
- Sin contaminación = zona *cataróbica*.

Lauterborn (1915) incrementó la lista anterior agregando datos ecológicos y fisiológicos de los organismos. Kolkowitz (1935, 1950) hizo una revisión del sistema saprobio definiendo varios niveles sapróbicos, así: reducción química, oxidación incipiente, oxidación predominante y oxidación total. Finalmente, introdujo otros niveles intermedios:

- *Polisapróbico* / *alfamesosapróbico*
- *Alfamesosapróbico* / *betamesosapróbico*
- *Betamesosapróbico* / *oligosapróbico*

Liebmann (1962) empleó el sistema sapróbico añadiendo cerca de 260 especies más. Seleccionó también especies indicadoras de ácido sulfhídrico H_2S e introdujo además, los análisis de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación y Demanda Bioquímica de $=Oxígeno$ (DBO_5).

Al igual que otros sistemas de bioindicación, el sistema sapróbico se desarrolló para dar un índice numérico, conocido como *índice sapróbico*. En la actualidad en Alemania se utiliza ampliamente el sistema sapróbico como una metodología para evaluar la calidad del agua de todo el país. Cada cinco años se actualizan los mapas de calidad del agua de cada región. Dicha tarea está a cargo de la LAWA (Asociación de los Estados para el Trabajo sobre el Agua) (LAWA, 1996). Específicamente, Braukmann (2000) hizo un estudio de la calidad biológica e hidroquímica del Estado de Baden-Württemberg en Alemania.



En el sistema saprobio se utilizan todos los organismos acuáticos, desde los hongos y las algas hasta los vertebrados, como indicadores de calidad de agua. También se tienen en cuenta algunos aspectos físico-químicos como la DBO_5 , el amonio NH_4-N y el oxígeno disuelto. Igualmente, se incluye el *índice saprobico* el cual es un valor que va de 1.0 a 4.0 y se obtiene mediante la ecuación señalada a continuación:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n Si \times Ai \times Gi}{\sum_{i=1}^n Ai \times Gi}$$

donde:

S = índice saprobico
 i = número de orden de los taxones
 Si = valor de saprobiedad de los taxones
 A = abundancia de los taxones
 G = peso indicativo de los taxones
 n = número de taxones

La ventaja del sistema saprobico es que incluye gran variedad de taxones y es aplicable a todo tipo de ríos.

La desventaja es que los bioindicadores deben emplearse a nivel de especie y en el neotrópico, esta información aún no está disponible.

El enfoque de la diversidad

Incluye tres componentes fundamentales de las comunidades naturales: *riqueza*, *uniformidad* y *abundancia* para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. Una comunidad natural se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y un bajo número de individuos por especie; o un bajo número de especies y muchos individuos de estas. Una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer un bajo número

de especies con un gran número de individuos por especie. Esta situación también se observa en la naturaleza en lugares como en las grandes profundidades de los lagos y el mar, grandes alturas en las montañas y en temperaturas extremas. Basado en lo anterior, la diversidad de la comunidad se considera como una medida de la calidad del agua.

Se han desarrollado varios índices para medir la calidad del agua. Uno de los más conocidos es el de Shannon-Weaver (1949). Este índice refleja igualdad: mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad, mayor es el valor. La fórmula para expresar la *diversidad* según el anterior índice es:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (ni/n) \ln (ni/n)$$

donde:

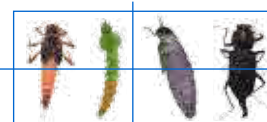
H' = índice de diversidad
 ni = número de individuos por especie
 n = número total de individuos
 $\ln$ = logaritmo natural

Existen otros índices de diversidad como el de Simpson (1949) y el de Margalef (1951), pero al igual que el anterior tienen para nuestro medio la limitante del uso de los organismos a nivel de especie. Por supuesto, si se pueden diferenciar las especies (por ejemplo sp.1, sp.2, sp.3...) se pueden usar estas fórmulas para obtener resultados de manera aproximada. La siguiente es la fórmula para el índice de diversidad de Simpson (1949):

$$I = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)}}$$

donde:

ni = número de individuos por especie
 N = número de individuos



Y para el índice de diversidad de Margalef (1951):

$$I = S - 1 / \log_n N$$

donde:
 S = número de especies
 N = número de individuos
 logn = logaritmo natural

Aunque el concepto de diversidad es muy atractivo, sus resultados pueden variar con los métodos de muestreo, la naturaleza del sustrato y la época del año.

El enfoque biótico

Incluye los aspectos esenciales de la saprobiedad, combinando una medida cuantitativa de diversidad de especies con la información cualitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones de individuos en una expresión numérica simple. Beck (1955) propuso el *índice biótico* en los Estados Unidos basado en la relación entre especies intolerantes y tolerantes a la contaminación; los valores se encuentran entre 0 y 10. Este índice se originó en el Trent Biotic Index (TBI), el cual fue usado por primera vez por el Trent River Board en los años cincuenta y descrito posteriormente por su ponente Woodiwiss (1964).

En el índice biótico de Beck (1955) tenemos:

$$I = 2Si - 2S1$$

Donde:
 Si = número de especies intolerantes
 S1 = número de especies tolerantes a la contaminación (rara vez supera 10)

Pantle y Buck (1955) propusieron un índice basado en el grado de saprobiedad de Liebmann (1951).

Según ellos, el índice de saprobiedad sería:

$$I = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

donde:
 s = grado de saprobiedad (oligo = 1; poli = 4)
 h = abundancia (rara: 1; frecuente: 3; abundante: 5)

Kothé (1962) sugirió un índice basado en el número de especies aguas arriba y aguas abajo después de la descarga. También se conoce como “déficit de especies” o “pérdida de especies”. Para este índice se tendrá entonces:

$$I = \frac{Su - Sd}{Su} \times 100$$

donde:
 Su = número de especies aguas arriba
 Sd = número de especies después de la descarga

Cualquier índice tiene su utilidad y valor de acuerdo con el criterio con que se use y con el conocimiento que se tenga de la fauna local.

Experiencias en la Unión Europea

De Pauw y Hawkes (1993) presentaron un resumen de lo que ha sido el desarrollo de la bioindicación en la Unión Europea a partir de la década de los setenta y en especial de los noventa. La tabla 4.1 muestra la aplicación de los principales métodos para la evaluación de la calidad del agua en la Unión Europea basada en los macroinvertebrados acuáticos. Nótese la simplicidad de los diferentes métodos, los cuales son cualitativos, y la identificación de los organismos solo llega hasta el nivel de familia en la mayoría de los casos. Es importante recalcar que el método consistió en una evaluación rápida del ecosistema y que en



ningún momento pretendía definir los requerimientos ambientales a nivel de especie (véase tabla 4.1).

Las experiencias en Europa y en muchos otros lugares han demostrado que para el

monitoreo rutinaria de los ríos, los métodos biológicos basados en los macroinvertebrados son los más apropiados. Se recomienda, por tanto, utilizar estos métodos cuando las circunstancias lo permitan.

Tabla 4.1

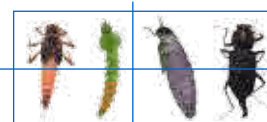
Aplicación de los principales métodos de bioindicación para la evaluación de las aguas corrientes en los países de la Unión Europea con base en los macroinvertebrados

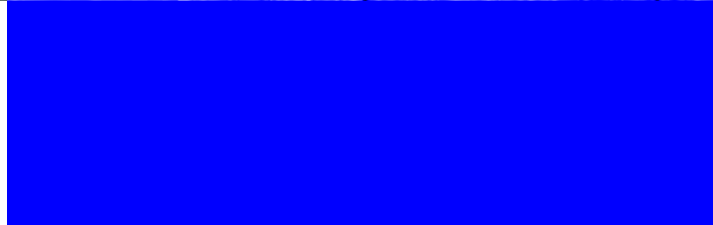
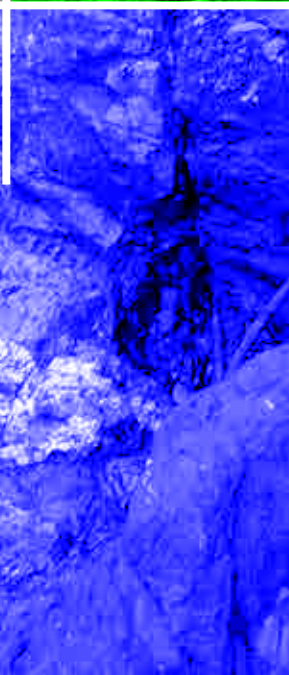
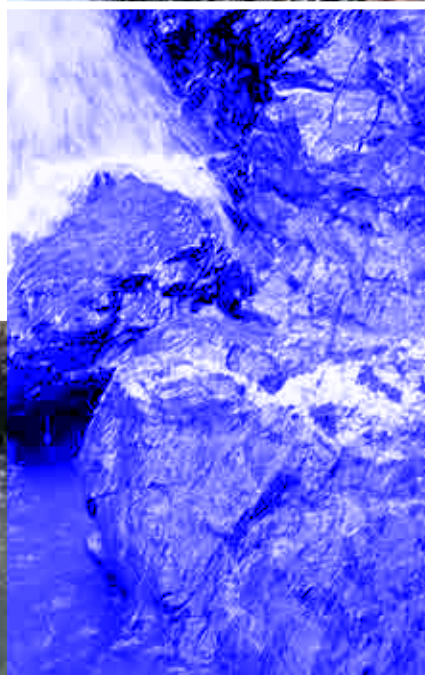
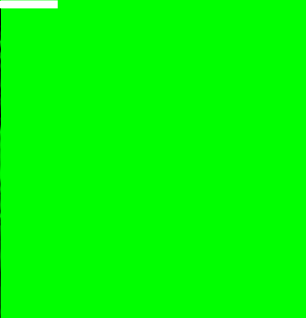
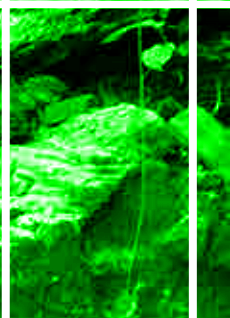
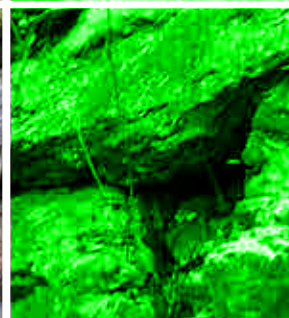
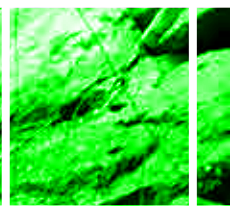
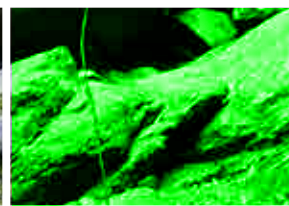
País	Método de indicación	Muestreo	Análisis	Identificación 1	Estándar 2	Rango
Bélgica	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	N	0-10
Dinamarca	D F I	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	1-4
Francia	I B G	Cuant/Cual	Cualitativo	F	N	0-20
Alemania	B E O L / S	Cualitativo	Cuantitativo	S	N	0-100/1-4
Grecia	-	-	-	-	-	-
Irlanda	Q – rating	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	0-5
Italia	E B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	R	0-14
Luxemburgo	I B	Cualitativo	Cualitativo	O F	N	0-10
Holanda	K 135	Cualitativo	Cualitativo	F G S	R	100-500
Portugal	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	-	0-10
España	BMWP'	Cualitativo	Cualitativo	F	-	0->150
Reino Unido	BMWP/ASPT	Cualitativo	Cualitativo	F	N	0->150/0-10

1. O = Orden, F = Familia; G = Género; S = Especie

2. N = Nacional, R = Regional.

- = No hay datos





Capítulo 5

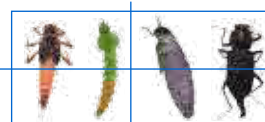
El Método BMWP para Colombia (BMWP/Col)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se requiere invertir. El método solo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1 (Armitage, *et al.*, 1983). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), esto es, el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxa, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución

y la abundancia. Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor (1996) hicieron una adaptación para España y lo denominaron BMWP'.

Teóricamente, una medida ideal de la calidad del agua estaría dada por la determinación del grado de composición al cual una comunidad difiere de la que fue considerada típica para un determinado ecosistema acuático. Usando un modelo computarizado llamado RIPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System) desarrollado en Inglaterra, es posible comparar la comunidad de invertebrados encontrada en un sitio determinado con la prevista en un lugar no contaminado.

La bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldán, *et al.*, (1973), cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín. Posteriormente, Matthias y Moreno (1983) realizaron un estudio fisicoquímico y biológico del mismo río utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bohórquez y Acuña, (1984) realizaron los primeros estudios para la sabana de Bogotá. Roldán (1988) publicó la primera guía para la identifica-



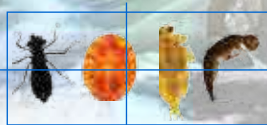
ción de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia, y luego se comprobó su aplicación para la mayoría de los países neotropicales. Roldán (1992) publicó el libro *Fundamentos de Limnología Neotropical* y posteriormente adaptó el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos (Roldán, 1997, 1999). Zúñiga de Cardozo, *et al.*, (1997) hicieron una adaptación de este método para algunas cuencas del Valle del Cauca. Reinoso (1998) realizó un estudio del río Combeima en el Departamento del Tolima. Después, Zamora (1999) realizó una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epi-continentales en Colombia, y, finalmente,

Roldán (2001) adaptó el sistema para la cuenca de Piedras Blancas en el Departamento de Antioquia.

Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, *se propone utilizar el método BMWP/Col como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de montaña*. Se hace énfasis en este punto, pues es en esta región donde se ha trabajado más intensamente y por tanto, la información se considera confiable (Roldán, 1988, 1992, 1997, 1999, 2001). En la tabla 5.1 se presenta la adaptación realizada del BMWP/Col para los macroinvertebrados existentes en Colombia.

Tabla 5.1
Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodiidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydranidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1



A continuación se da un ejemplo de muestreo con el método BMWP/Col. Suponga que se hace un muestreo en una

quebrada en los sitios A, B y C, y se obtienen los resultados que se observan en la tabla 5.2

Tabla 5.2
Aplicación del método BMWP/Col

Sitio A	Sitio B	Sitio C
Oligoneuriidae	Coenagrionidae	Glossiphoniidae
Perlidae	Ancylidae	Physidae
Helicopsychidae	Lutrochidae	Lymnaeidae
Calamoceratidae	Noteridae	Planorbiidae
Blepharoceridae	Aeshnidae	Chironomidae Tubificidae
Odontoceridae	Libellulidae	
Psephenidae	Elmidae	
Chordodidae	Planariidae	
Sphaeridae	Hydropsychidae Gelastocoridae	
Leptoceridae	Tabanidae	
Simuliidae	Mesoveliidae	
Leptophlebiidae		
Baetidae		
Corydalidae		

Si se miran los puntajes de la tabla 5.1 asignados a las diferentes familias, se observa:

Sitio A: se encuentran 9 familias correspondientes a un puntaje de 10, o sea que suman 90 puntos; hay 3 familias con puntaje de 9, o sea 27 puntos y dos familias de puntaje 8, que equivalen a 16, para un total de **133** puntos de valor BMWP/Col. El valor ASPT será 9.5.

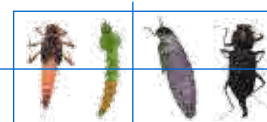
Sitio B: se encuentran 8 familias con puntaje de 6; 5 con puntaje de 3 y 1 con puntaje de 4, para un total de **67** puntos de valor BMWP/Col. El valor ASPT será 5.58.

Sitio C: se encuentran 4 familias con puntaje de 3; 1 con puntaje de 2 y 1 con puntaje de 1, para un total de **15** de valor BMWP/Col. Valor ASPT 2.5.

De acuerdo con la tabla 5.3, el sitio A corresponde a la calidad de agua Clase I (aguas muy limpias); el sitio B a la calidad de agua Clase II (aguas ligeramente contaminadas) y el sitio C a la calidad de aguas Clase V (aguas fuertemente contaminadas).

Mapas de calidad de agua

La tabla 5.3 muestra las cinco clases de calidad del agua resultantes de sumar



la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designa como valores BMWP/Col. De acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se califican las distintas clases de agua, asignándoles a cada una de ellas un color

determinado. Este color es el que se usa luego para marcar los ríos y corrientes en el mapa de la región estudiada, como se puede observar en la figura 5.1 (Objetivos de calidad del recurso hídrico en jurisdicción de la CAR).

Figura 5.1

Objetivos de calidad del recurso hídrico en jurisdicción de la CAR

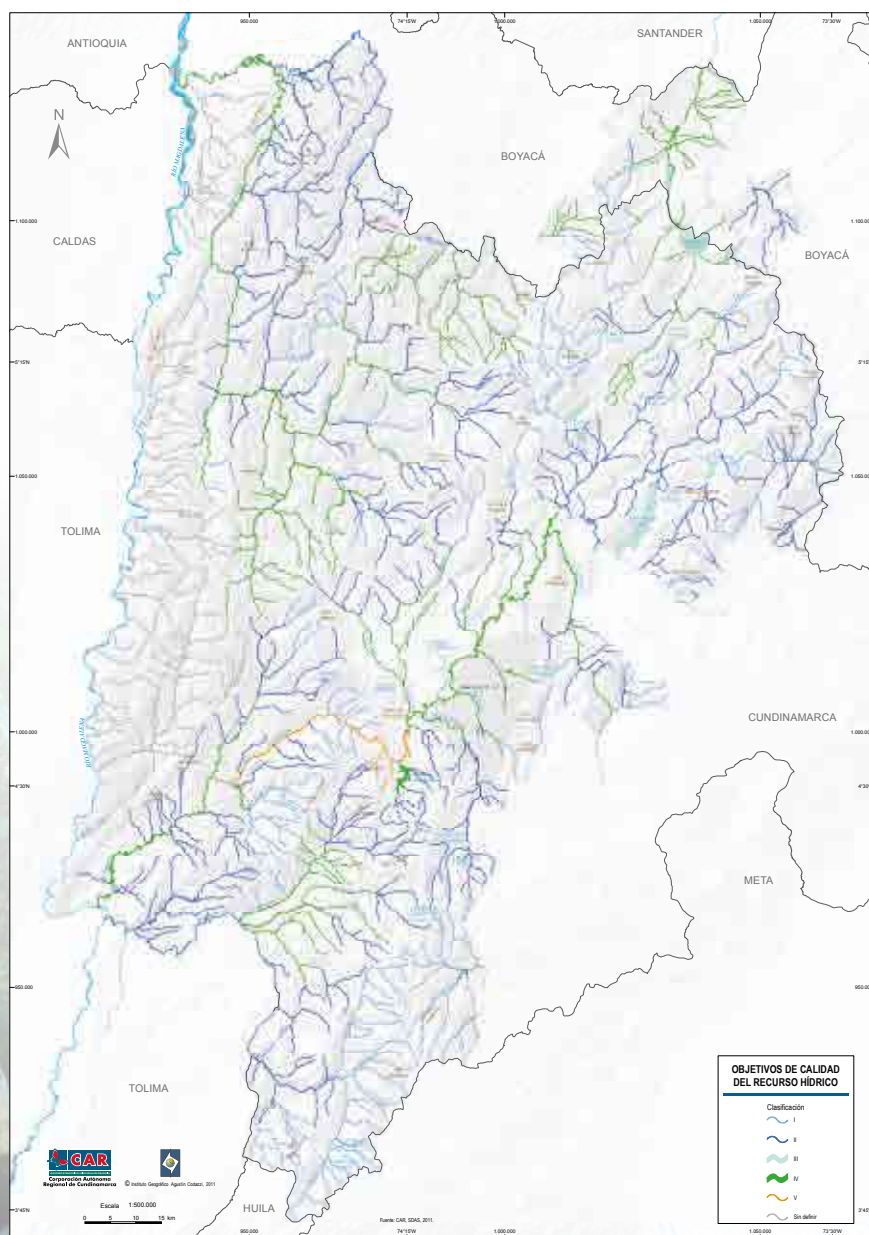
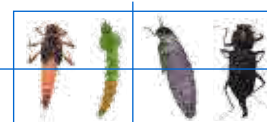
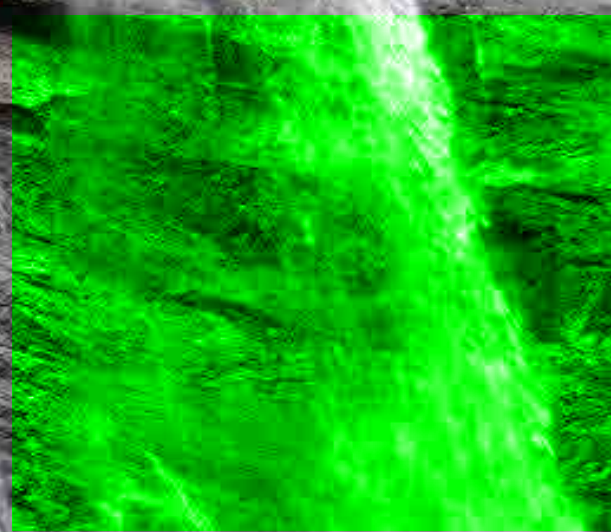
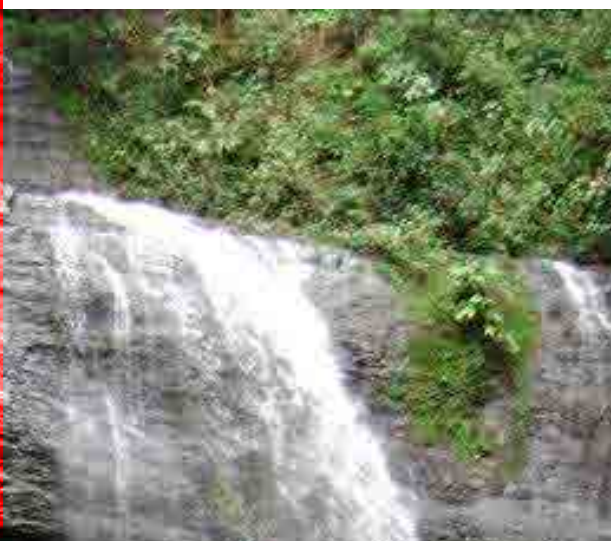
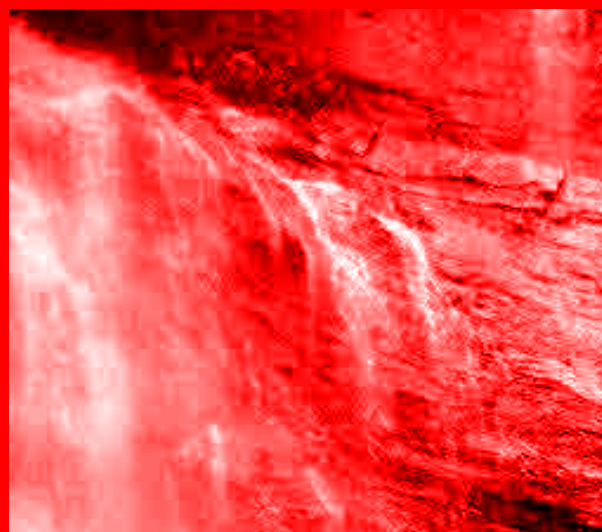


Tabla 5.3.

Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas

<i>Clase</i>	<i>Calidad</i>	<i>BMWP/Col</i>	<i>Significado</i>	<i>Color</i>
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo





Capítulo 6

Métodos de recolección y tratamiento de las muestras

El objetivo fundamental del muestreo consiste en recolectar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados. Para ello deben explorarse cuidadosamente cada uno de los hábitas posibles en cada lugar de muestreo. Esto incluye sustrato de fondo (piedras, arena, lodo, restos de vegetación), macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales (restos de basuras que puedan estar presentes). Para obtener resultados comparables, el esfuerzo de muestreo debe cubrir un área entre 10 y 20 m² y hacerse durante 20 o 30 min.

Muestreo en aguas poco profundas: la red de pantalla es la ideal para obtener en estos hábitas la mayor diversidad posible. Para las orillas es recomendable la red D-net.

Muestreo en aguas profundas: en la mayoría de los casos el muestreo debe hacerse en las orillas hasta un metro de profundidad, moviendo la red de mano (D-net) en forma de barrido sobre la vegetación y el fondo. También se usa la draga Ekman para fondos lodosos.

Muestreo en aguas de poca corriente o estancadas: conviene usar la red de mano de

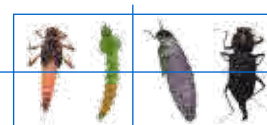
la misma manera que para aguas profundas. El fondo debe barrerse solo superficialmente. Deben recogerse adicionalmente piedras, ramas, hojas y otros objetos que puedan haber en el lugar.

Recomendaciones: a) no muestrear después de lluvias intensas, pues puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente, b) en grandes ríos debe muestrearse en ambas orillas, pues la fauna puede ser diferente debido a la sombra, meandros, composición del fondo y eventual contaminación, c) no debe muestrearse en la confluencia inmediata de dos ríos, sino más abajo de la zona de mezcla, y d) recolectar plantas flotantes o sumergidas para posterior análisis en el laboratorio. A continuación se presentan los diferentes métodos de muestreo de manera detallada.

En el campo

Métodos de recolección cualitativos

Red tipo D-net o triangular: esta red se usa para hacer un “barrido” a lo largo de las orillas o en recodos de la corriente donde



no es posible llegar con la red de pantalla (figura 6.1 a). Tiene la ventaja de que su forma triangular se adapta bien a las superficies irregulares de las orillas. Su uso debe ser intensivo hasta cubrir un área representativa del lugar de muestreo (10 m a lo largo de ambas orillas). El material recolectado se vacía sobre un cedazo, o simplemente sobre una red, para lavar el exceso de lodo o arena y luego se guarda en una bolsa plástica con alcohol al 70% para ser examinado posteriormente en el laboratorio.

Red de mano o pantalla: consiste en usar una red de más o menos 1 m² con un ojo de malla de 500 μ m aproximadamente; la red está sujeta a dos mangos de madera o aluminio tal como lo muestra la figura 6.1 b. Una persona se coloca en contra de la corriente y sustenta la red con ambas manos, mientras la otra, colocada en dirección de la corriente, remueve el fondo con los pies o con las manos (se recomienda usar guantes fuertes para evitar heridas). El material removido se acumula en la red y con él, las larvas que haya en el sustrato. Este procedimiento debe repetirse por lo menos tres veces o hasta que se haya cubierto un área de unos 6 m² aproximadamente. Es recomendable examinar en el mismo campo el material acumulado en la red; de no ser posible por razones de tiempo, se recoge en una bolsa o frasco y se agrega alcohol al 70% para su preservación y posterior separación en el laboratorio.

Recolección manual: consiste en levantar rocas, piedras, ramas sumergidas y troncos en cuya superficie se encuentran numerosos organismos adheridos. Los organismos deben ser tomados con pinzas de aluminio u otro material suave o con la ayuda de pinceles con el fin de no dañar

las estructuras externas de los organismos recolectados. El material se guarda directamente en viales o frascos pequeños con alcohol al 70%. Esta práctica debe repetirse muchas veces hasta cubrir un área que se considere representativa (10 a 15 m²). El muestreo se considera suficiente cuando comienzan a aparecer de manera repetitiva los mismos organismos sobre los sustratos.

Métodos de recolección cuantitativos

Red Surber: consta de dos marcos metálicos unidos por bisagras, uno de los cuales se coloca sobre el fondo del sustrato y el otro queda en posición vertical para sostener una red de unos 80 cm de longitud y con un ojo de malla de aproximadamente 500 μ m (véase figura 6.1 c). El marco que se coloca sobre el fondo de la corriente mide por lo regular de 900 cm² (son referencias de fabricantes), pero puede ser mayor o menor y uno mismo puede construirla; lo importante es disponer de un marco de medidas conocidas para poder calcular el tamaño del área muestreada. Así se podrá conocer posteriormente cuántos organismos se recolectaron por m² y de qué clases. La red se coloca en contra de la corriente y se remueve el fondo con la mano; el material recolectado queda atrapado en la red y se vacía luego en un recipiente con alcohol al 70% para ser separado en el laboratorio. Este procedimiento, al igual que los anteriores, debe repetirse mínimo tres veces en cada estación de muestreo. El material biológico recolectado también puede convertirse en peso seco y expresarlo en g/m².

La red Surber también puede usarse para recolección *cualitativa* colocándola indiscriminadamente sobre varios lugares de



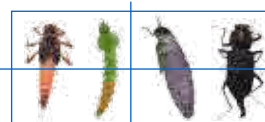
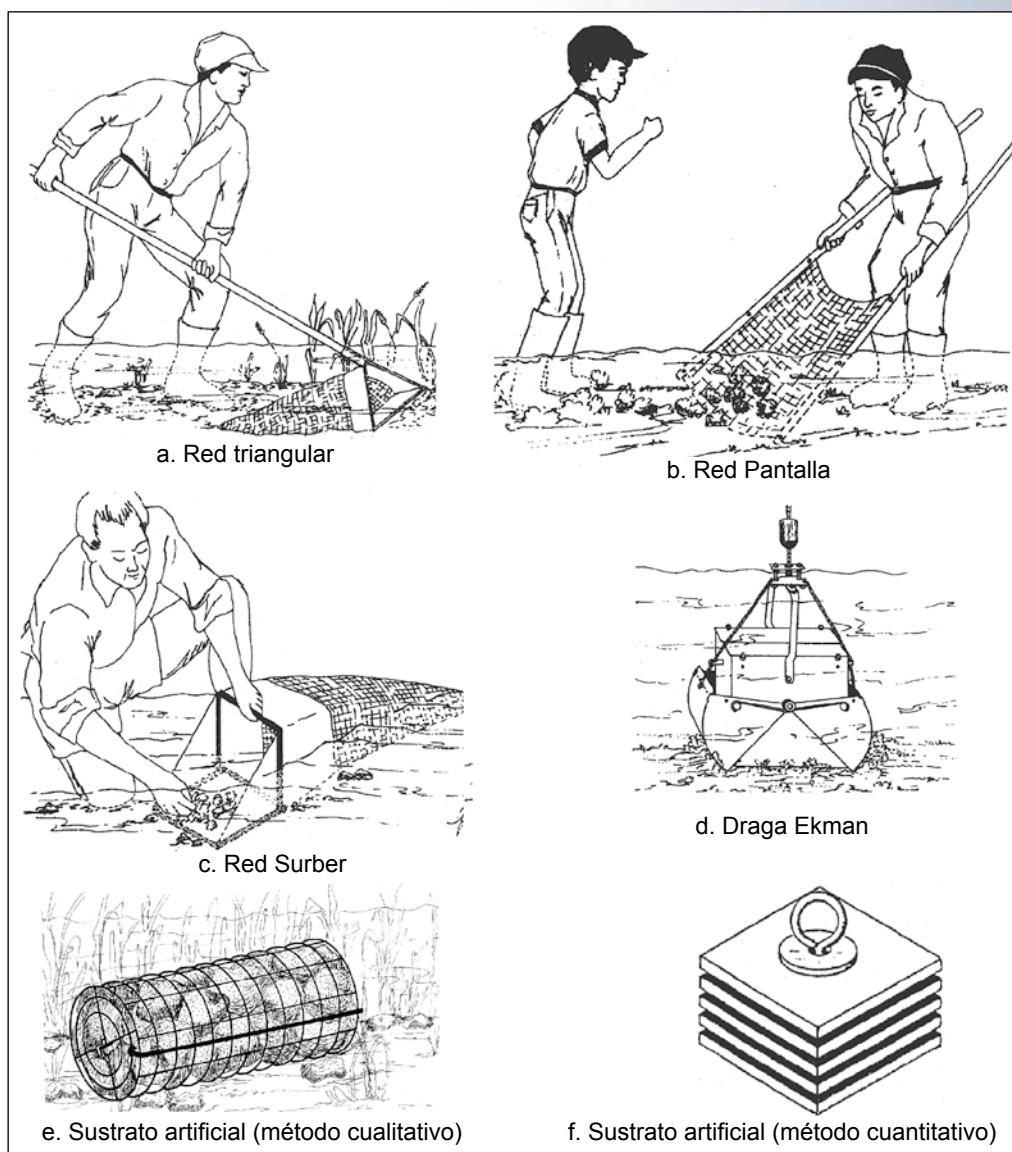
la corriente, pero es importante saber que esta ha sido diseñada para uso cuantitativo.

Draga Ekman: está compuesta por dos estructuras en forma de pala que se cierran mediante el envío de un mensajero o plomada (véase figura 6.1 d). Se utiliza para muestrear fondos blandos (arenosos o

fangosos) y en cada oportunidad recolecta una muestra correspondiente a un área de 640 cm^2 . De nuevo, estas son medidas de fabricante y lo más importante es disponer de un área de muestreo conocida. Este procedimiento, como los anteriores, debe repetirse mínimo tres veces en cada estación de muestreo.

Figura 6.1.

Métodos más usados para la recolección de macroinvertebrados acuáticos



Uso de sustratos artificiales

De Pauw *et al.* (1986) discutieron el uso de sustratos artificiales para muestras estandarizadas de macroinvertebrados en la evaluación de la calidad del agua usando el BBI (Belgian biotic index). Según estos autores, los sustratos artificiales proveen un método alternativo válido para muestrear macroinvertebrados y da la posibilidad de estandarizar el esfuerzo de muestreo, ya que el método de recolección manual con redes, puede ser un poco subjetivo, de acuerdo con la experiencia de quienes lo realizan.

Con el fin de estandarizar los sustratos artificiales como una técnica alternativa de muestreo, se hacen las siguientes recomendaciones:

Usar redes de plástico o de metal y rellenarlas con pedazos de ladrillo o de teja de 4 a 8 cm o con piedrecillas (véase fig. 6.1 e).

Colocar mínimo tres réplicas en cada sitio de muestreo.

El volumen de cada réplica debe ser aproximadamente de 5.000 cm³.

- Será suficiente una exposición por unas tres semanas.
- Colocar tanto en períodos de lluvias como de sequía; pero deben evitarse períodos de lluvias fuertes por el peligro de que los sustratos sean arrastrados por la corriente.
- Los sustratos deben colocarse cerca a las orillas donde puedan sugetarse fuertemente; deben evitarse zonas de turbulencia. Se recomienda hacer obser-

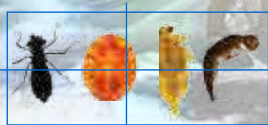
vaciones de rutina sólo para asegurarse de que los sustratos permanecen en el lugar donde fueron colocados.

También pueden usarse sustratos artificiales de área conocida, con el fin de tener muestras cuantificables en términos de número de organismos por metro cuadrado. Para ello se utilizan cuadrículas de madera de 15 x 15 cm (o mayor si se quiere), se perforan por el centro y se unen por medio de un eje con 1 cm de separación entre ellos véase figura 6.1 f). Estas se fijan en la orilla del río siguiendo las mismas recomendaciones dadas arriba para los sustratos artificiales.

En el laboratorio

Para la separación de las muestras, estas se colocan en bandejas blancas, bien iluminadas, y con la ayuda de unas pinzas de punta fina y contextura delicada (por ejemplo, aluminio), para no maltratar los organismos. El sedimento se va removiendo cuidadosamente de un extremo al otro de la bandeja, hasta asegurarse de que no queden organismos. Debe tenerse en cuenta que cuando no se tiene suficiente experiencia, muchos organismos pueden pasar inadvertidos, bien sea por su tamaño o por estar camuflados con los restos de vegetación o sustratos minerales. Este trabajo debe ser realizado o supervisado por personas debidamente entrenadas. Las muestras deben conservarse en alcohol al 70%, en frascos debidamente rotulados.

Cuando se desee mantener larvas vivas en el laboratorio, estas se introducen en un pequeño acuario donde se puede observar en pocos días su emergencia como adultos. El tiempo y la metodología específica varían con los diferentes grupos, por lo que



debe consultarse la metodología para cada caso. Las larvas se recogen en el campo y se transportan vivas al laboratorio tratando de evitar maltratarlas y que el tiempo de transporte sea lo más corto posible.

Protocolo de campo

A continuación se presenta una tabla donde deben consignarse los datos básicos tomados directamente en el campo.

Localidad

Corriente/lago: _____ Municipio: _____ N° Estación: _____

Descripción: _____

Fecha: _____ Hora: _____ Condiciones del tiempo: lluvia, antes o durante el muestreo: _____

Macrohábitat

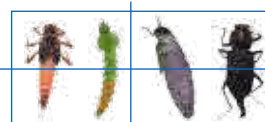
Tipo: crenón (nacimento): ☐ ritrón (río de montaña): ☐ potamón (valles): ☐ canal: ☐
 Ancho (m): menor que 1: ☐ entre 5 y 25: ☐ entre 25 y 100: ☐ mayor que 100: ☐
 Profundidad (m): menor que 0.1: ☐ entre 0.1 y 0.5: ☐ entre 0.5 y 1.0: ☐ mayor que 2: ☐
 Pendiente (%) menor que 1: ☐ entre 1 y 3: ☐ entre 3 y 7: ☐ mayor que 7: ☐
 Velocidad de la corriente: muy rápida: ☐ rápida: ☐ moderada: ☐ baja: ☐ quieta: ☐
 Tipo de sustrato: piedras: más de 20 mm: ☐ grava: entre 2 y 20 mm: ☐
 arena: entre 0.2 y 2.0 mm: ☐ cieno, barro: menor de 0.2 mm: ☐
 Exposición: abierto: ☐ parcialmente cubierto: ☐ muy cubierto: ☐
 Estructura del banco: natural: ☐ raíces: ☐ piedras: ☐ concreto: ☐
 Condición del sustrato: limpio: ☐ con materia orgánica: ☐ restos de vegetación: ☐ Otros: ☐

Fisicoquímicos

Transparencia (Secchi, cm) claro: mayor de 50 ☐ turbio: entre 10 y 50 ☐ muy turbio: menor de 10 ☐
 Color del agua: transparente: ☐ turbia: ☐ muy turbia: ☐
 Temperatura: aire: ☐ agua: ☐
 Oxígeno disuelto: mg/l: ☐ porcentaje de saturación: ☐ pH: ☐ conductividad: ☐
 Técnica de muestreo: D-net: ☐ red de pantalla: ☐ red Surber: ☐ draga Ekman: ☐ manual: ☐
 Área muestreada (m²): ☐ Tiempo de muestreo (minutos): ☐

Biocenosis (microhábitats)

Vegetación acuática: (0) ausente: ☐ (1) escasa: ☐ (2) moderada: ☐ (3) abundante: ☐
 Macroalgas: (0) ausentes: ☐ (1) escasas: ☐ (2) moderadas: ☐ (3) abundantes: ☐
 Macroinvertebrados: (0) ausentes: ☐ (1) escasos: ☐ (2) moderados: ☐ (3) abundantes: ☐
 Alrededores: bosques: ☐ agricultura: ☐ pastos: ☐ área residencial: ☐ industria: ☐
 Descripción: _____





Capítulo 7

Identificación de los macroinvertebrados acuáticos

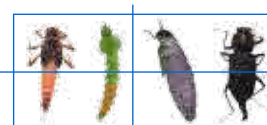
La tabla 7.1 presenta una lista de los macroinvertebrados acuáticos mejor conocidos en Colombia. Las Planchas 1 a 10 recopilan una guía ilustrada donde se muestran las características básicas de los organismos pertenecientes a las diferentes familias y el hábitat. Para cada puntaje de BMWP/Col se incluye la mayoría de los esquemas que ayudan a identificar estos organismos. Recuerdese que los valores de

BMWP/Col se aplicarán en el nivel de *familia* y que la presentación de los géneros tiene como objeto ayudar a comprender la diversidad existente para cada familia y los diferentes hábitats en los cuales se pueden hallar sus representantes. Al final se incluye un suplemento fotográfico de los macroinvertebrados más frecuentes, con el fin de facilitar aún más su identificación.

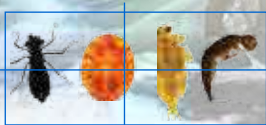
Tabla 7.1.

Lista de los macroinvertebrados acuáticos mejor conocidos en Colombia

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Coelenterata	Hydrozoa	Hidroida	Hydridae	<i>Chlorohydra</i> , <i>Hydra</i>
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	<i>Bopsula</i> , <i>Dugesia</i> , <i>Neppia</i> , <i>Rhodax</i>
Nematomorpha		Gordioidea	Chordodidae	<i>Neochordodes</i> , <i>Pseudochordodes</i>
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Limnodrilus</i> , <i>Tubifex</i>
	Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	<i>Dacnobdella</i> , <i>Hellobdella</i> , <i>Oligobdella</i>
		Hirudiniformes	Ozobranchidae	<i>Bogabdella</i>
			Cyclobdellidae	<i>Blanchiardiella</i> , <i>Cyclobdella</i> , <i>Hypsobdella</i> , <i>Lumbricobdella</i>
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>
			Physidae	<i>Physa</i>
			Planorbidae	<i>Biomphalaria</i> , <i>Drepanotrema</i> , <i>Helisoma</i>
			Ancylidae	<i>Ferrisia</i> , <i>Gundlachia</i> , <i>Uncaneylus</i>
		Mesogastropoda	Hydrobiidae	<i>Aroapyrgus</i> , <i>Cicinatia</i> , <i>Potamopyrgus</i>
			Ampullariidae	<i>Pomacea</i>
			Thiaridae	<i>Melanoides</i> , <i>Pachychilus</i>
	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	<i>Eupera</i> , <i>Pisidium</i> , <i>Sphaerium</i>

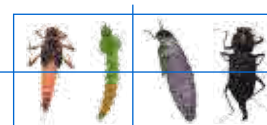


Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis, Baetis, Baetodes, Callibaetis, Cloeodes, Camelobaetidius, Moribaetis, Varipes, Zelusia,</i>
			Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>
			Leptohyphidae	<i>Haplohyphes, Leptohyphes, Tricorythodes</i>
			Leptophlebiidae	<i>Athopophlebia, Farrodes, Miroculis, Terpides, Thraulodes, Simothraulopsis, Traverella, Ulmeritoides,</i>
			Euthyplociidae	<i>Campylocia, Euthyplocia</i>
			Caenidae	<i>Caenis</i>
			Polymitarcidae	<i>Campsurus, Tortopus</i>
			Ephemeridae	<i>Hexagenia</i>
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	<i>Brechmorhoga, Dasythemis, Dythemis, Erythemis, Erythrodiplax, Macrothemis, Miathyria, Micrathyria, Orthemis, Pantala, Perithemis, Sympetrum, Tramea,</i>
			Gomphidae	<i>Agrigomphus, Aphylla, Archaeogomphus, Erpetogomphus, Phyllocycla, Phyllogomohoides, Progomphus</i>
			Aeshnidae	<i>Aeshna, Anax, Coryphaesha, Remartinia, Staurophlebia</i>
			Polythoridae	<i>Cora, Euthore, Kalocora, Miocara, Polythore</i>
			Calopterygidae	<i>Hetaerina, Mnesarete</i>
			Coenagrionidae	<i>Acanthagrion, Argia, Cyanallagma, Enallagma, Ischnura, Telebasis</i>
			Lestidae	<i>Archilestes, Lestes</i>
			Megapodagrionidae	<i>Heteragrion, Heteropodagrion, Megapodagrion, Mesagrion, Philogenia</i>
			Perilestidae	<i>Perissolestes</i>
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>
		Megaloptera = Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>
			Sialidae	<i>Sialis</i>
		Hemiptera	Corixidae	<i>Centrocorixa, Neocorisa, Neosigara, Tenegobia</i>
			Belostomatidae	<i>Belostoma, Lethocerus</i>
			Nepidae	<i>Curicta, Ranatra</i>
			Gelastocoridae	<i>Gelastocoris, Nerthra</i>



Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus, Cryphocricos, Heleocoris, Limnocoris Pelocoris</i>
			Pleidae	<i>Neoplea, Paraplea</i>
			Notonectidae	<i>Buenoa, Martarega, Notonecta</i>
			Saldidae	<i>Micracanthia, Oiosalda, Rupisalda, Saldula</i>
			Veliidae	<i>Euvelia, Huselleya, Microvelia, Paravelia, Rhagovelia, Stridulivelia, Veloidea</i>
			Gerridae	<i>Aquarius, Brachymetra, Charmatometra, Eobates, Eurygerris, Limnogonus, Metrobates, Neogerris, Ovatametra, Potamobates, Rheumatobates, Tachygerris, Telmatometra, Trepobates, Trepobatoides</i>
			Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Mesoveliidae	<i>Esove Mesovelia, Mesoveloidea</i>
			Hebridae	<i>Ebrus Hebrus, Merragata</i>
			Helotrephidae	<i>Paratrephes</i>
		Coleoptera	Dytiscidae	<i>Copelatus, Dytiscus, Eretes, Hydrovatus, Laccophilus, Laccornis, Rhantus, Thermonectus,</i>
			Gyrinidae	<i>Andogyrus, Dineutus, Gyretes, Gyrinus</i>
			Hydrophilidae	<i>Helobata, Helochares, Hydrobius, Hydrochara, Hydrochus, Hydrophilus, Paracymus, Tropisternus, Berosus,</i>
			Elmidae	<i>Cylloepus, Disersus, Elsianus, Heterelmis, Hexacylloepus, Macrelmis, Microcylloepus, Narpus, Neocylloepus, Neelmis, Notelmis, Onychemis, Phanocerus, Pseudodisersus, Stenelmis.</i>
			Noteridae	<i>Hydrocanthus</i>
			Halplidae	<i>Halplus, Peltodytes</i>
			Staphylinidae	<i>Stenus</i>
			Psephenidae	<i>Psephenops</i>
			Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus, Tetraglossa, Stenocolus</i>
			Scirtidae	<i>Scirtes</i>
			Chrysomelidae	<i>Donacia</i>
			Limnichidae	<i>Corrinea, Desmopachria, Eulimnichus, Limnichoderus,</i>
			Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>

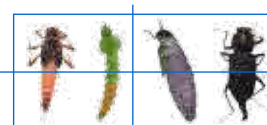


Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda		Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops, Elmoparnus, Helichus, Onopelmus, Pelomonus</i>
			Hydraenidae	<i>Hydraena</i>
		Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>
			Glossossomatidae	<i>Culoptila, Mexitrichia, Mortoniella, Protoptila</i>
			Hydropsychidae	<i>Leptonema, Macronema, Macrostemum, Smicridea</i>
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>
			Hydroptilidae	<i>Alisotrichia, Hydroptila, Leucotrichia, Neotrichia, Ochrotrichia, Oxyethira, Rhyacopsyche, Zumatrichia</i>
			Leptoceridae	<i>Atanatolica, Grumichella, Nectopsyche, Oecetis, Triplectides, Triaenodes,</i>
			Atriplectididae	<i>Neotriplectides</i>
			Anomalopsychidae	<i>Contulma</i>
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>
			Philopotamidae	<i>Dolophilodes, Chimarra, Wormaldia</i>
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus, Polyplectropus</i>
			Xiphocentronidae	<i>Xiphocentron</i>
		Lepidoptera	Pyrilidae	<i>Paragyralis</i>
		Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma, Limnonia, Molophilus, Tipula</i>
			Psychodidae	<i>Clognia, Maruina, Telmatoscopus</i>
			Blepharoceridae	<i>Limnicola, Paltostoma</i>
			Culicidae	<i>Aedes, Aedeomyia, Anopheles, Culex, Uranotaenia</i>
			Dixidae	<i>Dixella</i>
			Ceratopogonidae	<i>Alluadomyia, Atrichopogon, Probezzia, Stilobezzia</i>



Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

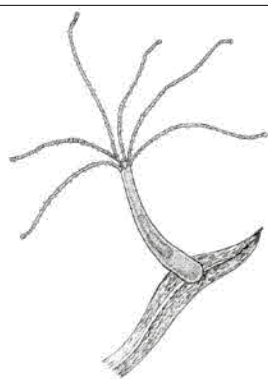
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironominae: Chironomus, Dicrotendipes, Endotribelos, Paracladopelma, Parachironomus, Parantanytarsus, Polypedilum, Pseudochironomus, Tanytarsus, Xestochironomus</i>
				<i>Orthocladinae: Camptocladus, Cardocladus, Corynoneura, Cricotopus, Limnophyes, Lopescladius, Metriocnemus, Nanocladus, Orthocladus, Parakiefferiella, Parametriocnemus, Paratrachocladus, Pseudosmitia, Rheocricotopus, Thienemaniella</i>
				<i>Tanypodinae: Parochlus, Podonomus</i>
				<i>Podonominae: Paraheptagyia</i>
			Simuliidae	<i>Gigantodax, Simulium</i>
			Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>
			Tabanidae	<i>Chrysops, Tabanus</i>
			Empididae	<i>Chelifera, Hemerodromi,</i>
			Dolichopodi- dae	<i>Aphrosylus, Rhabdium</i>
			Muscidae	<i>Limnophora, Lispe</i>
			Sciomyzidae	<i>Sepedon</i>
Arthropoda	Arachnoi- dea	Acari	Lymnessiidae	<i>Lymnessia</i>
	Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>
		Decapoda	Pseudothelphusidae	<i>Hypolobocera</i>
			Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>



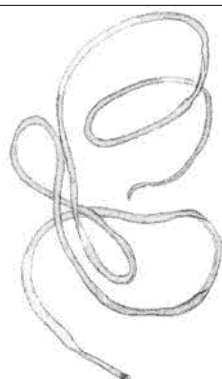
Plancha 1

Puntaje BMWP/Col: 10

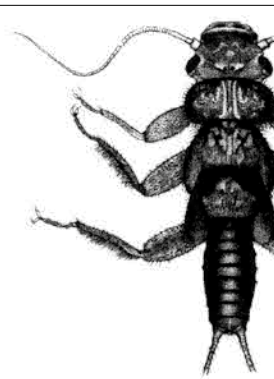
Los organismos con este puntaje de



Hidridae: *Hydra*



Chordodidae: *Neochordodes*



Perlidae: *Anacroneuria*



Oligoneuriidae: *Lachlania*



Gomphidae: *Progomphus*



Gomphidae: *Phyllogomphoides*



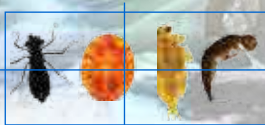
Gomphidae: *Agriogomphus*



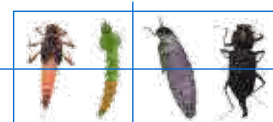
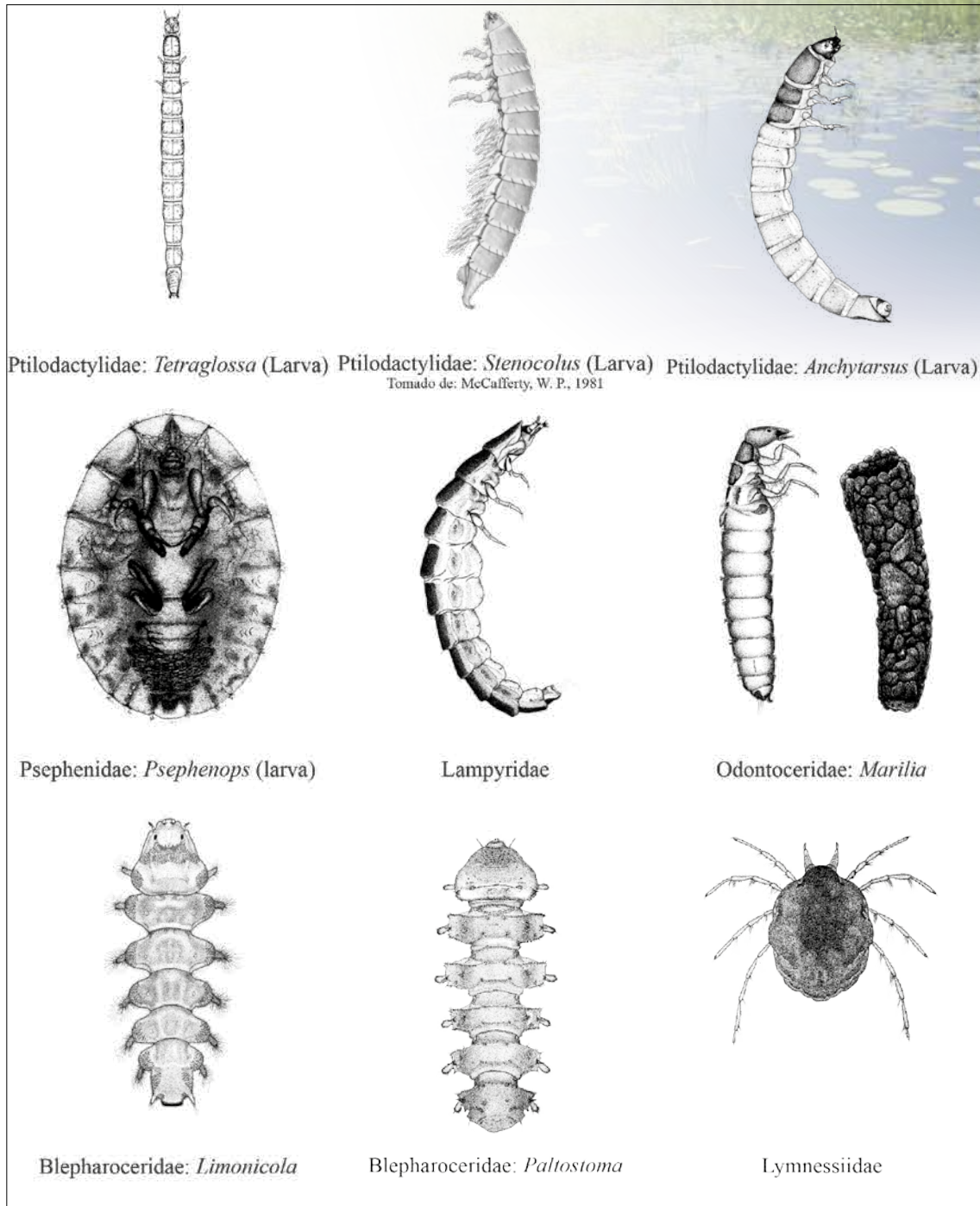
Gomphidae: *Aphylla*



Polythoridae: *Polythore*



bioindicación son propios de aguas muy limpias



COELENTERATA

Hidridae

Hydra

Miden entre 2.0 y 25.0 mm; poseen de cinco a ocho tentáculos. Viven adheridos a sustratos como hojas, ramas y rocas. Son típicos en litorales y aguas poco profundas.

NEMATOMORPHA

Chordodidae

Neochordodes

Miden entre 10.0 y 70.0 mm de longitud. Viven adheridos a la vegetación y debajo de piedras en las orillas de ríos y arroyos. Es difícil encontrarlos, pues se confunden con filamentos de vegetación.

PLECOPTERA

Perlidae

Anacroneuria

Miden entre 10.0 y 30.0 mm; poseen antenas muy largas; las agallas torácicas se localizan en la parte ventral; tienen dos cercis; poseen coloración amarillenta a café oscura. Viven sobre rocas, restos de vegetación, troncos sumergidos y fondos pedregosos.

EPHEMEROPTERA

Oligoneuriidae

Lachlania

Miden entre 10.0 y 22.00 mm; solo tienen dos filamentos caudales; la 1ª agalla abdominal es ventral, las demás son laterales. Habitan en aguas rápidas, debajo de piedras, troncos y hojas.

ODONATA

Gomphidae

Progomphus

Miden entre 21.0 y 29.0 mm; cuerpos muy sucios; las coxas de las patas medias se localizan muy juntas hacia la línea media del cuerpo; antena con cuatro segmentos. Viven en lechos arenosos ligeramente enterrados en el sustrato.

Phyllogomphoides

Miden entre 17.0 y 22.0 mm; el 10º segmento abdominal es un poco más largo que el 9º; la antena tiene tres segmentos; abdomen con ganchos dorsales en los segmentos 2º a 9º y espinas laterales del 7º al 9º. Viven en aguas lóxicas, de fondo arenoso y grava.

Agriogomphus

Miden entre 17.0 y 18.0 mm; tienen cuerpos aplanados y muy anchos; antena con tres segmentos; ganchos abdominales dorsales en los segmentos 3º a 9º y espinas laterales del 3º al 9º. Viven en ecosistemas de aguas corrientes sobre fondos arenosos.

Aphylla

Miden entre 18.0 y 30 mm; el 10º segmento abdominal es cilíndrico y muy largo; más de la mitad de la longitud de los demás segmentos combinados. Viven en ecosistemas lóxicos y lénticos en zonas de deposición.

Polythoridae

Polythore

Miden entre 14.0 y 15.0 mm; agallas caudales y abdominales en forma de lóbulos muy desarrollados; sin ganchos dorsales, setas palpaes ni mentonianas. Viven sobre



residuos vegetales y troncos en descomposición.

COLEOPTERA

Ptilodactylidae

Tetraglossa

Adultos: no aparece la descripción de los adultos de este género en la literatura consultada

Larvas: miden entre 6.0 y 11.0 mm; el 9º segmento abdominal presenta dos apéndices cubiertos de espinas; el ápice del abdomen es emarginado y con proyecciones laterales. Viven en aguas lóaticas, sobre arena, cascajo y residuos vegetales.

Stenocolus

Adultos: presentan el tórax marginado; la cabeza no es retráctil; las mandíbulas son prominentes, con el margen agudo en la parte anterior y dobladas en forma rectangular en el ápice

Larvas: miden entre 5.0 y 9.0 mm; los segmentos abdominales 1º a 7º poseen agallas filamentosas ventrales, cada una con diez filamentos delgados; el 9º segmento abdominal carece de apéndices prénsiles. Viven en aguas lóaticas, en zonas de erosión y deposición de sedimentos.

Anchytarsus

Adultos: el tórax es marginado lateralmente de forma obtusa; la cabeza es retráctil; las mandíbulas no son prominentes, arqueadas en el ápice y sin el margen agudo en la parte anterior.

Larvas: miden entre 6.0 y 12.0 mm; el 9º segmento abdominal tiene dos apéndices cubiertos de espinas y poseen numero-

sas agallas anales; el ápice del abdomen es liso, sin proyecciones. Viven en aguas lóaticas, sobre arena, cascajo y residuos vegetales.

Psephenidae

Psephenops

Adultos: no se encontró la descripción en la literatura consultada.

Larvas: miden entre 2.0 y 6.0 mm; tienen el cuerpo ovalado y segmentado, y son de color amarillento o café claro; las agallas poseen un par de penachos filamentosos. Viven en aguas lóaticas, debajo de piedras, troncos y residuos vegetales.

Lampyridae

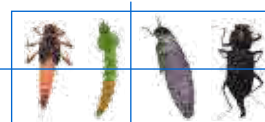
Esta familia es poco conocida; las larvas miden de 3.0 a 15.0 mm; presentan palpos maxilares bien desarrollados, el último segmento abdominal está bien diferenciado; la cabeza está cubierta por el pronoto. Viven en aguas lóaticas y en remansos de corrientes, asociados a la vegetación.

TRICHOPTERA

Anomalopsychidae

Contulma

Miden hasta 8.0 mm; la cabeza presenta una carina delgada en forma aserrada alrededor del margen, interrumpida por el ojo y continúa a través del margen anterior del frontoclípeo y alrededor del vertex; el pronoto posee una carina cerca del margen posterior; uña anal con varios dientes accesorios; fabrican casas tubulares con pequeños granos de arena, a veces con tiritas vegetales adheridas al



borde superior. Viven en aguas lóaticas, en pequeños arroyos.

Atriplectididae

Neoatriplectides

Poseen el tórax muy largo, con el protórax subdividido en 3 partes y el mesotórax es retráctil; la línea ecdisial no es visible; las patas anteriores son pequeñas y las medias y posteriores muy desarrolladas. Viven en zonas de remanso de aguas lóaticas poco profundas.

Odontoceridae

Marilia

Miden hasta 13.0 mm; poseen mandíbulas y palpos labiales prominentes; el mesonoto está dividido en tres pares de escleritos; la cabeza es de forma redondeada en vista dorsal; fabrican casas cónicas con material pedregoso grueso, generalmente con una línea en el medio, indicando discontinuidad. Viven en aguas de poca corriente y fondo pedregoso.

DIPTERA

Blepharoceridae

Limonicola

Miden entre 7.0 y 8.0 mm; el cuerpo es segmentado, tiene discos ventrales de adhesión; el cefalotórax y 1^{er} segmento abdominal están fusionados. Viven preferencialmente en aguas lóaticas, sobre rocas y cascadas.

Paltostoma

Miden entre 7.0 y 8.0 mm; el cuerpo es fuertemente segmentado; las ventosas ventrales están rodeadas de agallas muy desarrolladas. Comparten hábitat con el anterior.

ARACHNOIDEA

Lymnessiidae

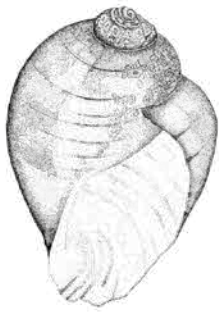
Es un grupo aún poco conocido. El tamaño oscila entre 0.4 y 3.0 mm; poseen forma globular y coloración vistosa; tienen el cefalotórax y el abdomen fusionados. Se encuentran en todo tipo de hábitat acuático. Posiblemente, la familia más común en nuestro medio sea esta.



Plancha 2

Puntaje BMWP/Col: 9

Los organismos con este puntaje son característicos de aguas limpias



Ampullariidae: *Pomacea*



Leptophlebiidae: *Thraulodes*



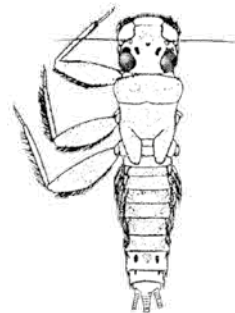
Leptophlebiidae: *Terpides*



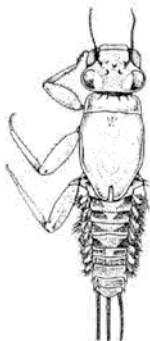
Leptophlebiidae: *Traverella*



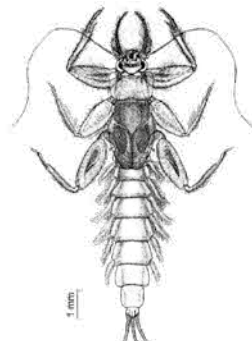
Leptophlebiidae: *Farrodes*
Tomado de: Lugo-Ortiz, C.R. y W.P. McCafferty, 1996



Leptophlebiidae: *Atopophlebia*
Tomado de: Flowers, R.W. 1987



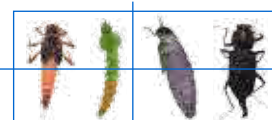
Leptophlebiidae: *Ulmeritoides*
Tomado de: Domínguez, E., M.D. Hubbard y M.L. Pescador, 1994



Euthyplociidae: *Euthyplocia*



Euthyplociidae: *Camphylocia*



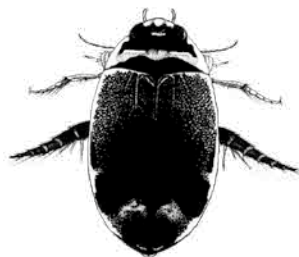
Plancha 2

Puntaje BMWP/Col: 9

Los organismos con este puntaje



Ephemeroidea: *Hexagenia*
Tomado de: Domínguez, E., M.D.
Hubbard y M.L. Pescador, 1994



Dytiscidae: *Thermonectus* (Adulto)



Dytiscidae: *Thermonectus* (Larva)
Tomado de: Bertrand, H., 1972



Dytiscidae: *Dytiscus* (Adulto)
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



Dytiscidae: *Dytiscus* (Larva)
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



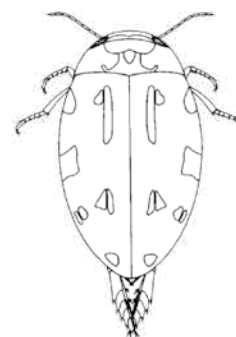
Dytiscidae: *Copelatus* (Adulto)



Dytiscidae: *Rhantus* (Adulto)
Tomado de: Costa, C., et. al., 1988



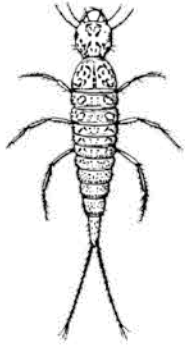
Dytiscidae: *Rhantus* (Larva)



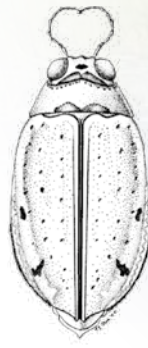
Dytiscidae: *Laccophilus* (Adulto)
Tomado de: Merril, R.W. y K.W.
Cummins, 1984



son característicos de aguas limpias



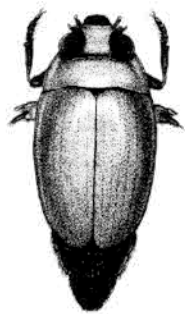
Dytiscidae: *Laccophilus* (Larva)
Tomado de: Bertrand, H., 1972



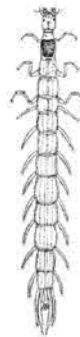
Dytiscidae: *Eretes* (Adulto)
Tomado de: Merrit, R.W. y K.W. Cummins, 1984



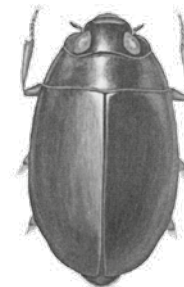
Dytiscidae: *Eretes* (Larva)
Tomado de: Bertrand, H., 1972



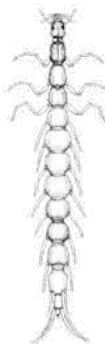
Gyrinidae: *Andogyrus* (Adulto)



Gyrinidae: *Andogyrus* (Larva)



Gyrinidae: *Dineutus* (Adulto)
Tomado de McCafferty, W. P., 1981



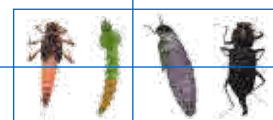
Gyrinidae: *Dineutus* (Larva)



Gyrinidae: *Gyrimus* (Adulto)



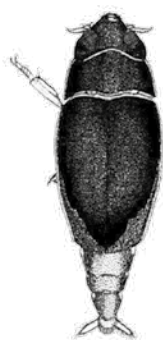
Gyrinidae: *Gyrimus* (larva)
Tomado de Bertrand, H., 1972



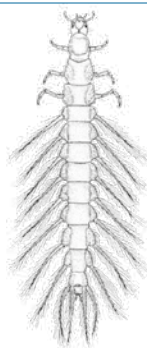
Plancha 2

Puntaje BMWP/Col: 9

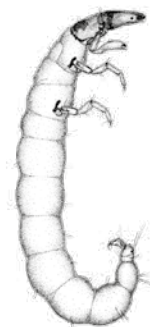
Los organismos con este puntaje son característicos de aguas limpias



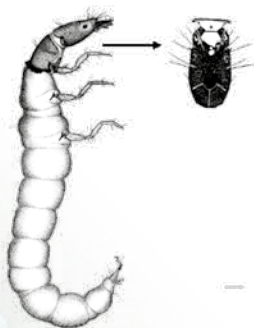
Gyrinidae: *Gyretes* (Adulto)



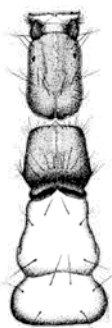
Gyrinidae: *Gyretes* (Larva)
Costa, C., S. A. Vanin y S. A. Casari-Chen, 1988



Hydrobiosidae: *Atopsyche*



Philopotamidae: *Chimarra*



Philopotamidae: *Wormaldia*



Philopotamidae: *Dolophilodes*
Tomado de: Wiggins, G. B., 1977



Polycentropodidae: *Polycentropus*



Polycentropodidae: *Polypsectopus*
Tomado de: Wiggins, G. B., 1977



Xiphocentronidae: *Xiphocentron*



GASTROPODA

Ampullariidae

Pomacea flagellata

Conchas grandes, de 63.0 mm de alto por 50.0 mm de ancho, de forma oval y vueltas redondeadas, de color verde oscuro con bandas rojizas; opérculo grande, oscuro y delgado

EPHEMEROPTERA

Leptophlebiidae

Thraulodes

Miden entre 6.0 y 10.0 mm; agallas bifurcadas del 1° al 7° segmento y disminuyen progresivamente de tamaño; bordes laterales del labrum aguzados. Viven debajo de rocas, adheridos a la vegetación y entre residuos vegetales.

Terpides

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; agallas visiblemente traqueadas. Viven en aguas rápidas y son buenos nadadores; viven dentro de la vegetación de orilla y en residuos vegetales

Traverella

Miden entre 6.0 y 8.0 mm; agallas con márgenes fibriliformes; presentan una prolongación en forma de cuerno en la parte frontal; labrum tan o más ancho que la cabeza en vista dorsal. Viven en aguas turbias y cálidas, entre la vegetación y residuos vegetales

Farrodes

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; tienen agallas lanceoladas y angostas con bordes enteros; poseen espinas posterolaterales en el 8° y 9° segmento abdominal; presentan un reborde en forma de V en el ángulo ante-

rolateral de las maxilas. Viven entre vegetación, troncos y hojarasca.

Atopophlebia

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; agallas del 1° al 6° segmento con flecos en la margen posterior; la del 7° es reducida. Viven en aguas lólicas, adheridos a troncos, hojarasca y en zonas de erosión.

Ulmeritoides

Miden entre 6.0 y 8.0 mm; agallas del 1° al 7° segmento con flecos en sus márgenes y son de igual tamaño. Viven en aguas lólicas, en orillas con vegetación y en fondos con sedimentos.

Euthyplociidae

Euthyplocia

Miden entre 20.0 y 40.0 mm; mandíbulas más grandes que la cabeza; agallas muy ramificadas y desarrolladas; antenas muy largas. Viven en aguas de frías a cálidas, normalmente enterradas en el fondo de las corrientes de fondos arenosos o lodosos.

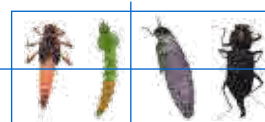
Campylocia

Miden entre 10.0 y 20.0 mm; mandíbulas parecidas a las de *Euthyplocia*, pero antenas más cortas que las de este. Hábitat similar a *Euthyplocia*.

Ephemeridae

Hexagenia

Miden entre 8.0 y 15.0 mm; mandíbulas con colmillos bien desarrollados que se proyectan en forma curva al frente de la cabeza y con setas largas. Las agallas son dorsales, las del 1° segmento pequeñas, las de los demás son divididas y con flecos. Viven en aguas lólicas y lénticas en zonas de deposición de arena y barro.



COLEOPTERA

Dytiscidae

Thermonectus

Adultos: miden 10.5 mm, aproximadamente; la antena es filiforme dividida en 11 segmentos, con el 1º más largo que los demás; la 1ª pata del macho está modificada con una estructura en forma de borla; el margen interno de la 2ª pata tiene setas largas; la 3ª pata tiene en la tibia dos espuelas, es más desarrollada y está adaptada para nadar.

Larvas: miden entre 1.5 y 7.0 mm; la lígula no es tan larga como el 1º segmento del palpo labial; cercis presentes. Viven en aguas lénticas y lóticas con vegetación emergente.

Dytiscus

Adultos: miden entre 20.0 y 40.0 mm; las tibias poseen espinas apicales; las márgenes posteriores de los 1ºs 4 segmentos tarsales son desnudas; los tres segmentos basales del 1º tarso del macho forman una estructura casi redonda; el escutelo es completamente visible. Larvas: miden entre 8.0 y 15.0 mm; la cabeza no es dentada en la parte anterior; lígula ausente o baja; cercis presentes. Viven en aguas lóticas, asociados a la vegetación y zonas de deposición.

Copelatus

Adultos: miden 4.8 mm, aproximadamente; los élitros presentan estrías longitudinales continuas; la cabeza posee prolongaciones en forma de dedos en el margen posterior medio; el proexterno es convexo y carinado, sin surco.

Larvas: el último segmento de la antena presenta 2 lóbulos desiguales; la mandíbula

tiene dientes en el margen interno. Viven en hábitats lóticos y lénticos.

Rhantus

Adultos: miden entre 4.0 y 8.0 mm; el proceso prosternal es convexo o cariniforme; los ojos poseen una hendidura.

Larvas: miden entre 7.0 y 12.0 mm; el último segmento abdominal está cubierto de pequeñas espinas; el 4º segmento de la antena mide más de dos tercios la longitud del 3º. Viven en ecosistemas lóticos y lénticos, asociados a la vegetación y zonas de deposición.

Laccophilus

Adultos: miden entre 3.0 y 7.0 mm; las espinas de la tibia de la 3ª pata son bífidas; el escutelo está cubierto por el pronoto; el último tarso presenta una sola uña.

Larvas: miden entre 5.0 y 9.0 mm; los cercis poseen numerosos pelos secundarios; el último segmento de la antena es simple; la cabeza es estrecha posteriormente y carece de sutura occipital. Viven en aguas lóticas, asociados a la vegetación y zonas de deposición.

Eretes

Adultos: miden entre 8.0 y 15.0 mm; el margen posterolateral de los élitros posee una hilera de pequeñas espinas; el ápice del proceso prosternal tiene punteaduras.

Larvas: miden entre 9.0 y 13.0 mm; la lígula es muy corta y posee cuatro espinas; los segmentos abdominales carecen de agallas, el 7º y 8º segmentos presentan pelos nadadores; la cabeza no cuenta con proyección frontal. Viven en ecosistemas lénticos, asociados a la vegetación y zonas de deposición.



Gyrinidae

Andogyrus

Adultos: miden entre 1.7 y 3.0 mm; los élitros no cubren totalmente el abdomen, presentan ocho estrías inconspicuas, la 1ª es la más visible; escutelo visible, pequeño y triangular; la 1ª pata presenta en la tibia una pequeña prolongación en el ángulo apical externo.

Larvas: miden entre 20.0 y 30.0 mm; la cabeza es semicuadrada con bordes laterales paralelos y cuello estrecho y notorio; el proceso nasal presenta en la parte media un lóbulo no emarginado, con dos dientes pequeños a cada lado. Viven en aguas lóti-cas y lénticas en zonas de remansos.

Dineutus

Adultos: miden entre 9.0 y 15.0 mm; el cuerpo es aplanado; poseen élitros estria-dos pero no punteados; presentan escutelo cubierto.

Larvas: miden entre 5.0 y 10.0 mm; tienen segmentos abdominales con agallas latera-les; la cabeza es de cuello estrecho; el ab-domen cuenta con dos pares de ganchos en el último segmento; el proceso nasal tie-ne un lóbulo medio, el cual es emarginado y con un diente a cada lado. Viven en las orillas; son nadadores y buceadores.

Gyrinus

Adultos: miden entre 5.0 y 7.0 mm; la su-perficie del pronoto y los élitros es de color metálico brillante; escutelo visible, triangular y es más ancho que largo; los élitros cuentan cada uno con diez estrías punteadas visibles.

Larvas: miden entre 5.0 y 8.0 mm; tienen segmentos abdominales con agallas latera-les; el cuello no se distingue: es ancho como

el resto de la cabeza; el abdomen presenta dos pares de ganchos en el último segmen-to; el proceso nasal tiene de dos a cuatro dientes en una hilera transversa. Viven en las orillas; son nadadores y buceadores.

Gyretes

Adultos: miden entre 3.0 y 15.0 mm; el cuer-po es oval y termina en forma cónica y de co-lor negro; el escutelo se encuentra cubierto; los élitros carecen de estrías; los últimos seg-mentos abdominales presentan forma cónica y no están cubiertos por los élitros; el último esternito abdominal tiene una hilera longitu-dinal de pelos en su parte media.

Larvas: tienen segmentos abdominales con agallas laterales; la cabeza es elongada, el cuello no se distingue: es ancho como el resto de la cabeza; el proceso nasal carece de dien-tes. Viven en ecosistemas de poca corriente, asociados a la vegetación de las orillas.

TRICHOPTERA

Hydrobiosidae

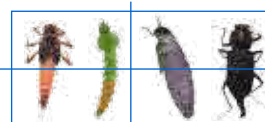
Atopsyche

Miden entre 10.0 y 12.0 mm; las 1ªs patas son muy modificadas; las otras dos tienen escleritos en la base de la coxa; no constru-yen casas. Viven en aguas corrientes sobre material pedregoso.

Philopotamidae

Chimarra

Miden entre 9.0 y 10.0 mm; poseen una depresión asimétrica en el margen ante-rior del clípeo; la coxa anterior presenta un proceso subapical largo y delgado; fabri-can redes tubulares como de seda sobre rocas y piedras. Viven en aguas de poca corriente y fondos pedregosos.



Wormaldia

El margen anterior del clípeo no presenta depresión, es uniformemente convexo; la coxa anterior carece de proceso largo. Viven en aguas de poca corriente y fondos pedregosos.

Dolophilodes

Miden más de 16.5 mm; el 1^{er} trocanter en la parte anterior tiene una proyección en forma de dedo; el margen anterior del clípeo es asimétrico pero no con depresión como en *Chimarra*. Viven en aguas lólicas sobre rocas con musgos.

Polycentropodidae

Polycentropus

Miden hasta 8.0 mm; el esclerito dorsal de la uña anal tiene forma de X; la parte dorsal de la cabeza posee puntos oscuros. Viven

en corrientes, sobre sustratos pedregosos y residuos vegetales.

Polyplectropus

Miden hasta 8.0 mm; la uña anal presenta dientes accesorios; tiene un parche oscuro o sombreado en la parte dorsal de la cabeza. Viven en corrientes, sobre sustratos pedregosos y residuos vegetales.

Xiphocentronidae

Xiphocentron

Miden entre 6 y 8.0 mm; la tibia y el tarso de todas las patas están fusionados; el labio se proyecta más allá del margen de la cabeza; construyen refugios tubulares de finos granos de arena sobre piedras y restos vegetales. Viven en corrientes sobre fondos pedregosos.



Plancha 3

Puntaje BMWP/Col: 8

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas limpias, aunque pueden presentarse algunos de aguas poco contaminadas



Lestidae: *Lestes*



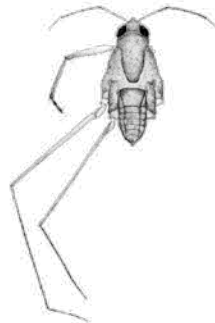
Pleidae: *Paraplea*



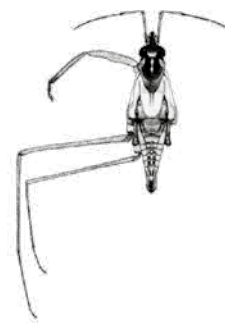
Saldidae: *Micracanthia*



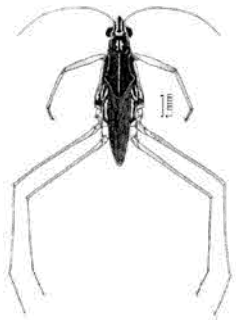
Saldidae: *Oiosalda*
Tomado de: Polhemus, J. T., 1985



Gerridae: *Brachymetra*



Gerridae: *Eurygerris*



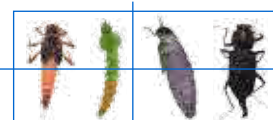
Gerridae: *Limnogonus*



Gerridae: *Charmatometra*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



Gerridae: *Eobates*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



Plancha 3

Puntaje BMWP/Col: 8

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, pueden presentarse algunos



Gerridae: *Aquarius*
Tomado de: Andersen, 1990



Gerridae: *Neogerris*
Tomado de: Merrit, R.W. y K. W. Cummins, 1984



Gerridae: *Ovatametra*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



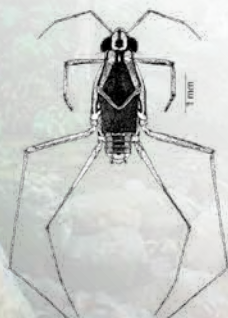
Gerridae: *Tachygerris*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



Gerridae: *Tachygerris*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



Gerridae: *Rheumatobates*
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



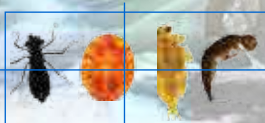
Gerridae: *Trepobates*



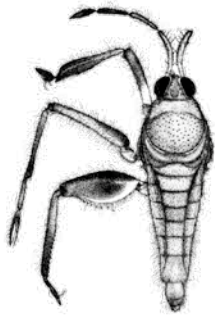
Gerridae: *Telmatometra*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



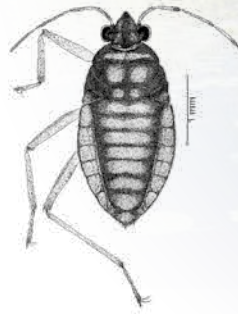
Gerridae: *Trepobatoides*
Tomado de: Hungerford, H.B. y R. Matsuda, 1960



mayoría, característicos de aguas limpias, aunque
de aguas poco contaminadas



Veliidae: *Rhagovelia*



Veliidae: *Microvelia*

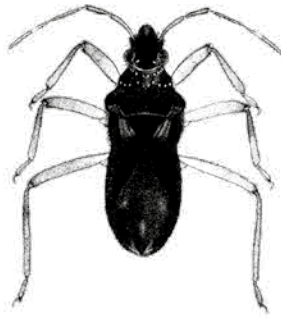


Veliidae: *Huseyella*

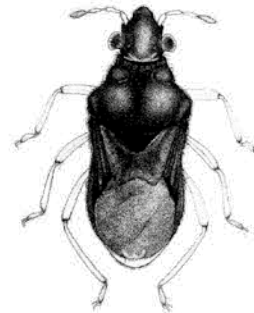
Tomado de: Nieser, N. y M. Alkins-Koo, 1991



Veliidae: *Stridulivelia*



Hebridae: *Hebrus*



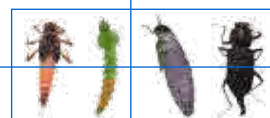
Hebridae: *Merragata*



Calamoceratidae: *Phylloicus*



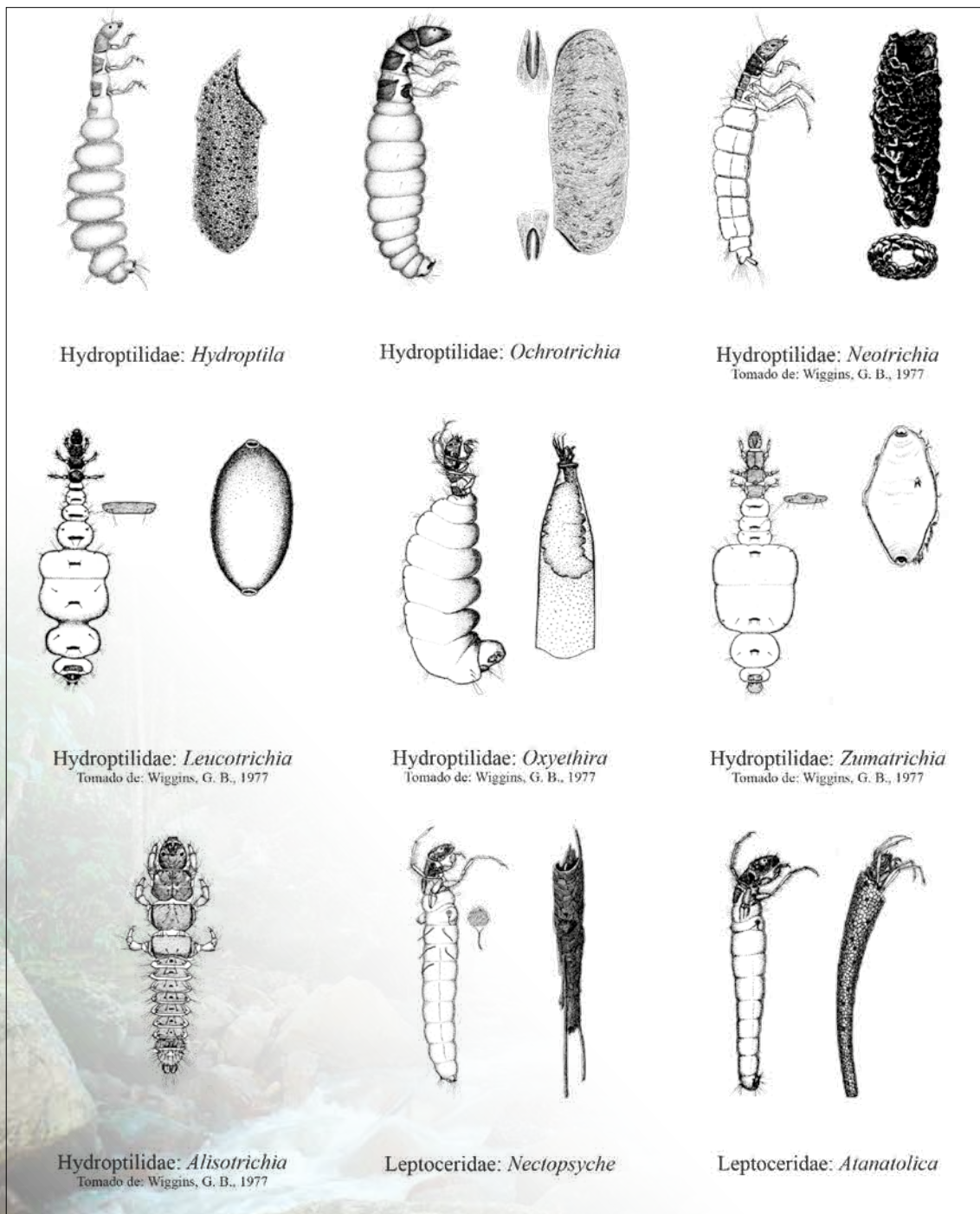
Helicopsychidae: *Helicopsyche*



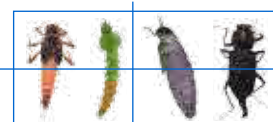
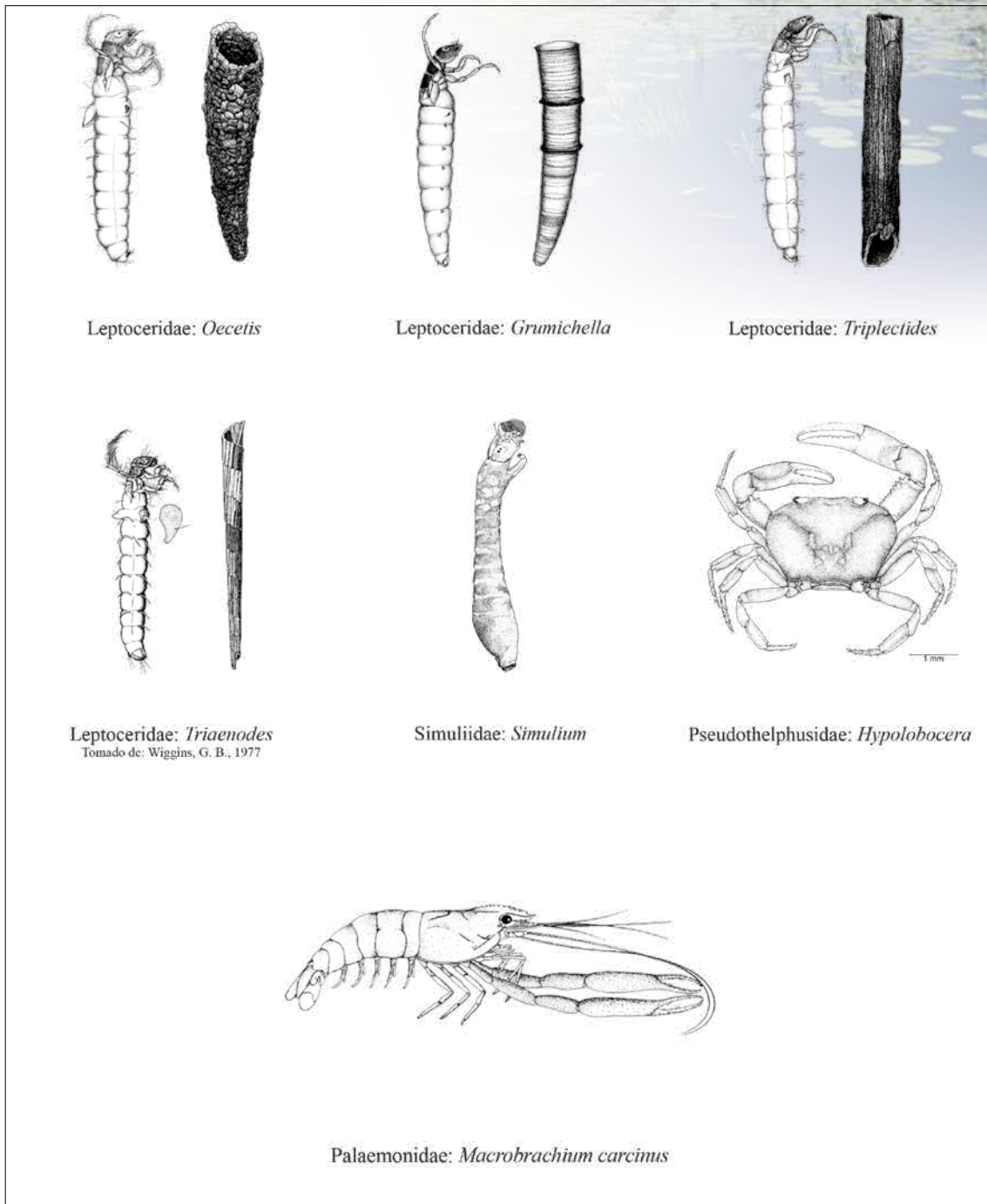
Plancha 3

Puntaje BMWP/Col: 8

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, pueden presentarse algunos



mayoría, característicos de aguas limpias, aunque
de aguas poco contaminadas



GASTROPODA

Hydrobiidae

Conchas pequeñas, de 3.5 mm de alto por 2.0 mm de ancho; turriformes con espira alta; periostraco fino, por lo general de color café, apertura ovalada o redondeada; poseen un opérculo que los protege cuando están contraídos dentro de la concha.

ODONATA

Lestidae

Lestes

Miden entre 16.0 y 18.0 mm, excluyendo las agallas; cabeza dos veces tan ancha como larga; agallas redondeadas en el extremo apical; el mentón llega hasta o sobrepasa la última coxa; lóbulo medio del labio con una hendidura pequeña. Viven en aguas lénticas.

HEMIPTERA

Pleidae

Paraplea

Miden entre 1.5 y 2.0 mm; los hemiélitros forman un caparazón fuertemente convexo y semiglobular con hoyuelitos; presentan dos segmentos en el tarso de la 1ª pata. Viven en aguas lólicas y lénticas con abundante vegetación.

Neoplea

Semejante al género anterior. La principal diferencia es que *Neoplea* presenta tres segmentos en el tarso de la 1ª pata. Comparten el mismo hábitat con el género anterior.

Saldidae

Micracanthia

Miden menos de 3.5 mm; cuerpo ovalado y de color oscuro; membrana de los hemiélitros con cuatro células alargadas; márgenes laterales del pronoto convexas. Viven en charcas, quebradas y aun en aguas saladas.

Oiosalda

Miden 3.0 mm aproximadamente; son de color muy oscuro, casi negro; márgenes laterales del pronoto rectas o convexas; las venas y células de la membrana de los hemiélitros no se distinguen. Viven en aguas lénticas, en el litoral, y existen algunos de aguas salobres.

Gerridae

Brachymetra

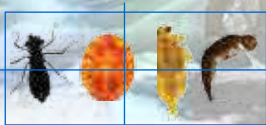
Miden entre 5.5 y 6.0 mm; de coloración ocre rojizo; el pronoto cubre casi totalmente el mesonoto; el margen posterior de los ojos cubre el ángulo anterolateral del pronoto. Viven en aguas lénticas y lugares sombreados.

Eurygerris

Miden entre 7.0 y 10.0 mm; el pronoto posee una franja longitudinal amarilla; 2ª y 3ª patas más largas que la 1ª. Viven en pequeñas quebradas y patinan en el agua sin sumergirse.

Limnogonus

Miden entre 4.0 y 9.5 mm; el pronoto posee una franja longitudinal amarilla con un par de manchas a ambos lados de ella; el 1º segmento tarsal de la 1ª pata es más pequeño que el 2º; 2ª y 3ª patas más grandes.



Charmatometra

Son muy grandes, sobrepasan los 12.0 mm; el margen interno de los ojos es redondeado uniformemente o casi recto; el 1^{er} segmento tarsal de la 1^a pata es más largo que el 2^o. Patinan sobre la superficie del agua sin sumergirse.

Eobates

Miden menos de 12.0 mm; el pronoto presenta un par de líneas negras longitudinales claramente visibles; el margen interno de los ojos es redondeado; el segmento apical del tarso de la 1^a pata es el doble de largo que el basal; segmentos abdominales negros con los márgenes posteriores pálidos. Viven sobre la superficie de aguas lólicas y lénticas, y algunos en aguas salobres. Son indicadores de aguas limpias a ligeramente contaminadas.

Aquarius

Cuerpo generalmente no cilíndrico; el pronoto cubre el meso y metanoto; ojos emarginados en la parte interior; segmentos tarsales de la 1^a pata aproximadamente de igual longitud; antena más corta que el cuerpo.

Neogerris

Miden menos de 7.0 mm; el lóbulo anterior del pronoto tiene una mancha central de color claro; ojos emarginados en la parte interior; rostro largo, que llega por lo menos hasta la base del mesoexterno; 1^{er} segmento tarsal de la 1^a pata aproximadamente la mitad de la longitud del 2^o. Patinan sobre aguas lénticas.

Ovatametra

Miden menos de 3.0 mm; poseen cuerpos ovalados y pequeños; ojos globosos en vista dorsal; color de fondo amarillo ocre;

tibias de las patas medias más cortas que el cuerpo.

Potamobates

Miden entre 4.0 y 7.0 mm; ojos emarginados en la parte interior; rostro corto, que apenas llega hasta el inicio del mesoexterno; antena más corta que el cuerpo, y presenta una serie de espinas delgadas y negras en el ápice del 1^{er} segmento, a modo de corona, y a lo largo del 2^o segmento.

Tachygerris

Miden entre 4.0 y 6.0 mm; ojos emarginados en la parte interior; antena casi tanto o más larga que la longitud del cuerpo; el 4^o segmento es el más largo; solo se conocen especímenes alados. Patinan sobre la superficie en aguas lénticas y lólicas en litorales.

Rheumatobates

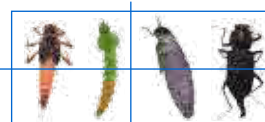
Miden menos de 12.0 mm; presentan grandes modificaciones en las antenas y en las patas anteriores; el 3^{er} segmento de la antena y los márgenes de los ojos poseen pelos largos; la antena del macho no es filiforme; el segmento apical del 1^{er} tarso es más de dos veces de largo que el basal. Viven en aguas lénticas.

Trepobates

Miden entre 3.4 y 4.0 mm; el 1^{er} segmento del tarso de la 1^a pata es muy reducido; el fémur de la 2^a pata es más corto que la tibia; las 2^a y 3^a patas son considerablemente más grandes que las anteriores. Viven en charcas y corrientes cerca a las orillas.

Telmatometra

Miden entre 3.0 y 7.0 mm; ojos no emarginados en la parte interior; la antena con el 2^o segmento más corto que



los otros, el 3^{er} segmento es más de dos veces la longitud del 2^o; 3^{er} segmento de la antena y márgenes de los ojos sin pelos; 1^{er} tarso con el segmento apical más de dos veces la longitud del segmento basal.

Trepobatoidea

Miden entre 5.0 y 8.0 mm; cuerpo alargado y ovalado; tienen ojos oblongos que cubren el ángulo anterolateral del pronoto; el 1^{er} segmento de la antena es mucho más largo que los siguientes dos juntos; la margen interno de los tarsos posteriores carece de hilera de espinas. Son patinadores en aguas lólicas y lénticas en superficies erosionadas.

Veliidae

Rhagovelia

Miden entre 4.5 y 5.2 mm; cuerpo alargado; tarsos medios con una hendidura profunda y una estructura como un abanico con pelos plumosos que salen de ella. Viven en aguas lénticas y en remansos de corrientes; nadan sobre la superficie del agua.

Microvelia

Miden entre 2.0 y 3.5 mm; cabeza triangular; fórmula tarsal 1:2:2; patas equidistantes; tarso de la 2^a pata con dos uñas. Viven en charcas y remansos entre la vegetación emergente.

Huseyella

Miden entre 4.0 y 5.5 mm; tarso de la 2^a pata con una estructura en forma de hojas de cuchilla, la inserción de esta pata está más cercana a la 3^a que a la 1^a pata; segmentos de la antena largos y delgados. Viven en aguas lólicas y lénticas, y algunos en aguas salobres.

Stridulivelia

Miden entre 5.0 y 5.4 mm; presentan una estructura estridulatoria en forma de lima en la cara interna de los fémures posteriores; fórmula tarsal 3:3:3. Viven en aguas lénticas y remansos con mucha vegetación.

Hebridae

Hebrus

Miden entre 2.4 y 2.6 mm; la cabeza ventralmente presenta un canal longitudinal donde se acopla el rostro; la antena posee 5 segmentos; el cuerpo es revestido como terciopelo. Viven en aguas lénticas y remansos de corrientes con vegetación flotante.

Merragata

Miden entre 1.5 y 2.0 mm; semejante al género anterior, la principal diferencia radica en que *Merragata* tiene antena con cuatro segmentos. Comparten hábitat con *Hebrus*.

TRICHOPTERA

Calamoceratidae

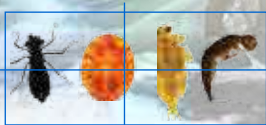
Phylloicus

Miden entre 15.0 y 18.0 mm; la margen anterolateral del pronoto presenta dos prolongaciones puntiagudas; fabrican casas con fragmentos de hojas. Viven en aguas corrientes, debajo de piedras, troncos y residuos vegetales.

Helicopsychidae

Helicopsyche

Miden entre 3.5 y 4.0 mm; presentan una protuberancia en el 1^{er} segmento abdominal; la uña anal posee dientes en forma de peine; construyen casas helicoidales con



granos de arena y piedrecillas, que dan la apariencia de pequeños caracoles. Viven en aguas de poca corriente y en orillas de lagos adheridos a rocas.

Hydroptilidae

Hydroptila

Miden entre 3.4 y 4.0 mm; presentan tres agallas en extremo final del abdomen; las esquinas anterolaterales del meso y metanoto son rectangulares; construyen casas con seda, cubiertas por piedras. Viven en aguas corrientes sobre sustratos pedregosos y residuos de vegetación.

Ochrotrichia

Miden entre 2.0 y 4.0 mm; las esquinas anterolaterales del meso y metanoto son lobuladas; carecen de agallas al final del abdomen; hacen casas similares a *Hydroptila*, pero de material aún más fino.

Neotrichia

Miden más de 2.0 mm; fabrican casas con piedritas; la 2ª y 3ª patas tienen el tarso delgado y largo; poseen una hilera de flecos de setas laterales en los segmentos abdominales y setas largas en los tergitos abdominales. Viven sobre rocas en rápidos de ríos y quebradas.

Leucotrichia

Miden más de 5.0 mm; los segmentos abdominales 5º, 6º y 7º son más anchos que los demás; las setas en el 9º segmento están dispuestas en dos filas. Viven sobre rocas en rápidos de ríos y quebradas.

Zumatrachia

Miden más de 3.0 mm; los tergitos abdominales 2º a 7º presentan un par de perforaciones redondas y pequeñas cerca al centro del esclerito; las setas del 9º seg-

mento abdominal son más gruesas y están esparcidas. Viven en zonas de erosión y deposición en aguas lólicas. Son indicadores de aguas limpias.

Oxyethira

Miden más de 4.0 mm; 2º y 3º par de patas aproximadamente 2.5 veces más largas que las 1ªs fabrican casas con seda en forma de botella y son transparentes; 1ª tibia con un lóbulo; antena muy larga. Viven en aguas lólicas en zonas de remansos.

Alisotrichia

Miden más de 3.0 mm; los segmentos torácicos y abdominales poseen setas gruesas; cada segmento abdominal tiene un esclerito dorsal ancho y con proyecciones laterales, cada una de ellas con dos setas; la uña anal presenta una seta gruesa en el lado convexo.

Leptoceridae

Nectopsyche

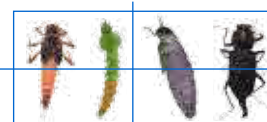
Miden hasta 15.0 mm; el metanoto es membranoso; las propatas anales presentan en la base un parche largo de pequeñas espinas ventrales; elaboran casas con residuos vegetales de forma alargada y cónica. Viven en aguas corrientes, entre material pedregoso y residuos vegetales.

Atanatolica

Miden hasta 20.0 mm; el metanoto presenta escleritos; la pata anal presenta un diente accesorio, el cual es más corto que la uña; hacen casas cónicas de piedrecillas muy finas. Viven en aguas corrientes, entre material pedregoso y residuos vegetales.

Oecetis

Miden entre 8.0 y 15.0 mm; poseen una protuberancia muy visible en el 1º seg-



mento abdominal; tienen fuertes mandíbulas; el labrum presenta setas secundarias; las uñas de las patas son largas y delgadas; hacen casas cónicas y curvadas con granos de arena. Viven en aguas corrientes sobre sustratos pedregosos y residuos vegetales.

Grumichela

Miden entre 5.0 y 7.0 mm; la uña de la pata anal presenta un diente accesorio, el cual es tan largo como la uña; hacen casas cónicas con material vegetal muy pulido, y poseen franjas oscuras o salientes como anillos. Viven en corrientes sobre material pedregoso y residuos vegetales.

Triplectides

Miden hasta 15.0 mm; el metanoto presenta cuatro escleritos; las casas donde viven son trocitos de ramas perforadas. Viven en aguas corrientes entre material vegetal en descomposición.

Triaenodes

Miden hasta 20.0 mm; el apotema ventral de la cabeza es rectangular; poseen un parche de largas espinas ventrales a cada lado del segmento anal; fabrican casas con pedacitos de ramas en forma de espiral. Viven en aguas lólicas y lénticas en las orillas con vegetación.

DIPTERA

Simuliidae

Gigantodax

Miden entre 5.0 y 8.0 mm; poseen cuerpo en forma de botella; los brazos poste-

riores del esclerito anal forman un anillo; los dientes del submentón se encuentran reunidos en tres grupos conspicuos. Viven en corrientes asociados a sus pupas, fuertemente adheridos al sustrato.

Simulium

Semejante al anterior, las principales diferencias son: los brazos posteriores del esclerito anal no forman un anillo; los dientes del submentón están distribuidos sin formar grupos conspicuos.

CRUSTACEA

Pseudothelphusidae

Hypolobocera

Miden entre 2.0 a 5.5 cm; presentan el gonopodio por lo general plano y ancho; tienen cresta caudal con un lóbulo prominente, dividido longitudinalmente, que da origen a uno accesorio. El ápice truncado transversalmente tiene forma variable, pero, por lo general, posee una espina en el borde cefálico y un proceso en el canal espermático. Viven en las orillas de aguas corrientes.

Palaemonidae

Macrobrachium carcinus

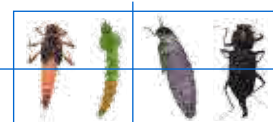
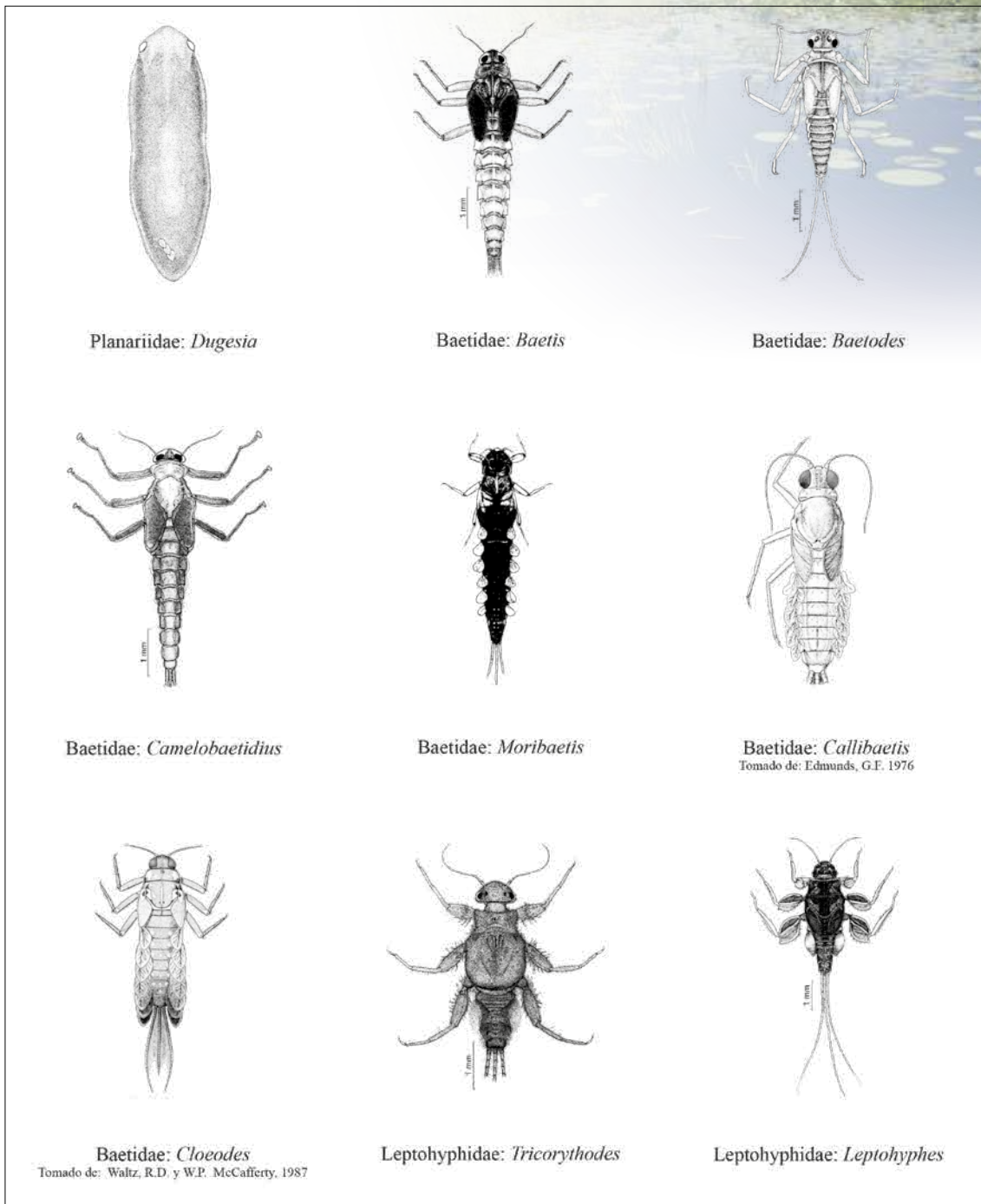
Miden más de 240.0 mm; las uñas de las segundas patas son similares en ambos sexos; tienen un diente triangular amplio en cada uña; presentan rostro arqueado hacia los ojos. Viven en las orillas de aguas corrientes.



Plancha 4

Puntaje BMWP/Col: 7

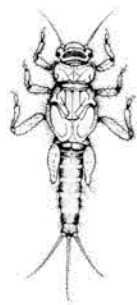
Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas



Plancha 4

Puntaje BMWP/Col: 7

Los organismos con este puntaje son



Leptohyphidae: *Haplohyphes*
Tomado de: Domínguez, E., M. D. Hubbard y M.L.
Pescador, 1994



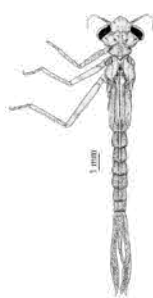
Caenidae: *Caenis*
Tomado de: Domínguez, E., M. D. Hubbard y M.L.
Pescador, 1994



Calopterygidae: *Hetaerina*



Coenagrionidae: *Argia*



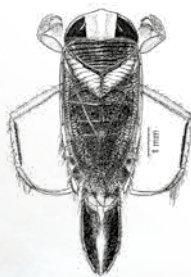
Coenagrionidae: *Ischmura*



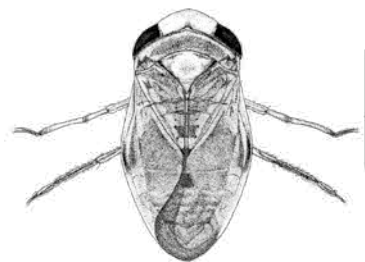
Coenagrionidae: *Telebasis*



Acanthagrion



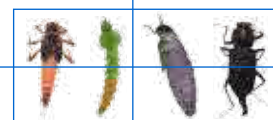
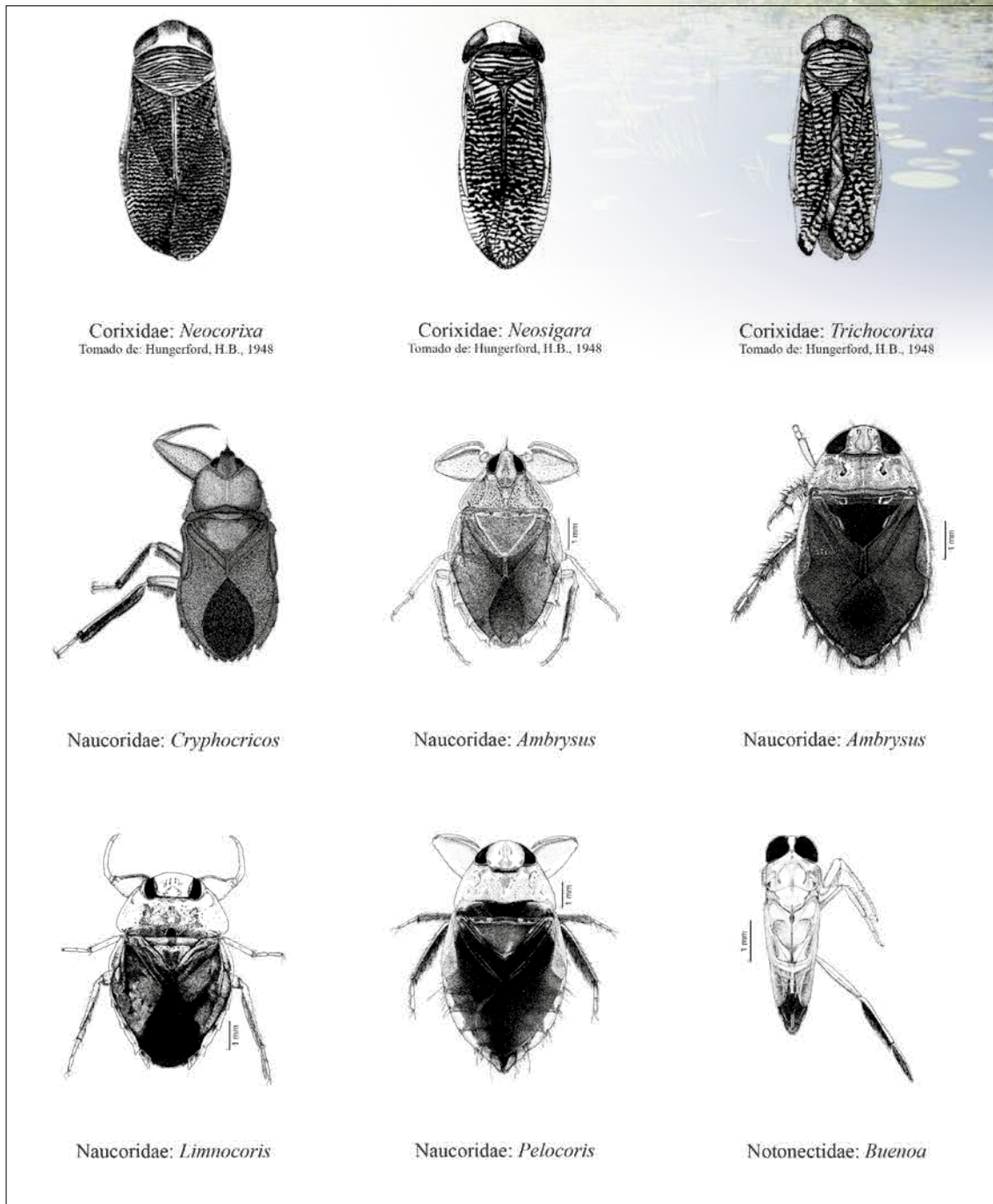
Corixidae: *Centrocorixa*



Corixidae: *Tenegobia*



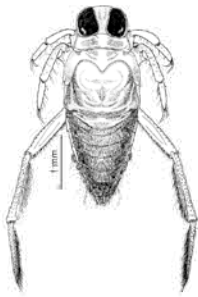
característicos de aguas poco contaminadas



Plancha 4

Puntaje BMWP/Col: 7

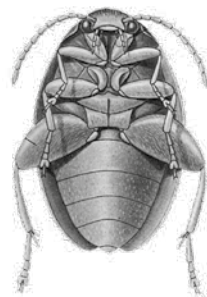
Los organismos con este puntaje son



Notonectidae: *Notonecta*



Notonectidae: *Martarega*
Tomado de: Merril, R.W. y K. W. Cummins,
1984



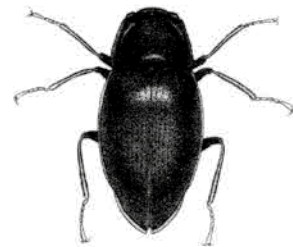
Scirtidae: *Scirtes* (Adulto)
Tomado de: McCafferty, W.P., 1981



Scirtidae: *Scirtes* (Larva)



Scirtidae: *Elodes* (Larva)



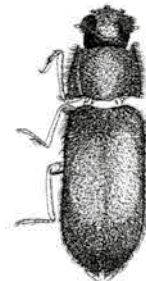
Dryopidae: *Elmoparmus* (Adulto)



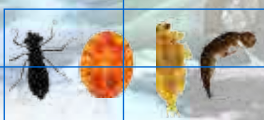
Dryopidae: *Helichus* (Adulto)
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



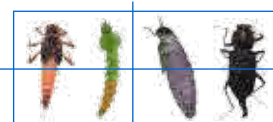
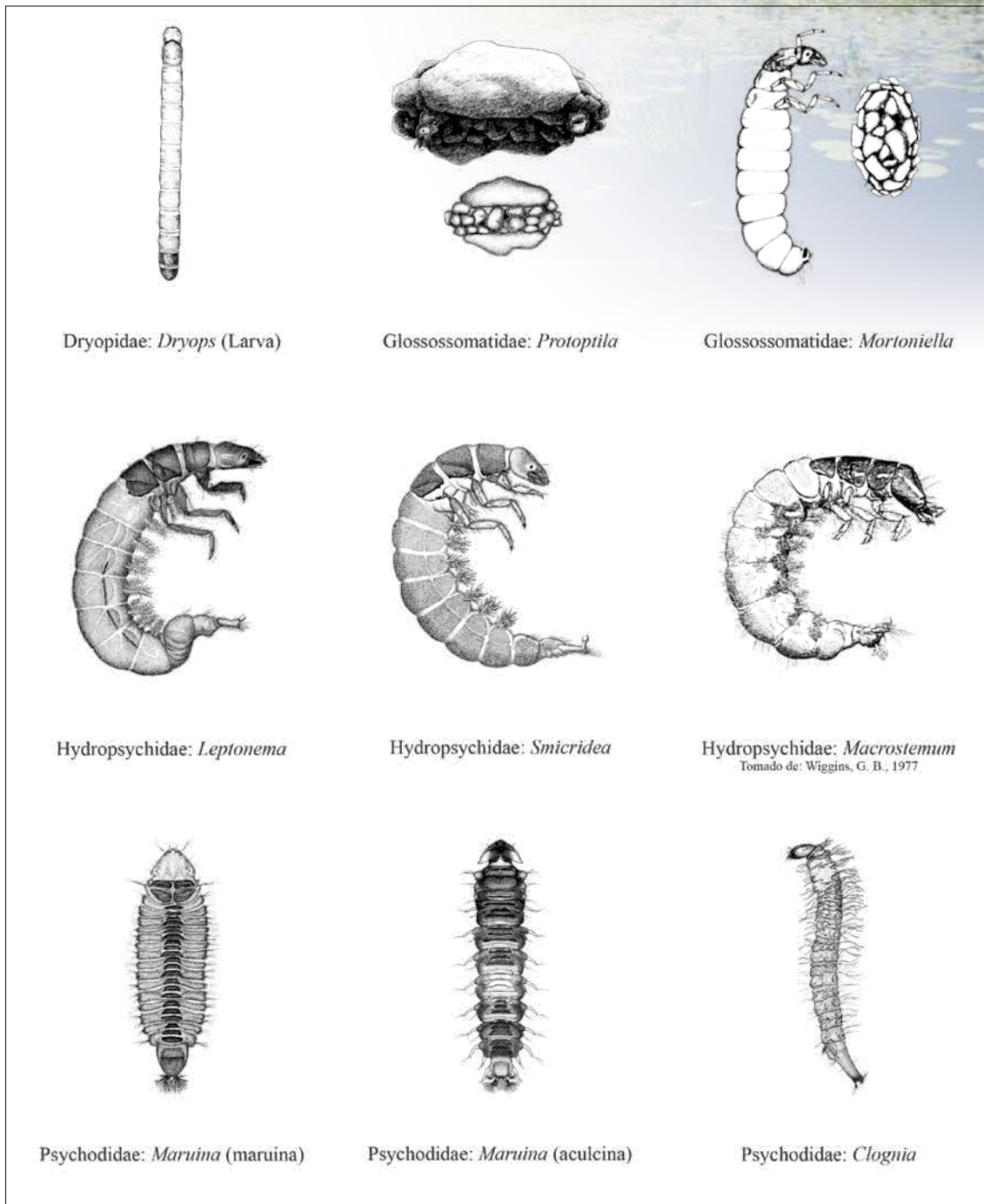
Dryopidae: *Pelonomus* (Adulto)



Dryopidae: *Dryops* (Adulto)



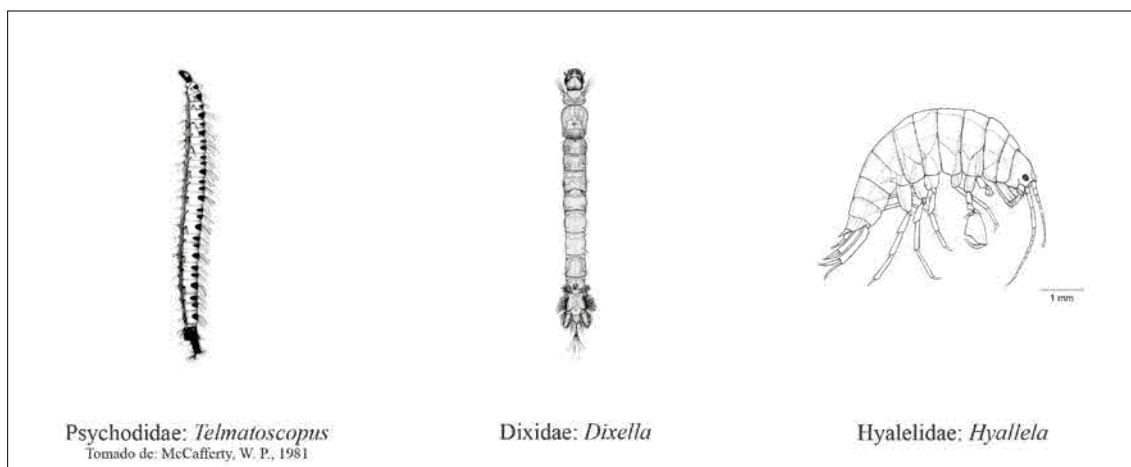
característicos de aguas poco contaminadas



Plancha 4

Puntaje BMWP/Col: 7

Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas



PLATYHELMINTHES

Planariidae

Dugesia

Miden entre 2.0 y 30.0 mm; viven en aguas poco profundas debajo de piedras, troncos sumergidos, ramas, hojas y sustratos similares.

EPHEMEROPTERA

Baetidae

Baetis

Miden entre 5.0 y 8.0 mm; agallas del 1º al 7º segmento abdominal. Filamento terminal más corto y delgado que los cercos. Viven en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas, y adheridos a vegetación sumergida.

Baetodes

Miden entre 4.5 y 5.0 mm; agallas del 1º al 5º segmento abdominal; tergitos abdominales con proyección o tubérculos medios. Hábitat similar al de *Baetis*.

Camelobaetidium

Miden entre 5.0 y 6.0 mm; agallas del 1º al 7º segmento abdominal; uñas en forma de espátula con 5 a 40 dientecillos. Viven en aguas rápidas, sobre gran diversidad de sustratos, además de arena y fango.

Moribaetis

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; agallas del 1º al 7º segmento abdominal. Hábitat similar a los anteriores.

Callibaetis

Miden entre 6.0 y 10.0 mm; agallas del primer segmento abdominal con un faldón



ventral recurvado. Viven en aguas lénticas, asociados a plantas acuáticas.

Cloeodes

Miden entre 5.0 y 8.0 mm. Agallas del 1º al 7º segmento abdominal, son asimétricas. Labrum emarginado con setas en la parte anterior; filamento terminal subigual a los cercos. Viven en ecosistemas lóticos en zonas de erosión.

Leptohyphidae

Tricorythodes

Miden entre 3.0 y 4.0 mm; las agallas del 2º segmento abdominal son triangulares y cubren las demás; el fémur de la 1ª pata presenta una hilera de setas largas; cuerpo a menudo cubierto de sedimentos.

Leptohyphes

Miden entre 4.0 y 5.0 mm; las agallas del 2º segmento abdominal son ovaladas y cubren las demás; dorso del 1º fémur con una hilera de espinas romas. Viven en aguas lentas, en remansos debajo de troncos, hojas, piedras.

Haplohyphes

Miden entre 4.0 y 5.0 mm; agallas del 2º segmento subtriangulares y cubren las demás; fémur de la 1ª pata con largas setas dorsales y con espinas cortas en el borde anterior. Viven en quebradas con sustrato de rocas y arena, enterrados entre esta.

Caenidae

Caenis

Miden entre 5.0 y 8.0 mm; agalla del 2º segmento es de forma cuadrangular y cubre las de los segmentos 3º a 6º; estas últimas tienen flecos en sus márgenes; cabeza sin tubérculos oclares. Viven en ecosiste-

mas lóticos en zonas de depósitos de sedimentos y también en fondos arenosos.

ODONATA

Calopterygidae

Hetaerina

Miden entre 18.0 y 23.0 mm; el 1º segmento de la antena es el doble de largo que los demás segmentos juntos; lóbulo medio del labio con una hendidura media abierta en el centro. Viven en aguas corrientes, en orillas con vegetación.

Coenagrionidae

Argia

Miden entre 9.0 y 11.0 mm; presentan entre 0 y 4 setas palpaes, prementón sin setas dorsales largas; agalla caudal media generalmente un tercio o la mitad tan ancha como larga, agallas caudales muy gruesas o triédricas. Viven en corrientes moderadas entre piedras y vegetación.

Ischnura

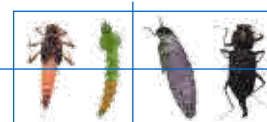
Miden entre 12.0 y 14.0 mm; agallas caudales disminuyen gradualmente para formar puntas largas; presentan de 5 a 6 setas palpaes y de 3 a 5 mentonianas. Viven en medios lóticos con vegetación.

Telebasis

Miden entre 12.0 y 13.0 mm; las agallas caudales disminuyen gradualmente para formar puntas cortas; tienen dos bandas indistintas, transversales y arqueadas cerca de la parte media de cada agalla. Viven en aguas lénticas con vegetación.

Acanthagrion

Miden entre 11.0 y 12.0 mm; el cuerpo es pálido y el abdomen delgado; las aga-



llas son más largas que el abdomen y de forma variable, pero mucho más largas que anchas; presentan de 4 a 5 setas laterales. Viven en aguas lénticas con vegetación.

HEMIPTERA

Corixidae

Centrocorixa

Miden entre 7.0 y 8.0 mm; pronoto con bandas transversales cafés, algunas de ellas interrumpidas; pala con 2 hileras de clavos, la inferior interrumpida y de clavos cortos. Viven en lagos, estanques y remansos con abundante vegetación acuática.

Tenegobia

Miden entre 2.0 y 2.5 mm; pronoto convexo en su margen anterior y cóncavo en su margen posterior; escudete visible. Comparten hábitat con el anterior.

Neocorixa

Miden entre 6.0 y 9.0 mm; primer tarso con uña apical bien desarrollada; pala de ambos sexos estrechamente digitiforme. Viven en ecosistemas lóticos, en zonas de deposición de sedimentos y restos vegetales.

Neosigara

Miden entre 7.0 y 8.0 mm; espacio interocular más ancho que un ojo; pala del macho con 2 hileras de clavos, la inferior interrumpida y de clavos muy largos. Viven en ecosistemas lóticos, en zonas de deposición de sedimentos y restos vegetales.

Trichocorixa

Miden menos de 5.6 mm; ojos no protuberantes con los ángulos anteriores internos agudos. Viven en aguas lénticas, litoral, algunos en aguas salobres.

Naucoridae

Cryphocricos

Miden entre 9.0 y 11.0 mm; tienen forma oval y son de color caoba; bordes del pronoto aserrados. Viven en los sedimentos de ecosistemas lóticos.

Ambrysus

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; ovalados y aplanados; margen interno de los ojos convergente en la parte anterior; margen anterior del pronoto con excavación en la parte media donde encaja la cabeza. Viven en aguas lóticas y lénticas, adheridos a gran diversidad de sustratos.

Heleocoris

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; margen interno de los ojos convergente en la parte anterior; margen anterior del pronoto sin excavación en la parte media donde encaja la cabeza; tarsos anteriores con 2 segmentos, con espinas y dos uñas. Comparten hábitat con el anterior.

Limnocoris

Miden entre 5.0 y 10.0 mm; margen interno de los ojos divergente en la parte anterior; meso y metaexterno con una carina longitudinal prominente. Viven aguas lóticas y lénticas, adheridos a troncos, vegetación y piedras; algunas especies se entierran en fondos arenosos.

Pelocoris

Miden entre 9.0 y 12.0 mm; margen interno de los ojos convergente en la parte anterior; cuerpo bastante robusto visto lateralmente; margen anterior del pronoto en línea recta o débilmente curvado donde encaja la cabeza. Viven en aguas lénticas con abundante vegetación.



Notonectidae

Buenoa

Miden entre 5.0 y 8.5 mm; cuerpo en forma de canoa; patas posteriores más largas, adaptadas para nadar; parte anterior de la comisura de los hemiélitros con una depresión oval rodeada de pelos; antena del adulto con tres segmentos. Viven en lagos, charcas y estanques; pocas especies habitan en las orillas de ríos y quebradas.

Notonecta

Miden entre 3.0 y 4.0 mm; cuerpo en forma de bote; fémur de la 2ª pata con una protuberancia preapical; antena del adulto con cuatro segmentos; ojos separados dorsalmente. Viven en aguas lólicas y lénticas. Son indicadores de aguas medianamente contaminadas.

Martarega

Miden entre 4.0 y 8.0 mm; cuerpo en forma de bote; ojos contiguos dorsalmente; márgenes anterolaterales del protórax foveadas; antena del adulto con cuatro segmentos. Viven en aguas lólicas, en zonas de deposición.

COLEOPTERA

Scirtidae

Scirtes

Adultos: miden entre 5.0 y 8.0 mm; el fémur de la 3ª pata es muy largo y grueso, adaptado para saltar.

Larvas: miden entre 3.0 y 7.0 mm; cabeza con 1 a 2 ocelos a cada lado; margen anterior de la hipofaringe presenta un cono central con dos pares de espinas. Viven en aguas lénticas en medio de vegetación ri-

bereña; algunos son terrestres.

Elodes

Adultos: la diferencia principal con *Scirtes* radica en que los fémures de todas las patas son similares, no son alargados, ni están adaptados para saltar.

Larvas cabeza con tres ocelos a cada lado; margen anterior de la hipofaringe presenta un cono central con un par de espinas aserradas. Viven en aguas lénticas en medio de vegetación ribereña; algunos son terrestres.

Dryopidae

Elmoparnus

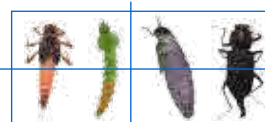
Adultos: miden entre 3.0 y 7.0 mm; son de color negro, cuerpo no pubescente; el pronoto presenta un surco sublateral longitudinal poco profundo a cada lado; cabeza retráctil en el protórax.

Larvas: no se encontró la descripción de esta larva en la literatura consultada. Viven en aguas lólicas, debajo de piedras, troncos y residuos vegetales. Son indicadores de aguas ligeramente contaminadas

Helichus

Adultos: miden entre 3.0 y 4.0 mm; el cuerpo es pubescente; el pronoto carece de surco sublateral longitudinal completo (puede presentar una pequeña impresión) a cada lado; el 1º y 2º segmentos de la antena están esclerotizados y forman un escudo que protege los segmentos restantes.

Larvas: los tergitos abdominales presentan canales transversos a los lados; el 8º tergito posee dos tubérculos



abultados en el margen posterior; el 9º segmento abdominal es emarginado en el ápice y tiene la superficie dorsal aplanada. Viven en zonas de erosión en aguas lólicas.

Pelonomus

Adultos: miden entre 4.0 y 8.0 mm; el cuerpo no es pubescente; el pronoto carece de surco sublateral longitudinal completo (puede presentar una pequeña impresión) a cada lado; antena pubescente, 3º y 4º segmentos del palpo maxilar muy largos.

Larvas: los tergitos abdominales presentan numerosas carinas longitudinales cerca al margen anterior; la sutura gular no se aprecia, poseen dos pares de setas en el sitio donde esta debería estar. Viven en aguas lólicas, debajo de piedras, troncos y residuos vegetales.

Dryops

Adultos: miden entre 4.5 y 5.5 mm; son de color negro y muy pubescentes, tanto dorsal como ventralmente; el pronoto presenta los ángulos anterolaterales agudos y con un surco longitudinal sublateral profundo y completo; la cabeza no es retráctil; la antena presenta 11 segmentos, el 2º es subtriangular, los restantes más anchos que largos, a excepción del último.

Larvas: miden aproximadamente 10.0 mm; el pronoto posee una prolongación pequeña en la parte anterior media; los tergitos presentan el margen anterior liso; tienen sutura gular con un par de setas cerca de esta. Viven en ecosistemas lólicos entre la grava y hojas en descomposición.

TRICHOPTERA

Glossosomatidae

Protophila

Miden entre 3.5 y 4.0 mm; el mesonoto presenta un esclerito cuadrado; la uña tarsal presenta una seta basal delgada y larga; las casas son fabricadas con pequeñas piedras y tienen la apariencia de un emparedado o hamburguesa. Viven en aguas corrientes, adheridos fuertemente a piedras y rocas; a veces cubren toda la superficie.

Mortoniella

Miden entre 3.0 y 4.0 mm; el pronoto similar al de *Protophila*, pero esclerotizado; la uña tarsal presenta una seta corta y gruesa; la uña anal tiene dos pares de dientes accesorios; hacen casas con pidrecitas, en forma de tortuga. Comparten el mismo hábitat que *Protophila*.

Culoptila

Miden hasta 3.5 mm; la uña tarsal presenta una seta basal gruesa; fabrican casas con piedras pequeñas. Comparten el mismo hábitat que los anteriores.

Mexitrichia

El 9º segmento abdominal presenta un esclerito cóncavo en el margen apical; la uña tarsal presenta una seta basal delgada y larga que sale de la base del proceso cuticular. Comparten el mismo hábitat que los anteriores.

Hydropsychidae

Leptonema

Miden hasta 20.0 mm; el abdomen posee agallas formadas con base en un tallo central con filamentos laterales uniformes; el tórax es esclerotizado; el 8º segmento abdominal



presenta un par de escleritos ventrales; fabrican casas en forma de red fuertemente adheridas a rocas para capturar alimento. Viven principalmente sobre rocas.

Smicridea

Miden hasta 10.0 mm; tienen agallas abdominales muy ramificadas con más de un eje central; el 8º segmento abdominal presenta un esclerito ventral y el 9º, dos escleritos, todos de forma triangular; fabrican casas en forma de red similares a las de *Leptonema*, pero más pequeñas. Comparten el mismo hábitat y valor indicativo que *Leptonema*.

Macrostemum

Miden hasta 17.5 mm; el dorso de la cabeza es aplanado y marginado con una carina; la tibia y el tarso anteriores poseen un penacho de setas dorsales. Viven en zonas de erosión en aguas lóaticas.

Macronema

Miden hasta 21.0 mm; el abdomen posee agallas formadas con base en un tallo central con filamentos laterales uniformes; las propatas anales son muy largas y delgadas, dobladas en la mitad de su longitud.

DIPTERA

Psychodidae

Maruina (maruina)

Miden entre 2.0 y 3.0 mm; tienen cuerpo aplanado; los discos succionadores se hallan en la línea media ventral; poseen cámara respiratoria anal cuyos lóbulos terminan en penachos. Viven en aguas lóaticas sobre sustratos rocosos.

Maruina (aculcina)

Miden entre 4.0 y 5.0 mm; similares al anterior, pero el cuerpo es más oscuro y las

prolongaciones abdominales son más robustas y largas. Comparten el mismo hábitat con el anterior.

Clognia

Miden entre 5.0 y 8.0 mm; la cabeza es diferenciada del cuerpo; el disco espiracular tiene seis lóbulos que terminan en numerosas setas; el cuerpo posee setas muy largas. Viven en aguas lénticas con mucha materia orgánica en descomposición.

Telmatoscopus

Miden entre 5.0 y 9.0 mm; presentan placas preanales y dorsales de tamaño uniforme; tienen dos placas en cada segmento torácico y en el 1º segmento abdominal, y tres placas en cada uno de los segmentos siguientes. Poseen el mismo hábitat que el anterior.

Dixidae

Dixella

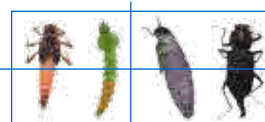
Miden entre 4.0 y 8.0 mm; poseen un par de prolongaciones ventrales en los primeros segmentos abdominales; segmentos 5º, 6º y 7º tienen placas esclerotizadas ventrales; el último segmento termina en una cámara respiratoria. Viven en aguas lóaticas y lénticas, sobre sustratos rocosos y vegetación.

AMPHIPODA

Hyalelidae

Hyallela

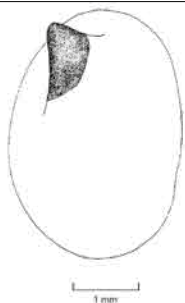
Miden entre 5.0 y 10.0 mm; es el equivalente a *Gammarus* de zonas templadas. Presentan coloración blanquesina o amarillenta. Viven en corrientes y remansos de quebradas, asociados a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones.



Plancha 5

Puntaje BMWP/Col: 6

Los organismos con este puntaje son en su mayoría
pueden presentarse algunos de ag



Ancyridae: *Ferrissia*



Libellulidae: *Erythemis*



Libellulidae: *Erythrodiplax*



Libellulidae: *Sympetrum*



Libellulidae: *Dythemis*



Libellulidae: *Brechmorhoga*



Libellulidae: *Macrothemis*



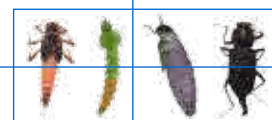
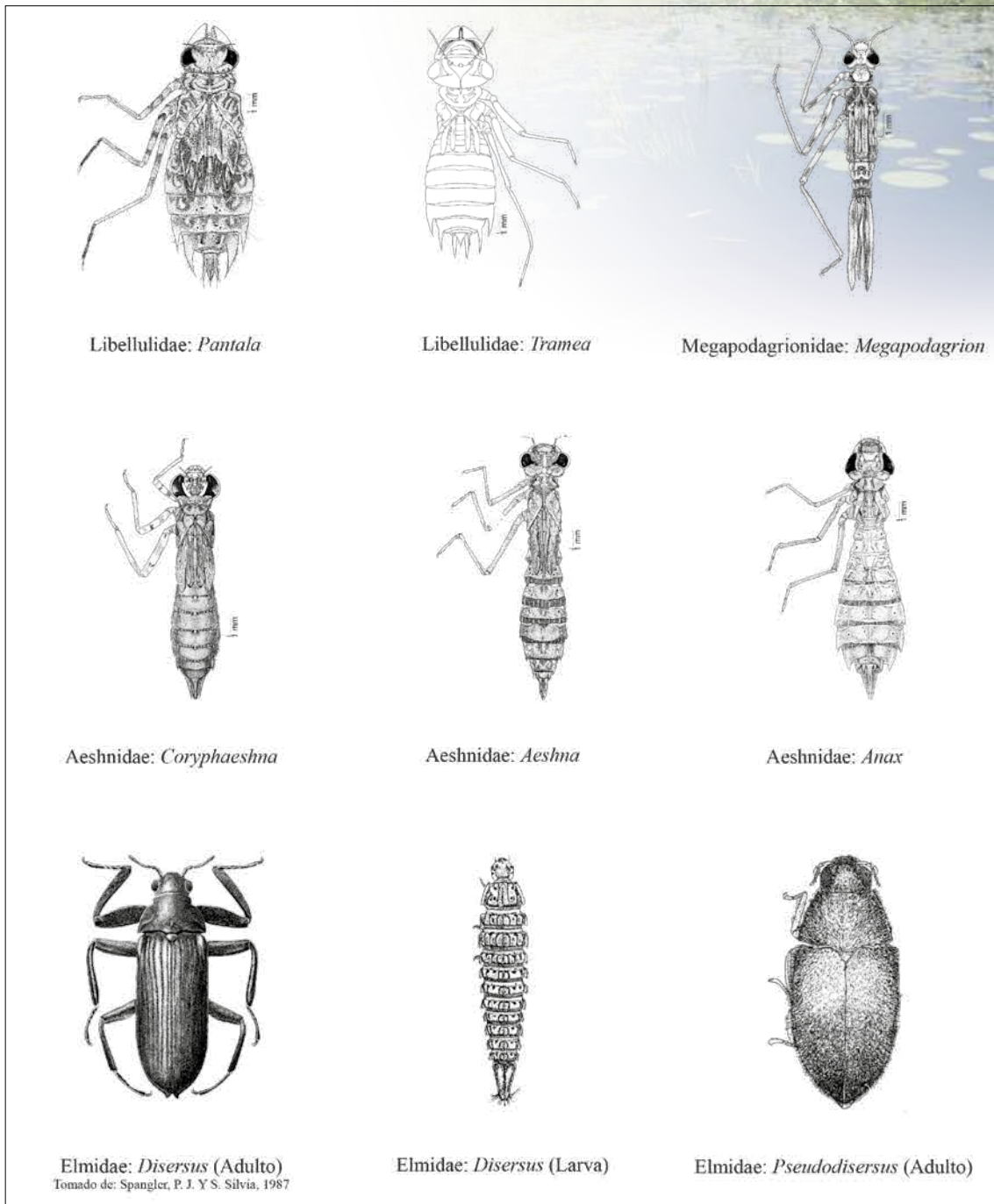
Libellulidae: *Orthemis*



Libellulidae: *Dasythemis*



característicos de aguas poco contaminadas, aunque
as moderadamente contaminadas



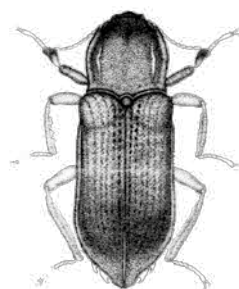
Plancha 5

Puntaje BMWP/Col: 6

Los organismos con este puntaje son en su mayoría
pueden presentarse algunos de ag



Elmidae: *Pseudodisarsus* (Larva)



Elmidae: *Macrelmis* (Adulto)



Elmidae: *Macrelmis* (Larva)



Elmidae: *Cylloepus* (Adulto)



Elmidae: *Cylloepus* (Larva)
Tomado de: Bertrand, H., 1972



Elmidae: *Heterelmis* (Adulto)



Elmidae: *Heterelmis* (Larva)



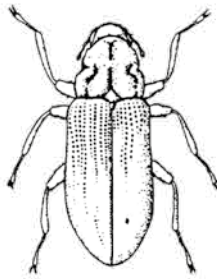
Elmidae: *Stenelmis* (Adulto)
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



Elmidae: *Stenelmis* (Larva)
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



característicos de aguas poco contaminadas, aunque
as moderadamente contaminadas



Elmidae: *Phanocerus* (Adulto)
Tomado de: Brown, H. P., 1976



Elmidae: *Phanocerus* (Larva)



Elmidae: *Narpus* (Adulto)
Tomado de: Brown, H. P., 1976



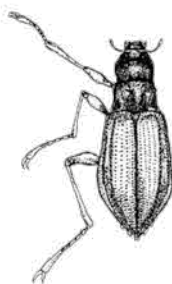
Elmidae: *Narpus* (Larva)



Elmidae: *Neoelmis* (Adulto)



Elmidae: *Neoelmis* (Larva)
Tomado de: Bertrand, H., 1972



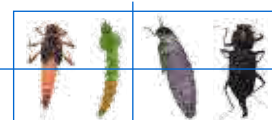
Elmidae: *Notelmis* (Adulto)



Elmidae: *Microcylloepus* (Adulto)



Elmidae: *Microcylloepus* (Larva)



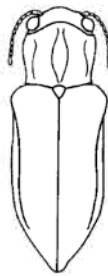
Plancha 5

Puntaje BMWP/Col: 6

Los organismos con este puntaje son en su mayoría característicos de aguas poco contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas moderadamente contaminadas



Elmidae: *Onychelmys* (Larva)



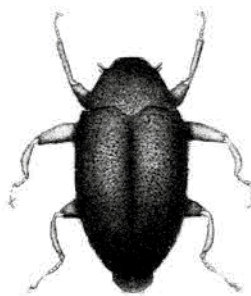
Elmidae: *Hexacylloepus* (Adulto)



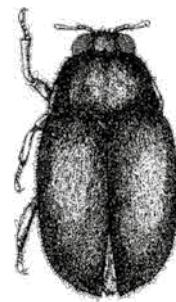
Elmidae: *Hexacylloepus* (Larva)



Staphylinidae: *Stenus* (Adulto)



Limnichidae: *Eulimnichus* (Adulto)



Lutrochidae: *Lutrochus* (Adulto)



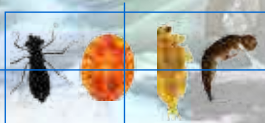
Lutrochidae: *Lutrochus* (Larva)



Corydalidae: *Corydalis*



Sialidae: *Sialis*
Tomado de: McCafferty, W. P., 1981



GASTROPODA

Ancylidae

Ferrissia irrorata

Conchas pequeñas con 2.0 mm de largo y 0.7 mm de alto. Lados de la concha siempre paralelos; margen posterior redondeado más agudamente que en el margen anterior; protoconcha con numerosas líneas radiales estrechamente espaciadas.

Gundlachia radiata

Concha generalmente de forma elíptica irregular y de tamaño pequeño (2.0 mm); el ápice es tosco, ubicado en el punto medio y se inclina hacia la derecha.

Uncancylus concentricus

Conchas de tamaño pequeño, entre 4.0 y 5.0 mm, con la cima suavemente redondeada; ápice marcado con depresiones de forma puntiaguda.

ODONATA

Libellulidae

Erythemis

Miden entre 15.0 y 17.0 mm; presentan de 7 a 9 setas palpaes y de 11 a 12 mentonianas; los segmentos abdominales carecen de ganchos dorsales; paraproctos muy curvados en sus extremos. Viven en aguas quietas y fondos lodosos.

Erythrodiplax

Miden entre 12.0 y 20.0 mm; tienen de 6 a 11 setas palpaes y de 8 a 14 mentonianas; segmentos abdominales 1° a 7° con prominencias mediodorsales leves y segmentos 8° y 9° con espinas laterales. Viven sobre vegetación sumergida y detritus.

Sympetrum

Miden entre 13.0 y 21.0 mm; cuentan con 9 a 16 setas palpaes y 11 a 18 mentonianas; el 9° segmento abdominal tiene espinas laterales. Viven sobre vegetación en pozos y remansos.

Dythemis

Miden entre 14.0 y 18.0 mm; presentan de 6 a 8 setas palpaes y de 9 a 10 mentonianas; tienen ganchos dorsales puntiagudos. Viven en aguas corrientes y se mimetizan en fondos arenosos.

Brechmorhoga

Miden entre 12.0 y 15.0 mm; tienen de 7 a 19 setas palpaes y de 9 a 15 mentonianas; cuentan con ganchos dorsales en los segmentos abdominales 2° a 9°, los del 7° al 9° son bajos y romos. Viven en remansos y aguas corrientes sobre fondos de arena y grava.

Macrothemis

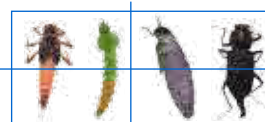
Miden entre 13.0 y 17.0 mm; presentan espinas laterales curvadas hacia el centro en el 8° y 9° segmento abdominal y ganchos dorsales cultriformes en los segmentos 3° a 9°. Viven en aguas lénticas y lólicas sobre vegetación.

Orthemis

Miden entre 20.0 y 23.0 mm; poseen de 8 a 10 setas palpaes y de 11 a 16 mentonianas; los ganchos dorsales son vestigiales; el epiprocto es de igual longitud que los paraproctos; el cuerpo y las patas son muy peludos. Viven en aguas lénticas, tienen capacidad eurihalina.

Dasythemis

Miden entre 11.0 y 13.0 mm; tienen cinco setas palpaes y nueve setas muy pequeñas



en la base del palpo; no cuentan con ganchos abdominales dorsales, pero tienen un penacho de pelos. Viven en aguas lóaticas y lénticas, en fondos fangosos, por lo que las larvas se observan a menudo cubiertas de lodo.

Pantala

Miden entre 17.0 y 20.0 mm; presentan de 12 a 16 setas palpaes y de 15 a 18 mentonianas; palpos labiales con crénulas; generalmente carecen de ganchos abdominales dorsales, cuando están presentes son diminutos; el 8º y 9º segmentos con espinas laterales muy largas y curvadas hacia el centro. viven en pozos de reciente formación.

Tramea

Miden entre 24.0 y 27.0 mm; presentan de 10 a 11 setas palpaes y de 13 a 15 mentonianas; los segmentos abdominales no tienen ganchos dorsales; los palpos labiales carecen de crénulas; el 8º y 9º segmentos con espinas laterales muy largas y curvadas hacia el centro. Viven en aguas lénticas con abundante vegetación.

Megapodagrionidae

Megapodagrion

Miden entre 11.0 y 12.0 mm; poseen una protuberancia cónica entre el ojo y el margen posterior de la cabeza; los fémures tienen tres bandas oscuras; las agallas laterales son triédricas y la media es lanceolada. Viven en aguas lóaticas con vegetación.

Aeshnidae

Coryphaeshna

Miden entre 41.0 y 65.0 mm; lóbulo medio del labio con una espina adyacente a cada lado de la hendidura media; los márgenes postero-laterales de la cabeza son angulados. Viven en

aguas lóaticas con abundante vegetación.

Aeshna

Miden entre 30.0 y 48.0 mm; los márgenes posterolaterales de la cabeza son redondeados; espinas abdominales laterales presentes en los segmentos 4º y 5º, o del 6º al 9º; prementón menos de 1½ veces tan largo como ancho en la base. Viven aguas de poca corriente con abundante vegetación acuática.

Anax

Miden entre 39.0 y 62.0 mm; espinas abdominales laterales presentes en los segmentos 7º a 9º, algunas veces en el 6º, pero muy pequeñas; el prementón es dos o más veces tan largo como ancho en su base. Viven en aguas lénticas con mucha vegetación.

COLEOPTERA

Elmidae

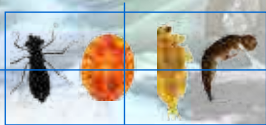
Disersus

Adultos: miden entre 5.6 y 10.1 mm; la antena cuenta con 11 segmentos; el pronoto es más ancho que largo y es estrecho en la parte anterior; uñas provistas de dientes; el abdomen tiene 5 segmentos, del 1º al 4º son progresivamente más cortos.

Larvas: miden aproximadamente 9.0 mm; tienen expansiones laterales amplias, cada una con numerosas setas; el abdomen presenta pleuritas en los segmentos 1º a 6º. Viven en aguas lóaticas y ocasionalmente en aguas lénticas, debajo de troncos y hojas en descomposición.

Pseudosisersus

Adultos: miden 7.0 mm aproximadamente; presentan antenas subpectinadas con pelos



cortos, el 1^{er} segmento es el más largo y el 2^o es de forma ovalada; pronoto sin carina sublatera; élitros sin estrías visibles; 3^a pata con coxas largas y transversas.

Larvas: semejante a la larva del género anterior, la diferencia principal radica en que *Pseudodisarsus* presenta el abdomen con pleuritas en los segmentos 1^o a 5^o. Este género comparte hábitat con el anterior.

Macrelmis

Adultos: miden entre 1.5 y 5.0 mm; los élitros poseen una estría accesoria corta, entre la 1^a y 2^a estría; presentan un diente en el margen lateral del 5^o segmento abdominal.

Larvas: miden entre 3.0 y 8.5 mm; cuerpo aplanado y sin pelos; el pronoto termina con dos protuberancias como espinas; las márgenes entre los tergitos abdominales presentan una mancha transversa de color más claro que el resto del cuerpo; ápice del abdomen emarginado. Comparten el mismo hábitat con el género anterior.

Cylloepus

Adultos: miden entre 1.5 y 2.0 mm; el pronoto tiene una impresión media longitudinal de forma ovoide; los élitros son estriados y punteados.

Larvas: miden más de 6.5 mm; tienen cuerpo cilíndrico en corte transversal; las suturas pleurales llegan hasta la mitad basal del 9^o segmento abdominal, este presenta el ápice emarginado. Viven en aguas lénticas y lóticcas con vegetación y residuos orgánicos.

Heterelmis

Adultos: miden entre 4.0 y 5.0 mm; el pronoto posee una impresión transversal; los élitros cuentan con dos carinas sublaterales;

el tórax presenta dos prolongaciones anteriores bien definidas.

Larvas: miden entre 3.0 y 7.0 mm; todos los segmentos tienen espinas dorsales cortas, organizadas en diez hileras longitudinales; el último segmento cuenta con una carina longitudinal media y márgenes laterales con hileras de espinas. Viven en aguas lóticcas y lénticas, debajo de troncos y residuos vegetales.

Stenelmis

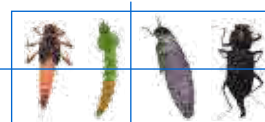
Adultos: miden entre 3.0 y 5.0 mm; el pronoto presenta una impresión media longitudinal y dos impresiones oblicuas a cada lado; la última coxa es transversa y más larga que las otras; el margen posterior del proceso prosternal es mucho más estrecho que el ancho de la cabeza.

Larvas: miden entre 3.0 y 8.0 mm; tienen cuerpo convexo y alargado; dorso del cuerpo es de apariencia granular; el margen anterior de la cabeza posee dientes pequeños a cada lado; la sutura de la cavidad procoxal al margen lateral no se nota o está ausente. Viven en aguas lóticcas, en zonas de erosión, sedimentos y detritus.

Phanocerus

Adultos: miden menos de 4.0 mm; la antena termina en forma de porra con los segmentos 6^o a 10^o de dos a tres veces más anchos que largos; el pronoto presenta una amplia impresión longitudinal a cada lado; élitros punteados.

Larvas: miden entre 3.0 y 6.0 mm; cuerpo aplanado y ancho; el tórax y el abdomen tienen proyecciones laterales; presentan suturas pleurales del 1^o al 8^o segmento abdominal. Viven en aguas lóticcas, en orillas con erosión; los adultos son semiacuáticos.



Narpus

Adultos: el palpo maxilar posee tres segmentos; el pronoto es liso sin carina sublateral y puede o no presentar impresiones, cuando están presentes, son transversas; la tibia de la 1ª pata presenta pelos; antena filiforme, cuenta con 10 u 11 segmentos.

Larvas: miden entre 4.0 y 9.0 mm; poseen cuerpo cilíndrico en corte transversal y muy alargado; la cabeza es tuberculada y tiene numerosas espinas suberectas; el margen anterior de la cabeza cuenta con pequeños dientes a cada lado. Viven en ecosistemas lóticos en zonas erosionadas, en la grava y piedras.

Neoelmis

Adultos: tienen el cuerpo alargado y estrecho; el pronoto es más largo que ancho, con una impresión transversal completa en su parte media, semejante a la de *Heterelmis*; los élitros presentan una carina sublateral aserrada y paralela al margen lateral.

Larvas: presentan tubérculos inconspicuos en la superficie dorsal del cuerpo; el último segmento abdominal es convexo dorsalmente.

Notelmis

Adultos: miden aproximadamente 3.4 mm; el pronoto es más largo que ancho, con los ángulos anterolaterales redondeados y con una impresión transversa; élitros con dos carinas sublaterales y con estrías punteadas. Habitan en aguas lóticas y lénticas en sustratos de grava, hojas y troncos en descomposición.

Larvas: No se encontró la descripción de esta larva en la literatura consultada.

Microcylløopus

Adultos: miden 2.5 mm aproximadamente; el pronoto posee una impresión en forma de Y, que parte desde la base de este y se ramifica hasta cerca de la mitad del mismo.

Larvas: todos los segmentos tienen hileras longitudinales de espinas dorsales muy cortas, menos notorias que las de *Heterelmis*; presentan manchas mediodorsales, las cuales son más gruesas en la parte posterior de cada segmento. Son abundantes en aguas lóticas.

Onychelmis

Adultos: No se encontró la descripción en la literatura consultada.

Larvas: miden 5.5 mm en promedio; presentan estructuras globulares en toda la superficie dorsal; la cabeza posee una sutura subcircular a cada lado. Viven en hábitats lóticos.

Hexacylløopus

Adultos: el pronoto presenta una impresión longitudinal media poco profunda, pero de mayor longitud de la que presenta *Cy-lloopus*; élitros con dos carinas sublaterales y sin estría accesoria.

Larvas: miden 5.5 mm, aproximadamente; los tergitos abdominales tienen una mancha clara en la línea media, la cual es más ancha en la mitad posterior de cada tergito; el último segmento abdominal es delgado y muy largo: tres veces más largo que ancho. Viven en hábitats lóticos.

Staphylinidae

Stenus

Adultos: miden entre 4.0 y 7.0 mm; tienen la cabeza muy pequeña y de forma ovala-



da; los élitros son truncados o muy reducidos, con la mayor parte de los segmentos abdominales expuestos; la última coxa es cónica y no se extiende lateralmente; la antena se encuentra insertada en el vértice, entre el margen interno de los ojos.

Larvas: las larvas de esta familia son poco conocidas (Merrit y Cummins, 1984). No se encontró la descripción de esta larva en la literatura consultada. Viven en ecosistemas lóticos y lénticos en áreas de abundante vegetación; algunos son terrestres.

Limnichidae

Eulimnichus

Adultos: miden entre 1.0 y 7.0 mm; son de cuerpo robusto, de color negro y muy pubescente; el pronoto tiene el margen anterior en línea recta y el posterior es convexo en su parte media; los tarsos de todas las patas tienen cinco segmentos, los primeros cuatro son lobulados y de menor tamaño que el 5º; élitros sin estrías. Viven en las zonas litorales de ecosistemas lóticos.

Larvas: no se encontró la descripción de esta larva en la literatura consultada.

Lutrochidae

Lutrochus

Adultos: miden 4.8 mm, aproximadamente; el cuerpo es negro y pubescente; la antena está dividida en 11 segmentos, los

dos primeros más largos que los demás; el escutelo es visible y semitriangular; el pronoto y los élitros presentan superficie punteada pero sin estrías.

Larvas: miden entre 5.0 y 10.0 mm; tienen cuerpo de color amarillo con manchas más oscuras; la cabeza es retráctil en el protórax; cada ojo posee cinco ocelos; el ápice del último segmento abdominal es redondeado como una aleta. Viven en aguas lóticas y lénticas entre la vegetación y residuos vegetales.

MEGALOPTERA

Corydalidae

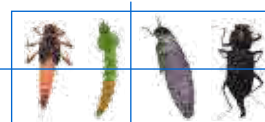
Corydalus

Miden entre 10.0 y 80.0 mm; son larvas muy grandes y llamativas; las mandíbulas son muy prominentes; tienen un par de propatas anales; las agallas abdominales son muy desarrolladas. Viven en aguas corrientes debajo de restos de vegetación, troncos, piedras y entre raíces de vegetación sumergida.

Sialidae

Sialis

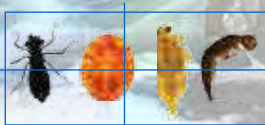
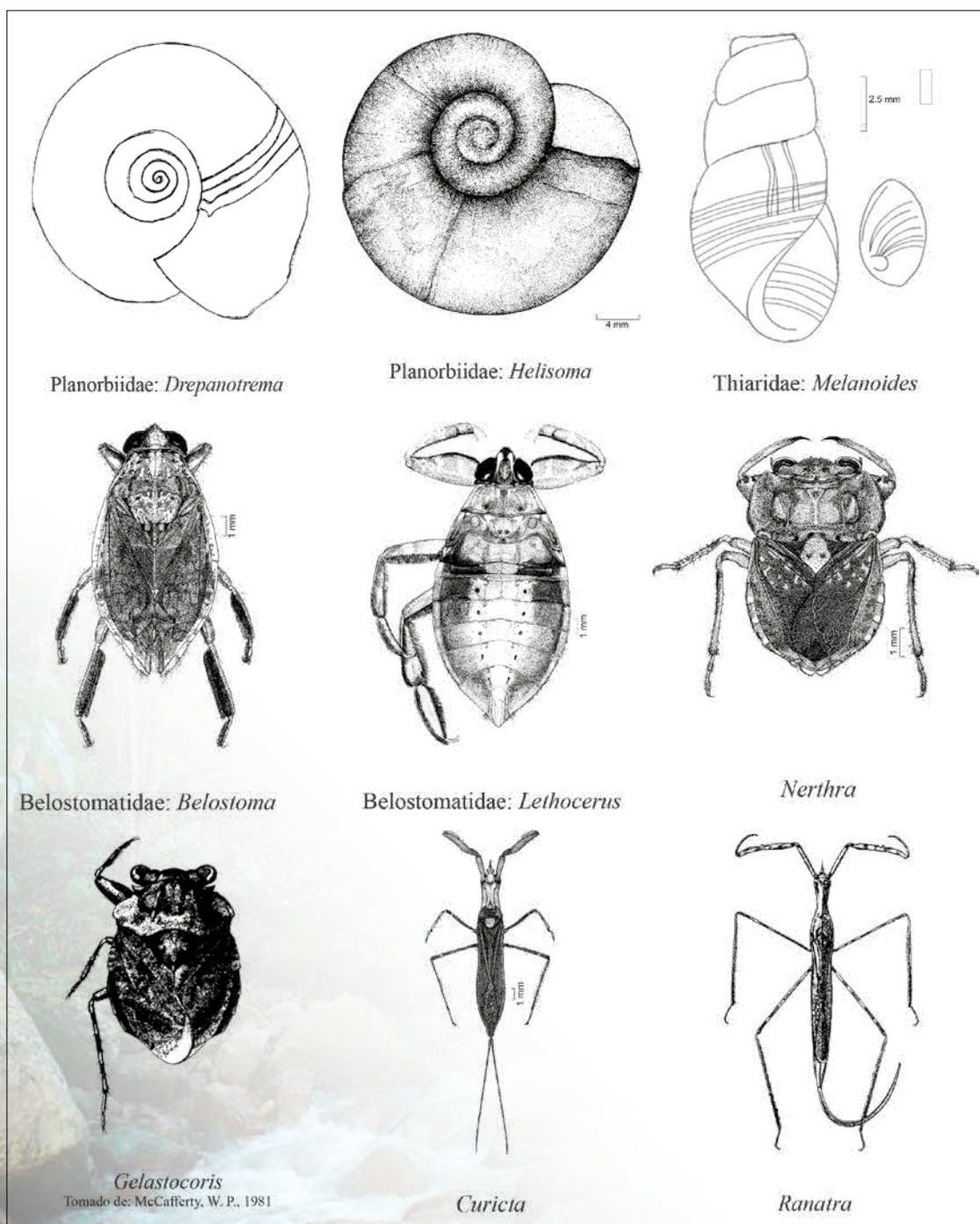
Miden entre 10.0 y 25.0 mm; presentan 7 pares de filamentos laterales en los segmentos 1º a 7º, cada uno con cuatro a cinco segmentos; poseen un solo filamento caudal largo. Viven en aguas lóticas y lén-



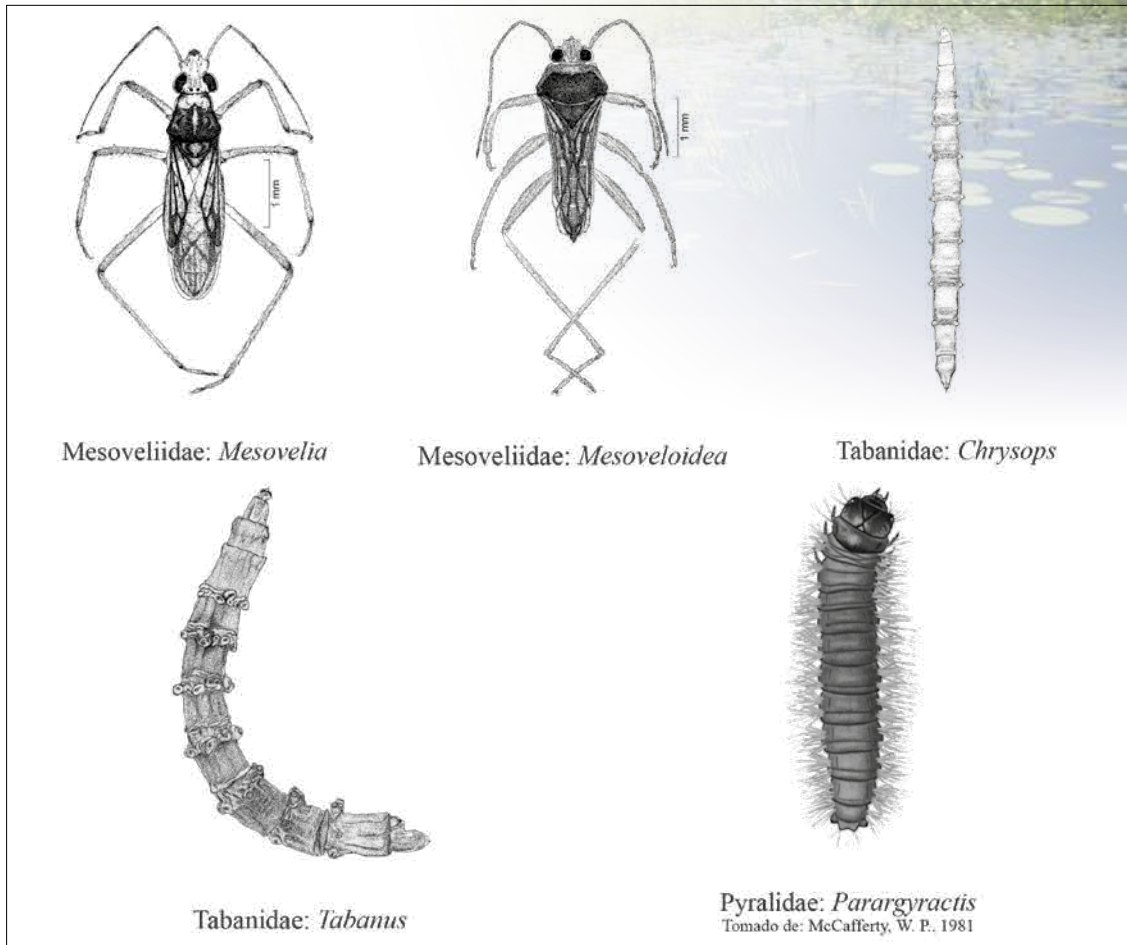
Plancha 6

Puntaje BMWP/Col: 5

Los organismos con este puntaje son caracte



Característicos de aguas moderadamente contaminadas



ticas.

Planorbiidae

Drepanotrema anatinum

Concha pequeña, subglobosa, amarilla o café; adornada con líneas muy finas; miden 3.5 mm de diámetro y 1.6 mm de ancho, aunque se pueden encontrar ejemplares con más de 4.0 mm de diámetro; cada vuelta

abarca la anterior.

Drepanotrema kermatoides

Concha delgada, de color ambar y translúcida; tamaño entre 9.0 y 11.0 mm de largo, y 1.25 y 1.75 mm de ancho; tienen de 6 a 7 vueltas que se van incrementando en diámetro lentamente. La periferia de la concha tiene un borde prominente muy distintivo.



Biomphalaria

Concha discoidal, de periferia redondeada; miden entre 10.0 y 20.0 mm de diámetro y son de color café claro; apertura amplia con un callo en la pared interna. Viven en todo tipo de aguas

Helisoma

Concha discoidal, de tamaño mediano a grande (18.0 mm de largo); con cinco giros, redondeada a la derecha y subangulosa a la izquierda: las vueltas aumentan rápidamente de diámetro.

Thiaridae

Aylacostoma

Miden entre 15.0 y 20.0 mm; concha turriiforme con espira alta y vueltas globosas, de color marrón verdoso, con bandas y puntos difusos de color rojizo. Viven en aguas limpias de montaña

Melanoides tuberculata

Concha grande, de 30.0 a 36.0 mm; turriiforme de espira alta que se presenta a menudo erosionada en su parte superior, esculpida con finas estrías espirales, y marcada con puntos o bandas rojizas.

HEMIPTERA

Belostomatidae

Belostoma

Miden entre 12.0 y 27.0 mm; la parte de la cabeza anterior a los ojos termina en forma cónica; rostro largo y delgado; patas posteriores no aplanadas. Viven en ciénagas y aguas estancadas con abundante vegetación y residuos.

Lethocerus

Miden entre 20.0 y 110.0 mm; es uno de los insectos acuáticos de mayor tamaño; la parte de la cabeza anterior a los ojos no termina en forma cónica, es redondeada; rostro corto y grueso; patas posteriores aplanadas. Comparten hábitat con el anterior.

Gelastocoridae

Nerthra

Miden entre 9.0 y 10.0 mm; cuerpo aplanado; ojos protuberantes; la frente presenta salientes aserradas; primer fémur muy ancho en la base, casi tan largo como ancho, de forma subtriangular. Viven en remansos de ríos y charcas (algunos son terrestres)

Gelastocoris

Miden entre 8.0 y 11.0 mm; la frente carece de varias salientes aserradas; primer fémur alargado en la base y no es subtriangular. Viven en remansos de ríos y charcas (algunos son terrestres).

Nepidae

Curicta

Miden entre 20.0 y 23.0 mm; cuerpo alargado; fémur de las patas anteriores más robusto que los demás; poseen dos prolongaciones caudales. Viven en charcas con desechos de vegetación y fango. Son indicadores de aguas medianamente contaminadas.

Ranatra

Miden entre 19.0 y 25.00 mm; cuerpo largo, delgado y cilíndrico; el margen anterior del pronoto no es más ancho que la



cabeza. Viven en charcas con desechos de vegetación y fango.

Mesoveliidae

Mesovelina

Miden entre 3.5 y 4.2 mm; cabeza triangular; antenas insertadas separadas de los ojos; uñas tarsales apicales; carecen de venas en la membrana de los hemiélitros. Viven en aguas lénticas y remansos de corrientes con mucha vegetación.

Mesoveloidea

Miden entre 2.8 y 3.0 mm; cabeza triangular; antenas insertadas junto a los ojos; uñas tarsales preapicales; presenta venas en la membrana de los hemiélitros. Viven en remansos de corrientes con mucha vegetación y patinan sobre el agua.

Tabanidae

Chrysops

Miden entre 20.0 y 22.0 mm; en corte transversal, el abdomen se ve formado por tres pares de lóbulos; tienen sifón alargado

y carecen de espina en el último segmento abdominal. Viven en aguas lóaticas y lénaticas con abundante materia orgánica en descomposición.

Tabanus

Miden entre 35.0 y 40.0 mm; el abdomen en corte transversal está formado por cuatro pares de lóbulos; el sifón es corto y presentan espina en el último segmento abdominal. Viven en aguas lóaticas y lénaticas con materia orgánica en descomposición.

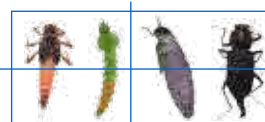
LEPIDOPTERA

Pyralidae

Es un grupo aún poco conocido; algunos fabrican capullos sedosos en los que filtran fitoplancton. Las larvas viven tanto en aguas lénaticas como lóaticas, sobre fondos pedregosos y vegetación sumergida.

Parargyractis

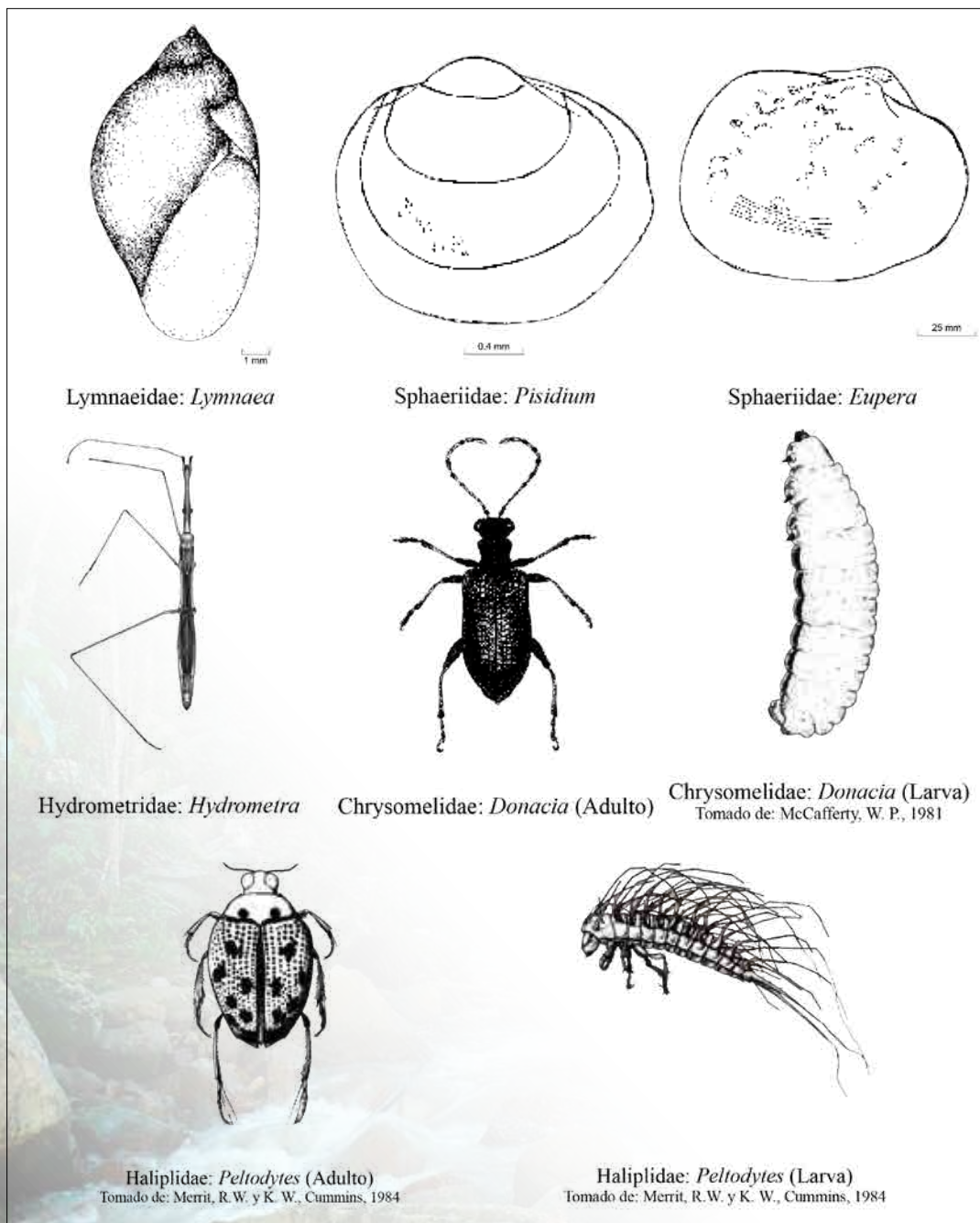
Miden aproximadamente 15.0 mm; pueden tener agallas o no; algunos construyen casas. Viven en aguas lóaticas y lénaticas asociados a plantas vasculares.



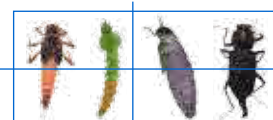
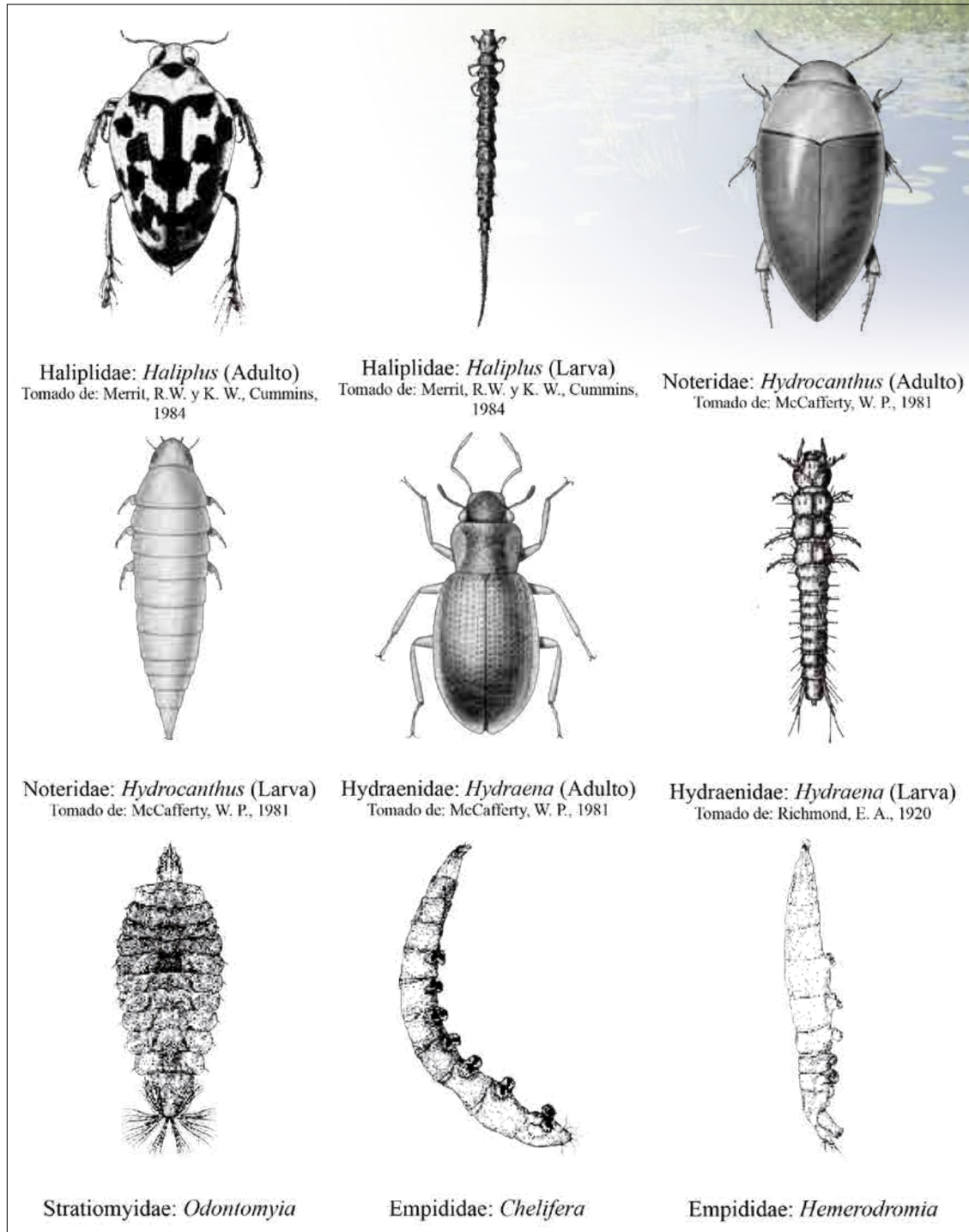
Plancha 7

Puntaje BMWP/Col: 4

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, aunque pueden presentarse al



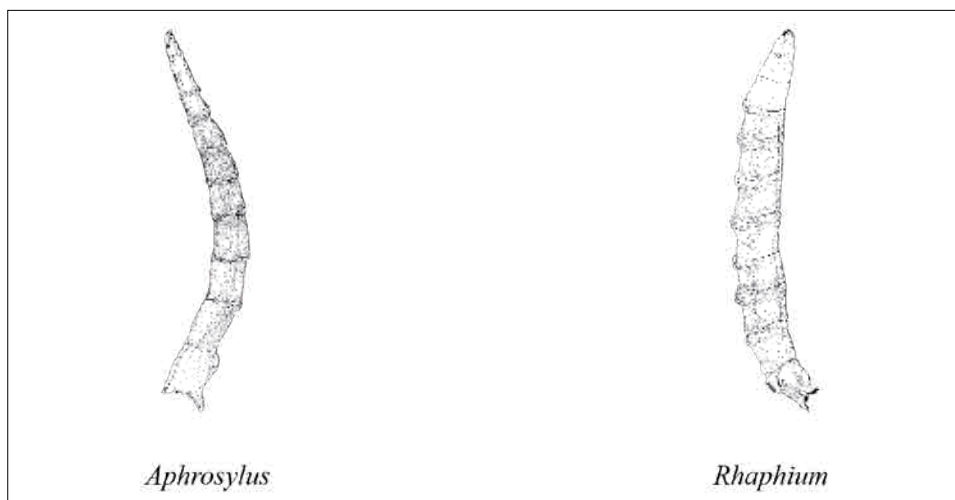
característicos de aguas moderadamente contaminadas,
algunos de aguas contaminadas



Plancha 7

Puntaje BMWP/Col: 4

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas moderadamente contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas contaminadas



GASTROPODA

Lymnaeidae

Lymnaea cousini

Miden entre 1.0 y 8.5 mm de largo y 6.0 mm de ancho; de forma cónica ovalada; apertura grande y ovalada; espira cónica con las suturas bien marcadas.

Lymnaea columella

Concha grande, de 6.5 a 13.0 mm: ovalada, con espira muy corta y la última vuelta muy grande, de color café y superficie brillante; apertura oblonga y ovalada, con labio interno que cubre el ombligo. Abundantes en aguas medianamente contaminadas, aunque con poblaciones pequeñas en aguas limpias.

BIVALVIA

Sphaeriidae

Pisidium casertanum

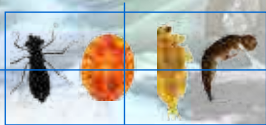
Concha pequeña de 5.0 mm de alto; de color blanco y umbo relativamente amplio.

Sphaerium forbesi

Concha muy pequeña (3.0 mm), convexa, con superficie brillante, de color amarillento y finamente estriada.

Eupera simoni

Concha pequeña, de máximo 5.0 mm de largo; es oval, oblonga, de color amarillento y adornada con grupos de puntos pequeños; umbos poco prominentes.



HEMIPTERA

Hydrometridae

Hydrometra

Miden entre 14.0 y 16.0 mm; tienen cuerpo alargado y muy delgado con patas como hilos; la cabeza es muy alargada y con tres pares de setas; los hemiélitros son más cortos que el abdomen. Viven en aguas lénticas y remansos en orillas de corrientes.

COLEOPTERA

Chrysomelidae

Donacia

Adultos: miden entre 3.5 y 8.0 mm; la antena es filiforme y más larga que la cabeza y el tórax combinados; el 1^{er} esternito abdominal tan largo como los otros combinados; los élitros carecen de espina en el ángulo apical externo.

Larvas: miden entre 3.0 y 6.0 mm; cuerpos blandos, de color blanco o crema; los espiráculos del 8^o segmento abdominal forman dientes dorsales esclerotizados; los escleritos no se diferencian. Viven en aguas lénticas y lólicas, sobre vegetación de litoral.

Halipidae

Peltodytes

Adultos: miden menos de 5.5 mm; el pronoto cuenta con una mancha negra a cada lado cerca del margen posterior y de la línea media; la última placa coxal es grande y solamente el último esternito abdominal está completamente expuesto; los élitros poseen estrías finas por lo menos en la mitad apical.

Larvas: presentan proyecciones en los segmentos abdominales de las cuales salen largos filamentos; las patas tienen uñas simples. Viven en aguas lólicas y lénticas con vegetación, y en zonas erosionadas.

Halipus

Adultos: miden entre 4.0 y 5.0 mm; pronoto con los lados más anchos en la base y convergen en la parte anterior; a parte media del proexterno y la base del proceso prosternal con una elevación en forma de mesa o lengua; los platos coxales cubren las últimas coxas y los primeros segmentos abdominales.

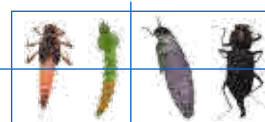
Larvas: todos los segmentos abdominales presentan proyecciones o espinas laterales; el dorso del cuerpo puede tener espinas conspicuas o no tenerlas; el último segmento abdominal cuenta con espinas prominentes. Viven en aguas lénticas asociados a la vegetación.

Noteridae

Hydrocanthus

Adulto: miden más de 4.0 mm; los élitros poseen manchas rojizas, cafés, amarillentas o completamente negros; el escutelo está cubierto; el último segmento del palpo maxilar es curvado y truncado en el ápice; la tibia de la 1^a pata presenta una fuerte proyección encorvada en forma de espuela.

Larva: miden entre 3.0 y 6.0 mm; el cuerpo es cilindriforme, no globular; el 3^{er} segmento de la antena es aproximadamente tres veces más largo que el 4^o; las mandíbulas



son simples. Viven en remansos y orillas de ecosistemas lóticos y lénticos asociados a la vegetación.

Hydraenidae

Hydraena

Adultos: miden entre 1.0 y 2.0 mm; el palpo maxilar es mucho más largo que la antena; el pronoto posee punteaduras; la base del pronoto es más estrecha que la base de los élitros. Larvas: miden entre 3.0 y 6.0 mm; el último segmento abdominal tiene dos uñas y dos cercis de dos segmentos. Viven en aguas lóaticas en la zona litoral.

DIPTERA

Stratiomyidae

Odontomyia

Miden entre 20.0 y 30.0 mm; el cuerpo es segmentado, aplanado y espinoso; presenta cámara respiratoria en el extremo del abdomen con un círculo de cerdas. Viven en márgenes de corrientes, charcas y pantanos, adheridos a sustratos flotantes y sumergidos.

Empididae

Chelifera

Miden entre 5.0 y 6.0 mm; los segmentos abdominales tienen prolongaciones terminadas en ganchos. Viven en corrientes lentas, adheridos a la vegetación.

Hemerodromia

Miden entre 4.0 y 5.0 mm; similares a *Chelifera*; el último segmento abdominal termina en tres prolongaciones: la central es bifida y con setas cortas. Comparten hábitat con el anterior.

Dolichopodidae

Aphrosylus

Miden entre 6.0 y 7.0 mm; el disco espiracular está formado por nueve lóbulos; la placa anal presenta tres lóbulos. Viven en corrientes lentas en áreas marginales, adheridos a vegetación.

Rhaphium

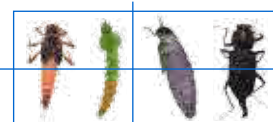
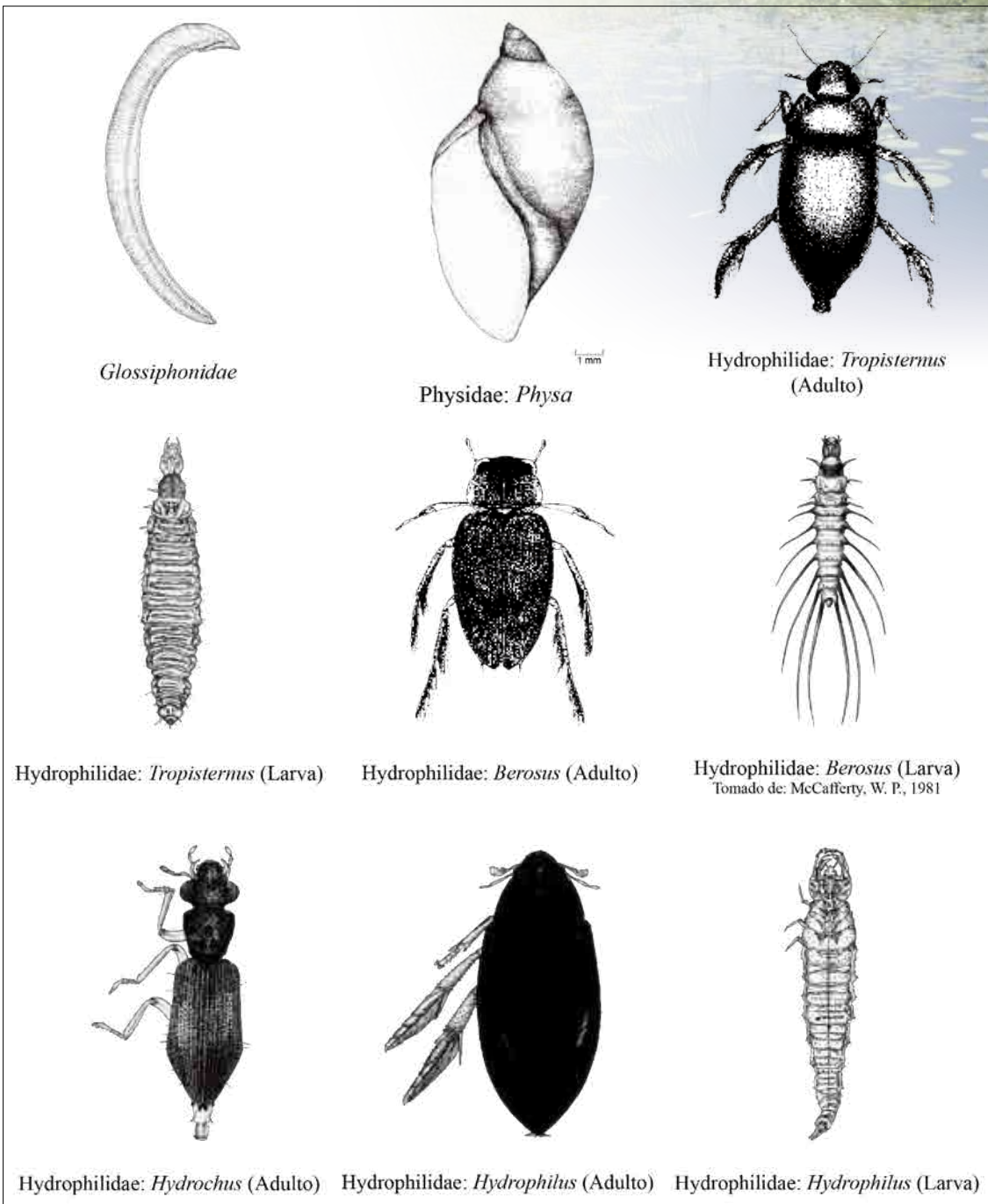
Miden entre 12.0 y 13.0 mm; el disco espiracular está formado por cuatro lóbulos; la placa anal presenta dos lóbulos. Comparten hábitat con *Aphrosylus*.



Plancha 8

Puntaje BMWP/Col: 3

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas muy contaminadas



Plancha 8

Puntaje BMWP/Col: 3

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas muy contaminadas



Tipulidae: *Limonia*



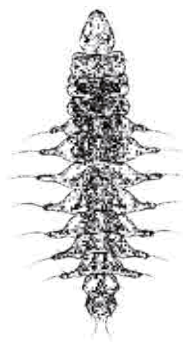
Tipulidae: *Tipula*



Tipulidae: *Molophilus*



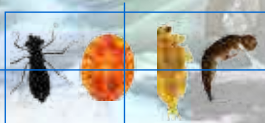
Tipulidae: *Hexatoma*



Ceratopogonidae: *Atrichopogon*



Ceratopogonidae: *Stilobezzia*



ANNELIDA

Hirudinea

Glossiphoniidae

Miden entre 5.0 mm y 45.0 mm. Viven en aguas quietas y de poco movimiento, sobre troncos, rocas, plantas y residuos vegetales.

Larvas: miden entre 1.5 y 3.5 mm; el pronoto es completamente esclerotizado; el meso y metanoto tienen escleritos reducidos de forma triangular; presentan pequeñas proyecciones laterales en los segmentos abdominales. Viven en aguas lóaticas y lénticas con abundante vegetación acuática.

GASTROPODA

Physidae

Physa cubensis

Conchas entre 9.0 y 12.3 mm de largo y entre 4.3 y 6.4 de ancho; de forma ovalada, delgadas, de color café, con cinco vueltas de salientes moderadas. La concha tiene a menudo incrustaciones negras en la espira que son depósitos de óxidos férricos. Se encuentran en todo tipo de aguas, pero con preferencia en aguas contaminadas.

Berosus

Adultos: miden entre 1.5 y 4.5 mm; son de color café o amarillo semitransparente; no poseen quilla ventral; presentan un canal longitudinal en el pronoto; el ápice de los élitros posee espinas; las tibias de la 2ª y 3ª pata tienen pelos nadadores en el margen interno.

Physa marmorata

La concha es delgada, de color café, ovalada; superficie lustrosa y clara, espira elevada, vueltas de la concha convexa y apertura elongada. Se encuentran en aguas limpias y de preferencia en ecosistemas lénticos.

Larvas: miden entre 1.5 y 4 mm; los primeros siete segmentos abdominales presentan agallas traqueadas largas; antena con su punto de inserción más alejado del ángulo anterolateral de la cabeza que de los puntos de inserción de las mandíbulas; poseen mandíbulas asimétricas. Comparten el mismo hábitat con *Tropisternus*.

Hydrochus

Adultos: miden 3.9 mm aproximadamente; ojos protuberantes; el pronoto es más estrecho que la base de los élitros y carece de canal longitudinal; escutelo muy pequeño; antena con tres o menos segmentos antes de la cúpula (porra).

COLEOPTERA

Hydrophilidae

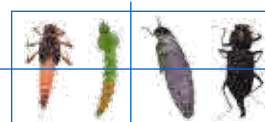
Tropisternus

Adultos: raramente exceden los 12.0 mm; presentan una quilla ventral larga, que se prolonga hasta más allá de la coxa de la 3ª pata; antena generalmente con cinco segmentos antes de la cúpula (porra); el último segmento tarsal de la 1ª pata es mucho más largo que los demás.

Larvas: antena con su punto de inserción más cerca del ángulo anterolateral de la cabeza que de los puntos de inserción de las mandíbulas; labio y maxila insertados en un surco entre la cabeza. Viven en aguas lóaticas y lénticas.

Hydrophilus

Adultos: generalmente miden más de 25.0 mm; presentan color negro intenso; la an-



tena tiene seis segmentos antes de la cúpula (porra), el 6º en forma de copa y con numerosos pelos largos; los élitros presentan manchas claras sublaterales en la mitad inferior; tienen una quilla ventral larga, que se prolonga hasta más allá de la coxa de la 3ª pata.

Larvas: el 1º segmento de la antena es más largo que los dos siguientes combinados; mandíbulas asimétricas, la izquierda muy gruesa y la derecha más delgada; pronoto parcialmente esclerotizado. Viven en hábitats lóticos y lénticos en zonas de remanso y con vegetación marginal y sumergente.

DIPTERA

Tipulidae

Limonia

Miden entre 6.8 y 8.0 mm; los segmentos torácicos y abdominales son cortos y con manchas dorsales; el disco espiracular cuenta con cuatro lóbulos. Viven sobre sustratos con mucho perifiton.

Tipula

Miden entre 13.0 y 15.0 mm; el disco espiracular posee seis lóbulos; el cuerpo es oscuro y tiene setas distribuidas irregularmente. Viven en aguas lóticas y lénticas con materia orgánica en descomposición.

Molophilus

Miden entre 10.0 y 15.0 mm; el disco espiracular posee cinco lóbulos divididos por manchas oscuras en una protuberancia regularmente ensanchada. Viven en aguas

lóticas sobre fondos arenosos y materia orgánica en descomposición.

Hexatoma

Miden entre 12.0 y 15.0 mm; el disco espiracular se encuentra sobre una superficie muy abultada; los lóbulos laterales son alargados y están traspasados por cerdas endurecidas. Comparten hábitat con el anterior.

Ceratopogonidae

Atrichopogon

Miden entre 6.0 y 7.0 mm; el cuerpo es aplanado; pueden presentar o no setas esclerotizadas en el 1º segmento torácico; tienen proyecciones en el tórax; poseen procesos laterales a lo largo del cuerpo. Viven en aguas lóticas adheridos a rocas emergentes.

Stilobezzia

Miden entre 12.0 y 14.0 mm; la cabeza es tan ancha como larga; las setas anales son muy cortas, aparentemente ausentes. Viven en aguas lénticas, en charcas y lagos con material vegetal en descomposición.

Alluaudomyia

Semejante al anterior, pero la cabeza es un poco más larga y las setas anales del último segmento abdominal más largas que este. Comparten hábitat con el anterior.

Probezzia

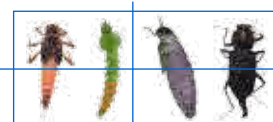
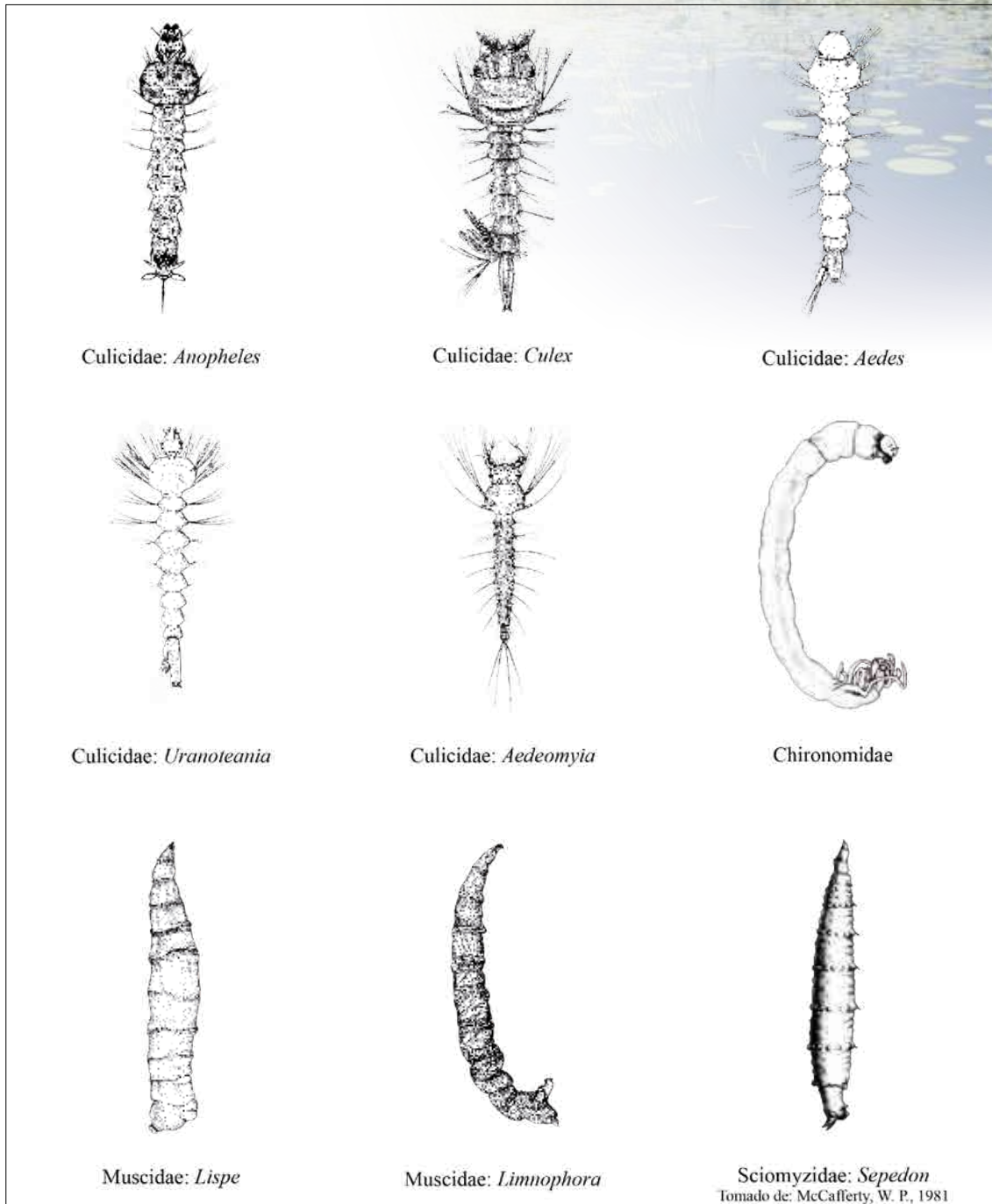
La cabeza es dos veces más larga que ancha y las setas anales tan largas como el último segmento abdominal. Comparten hábitat con los anteriores.



Plancha 9

Puntaje BMWP/Col: 2

Los organismos con este puntaje son característicos de aguas muy contaminadas



DIPTERA

Culicidae

Anopheles

Miden entre 8.0 y 9.0 mm; el 8º segmento abdominal carece de sifón; el abdomen termina en una cámara respiratoria; el tórax y el abdomen presentan cerdas laterales plumosas y penachos de cerdas dorsales. Viven en aguas lénticas en la línea divisoria agua-aire colocados horizontalmente respecto de la superficie del agua; se adaptan muy bien a vivir en recipientes, huecos de troncos y similares.

Culex

Miden entre 8.0 y 10.0 mm; tórax muy desarrollado; el 8º segmento abdominal presenta un sifón más largo que ancho, el cual posee pecten y varios pares de cerdas basales simples en la parte ventral. Viven en charcas y pozos temporales; se establecen en la línea agua-aire en un ángulo de 45°.

Aedes

Miden entre 5.0 y 6.0 mm; el segmento anal presenta una placa dorsal esclerotizada; el 8º segmento abdominal posee un sifón más largo que ancho. Comparten hábitat con el anterior.

Uranotaenia

Miden entre 4.5 y 5.0 mm; el segmento anal carece de placa esclerotizada; el 8º segmento abdominal presenta una placa quitinosa con una fila de dientes en el margen. Comparten hábitat con los anteriores.

Aedeomyia

Miden entre 4.0 y 5.0 mm; el 8º segmento abdominal carece de placa quitinosa; la antena es aplanada y ancha; las setas to-

rácicas son muy largas y las del sifón son plumosas. Comparten hábitat con los anteriores.

Chironomidae

La larva varía en tamaño, mide entre 2.0 y 30.0 mm; es una familia muy compleja, que posee varias subfamilias. En general, presentan cabeza capsulada, no retráctil y esclerotizada; el tórax y abdomen están fusionados, son alargados y cilíndricos; poseen prolongaciones en el protórax y en el último segmento abdominal. Viven en aguas lólicas y lénticas con abundante materia orgánica en descomposición. Algunos, como *Chironomus*, viven en aguas muy contaminadas; otros pueden vivir en aguas limpias.

Muscidae

Lispe

Miden entre 10.0 y 12.0 mm; el último segmento abdominal es cónico y tiene un tubérculo espiracular anal; la placa anal se compone por tres lóbulos. Viven en márgenes de corrientes, adheridos a superficies rocosas y material orgánico en descomposición.

Limnophora

Miden entre 14.0 y 15 mm; el último segmento abdominal termina en dos prolongaciones provistas de espinas. Comparten hábitat con *Lispe*.

Sciomyzidae

Sepedon

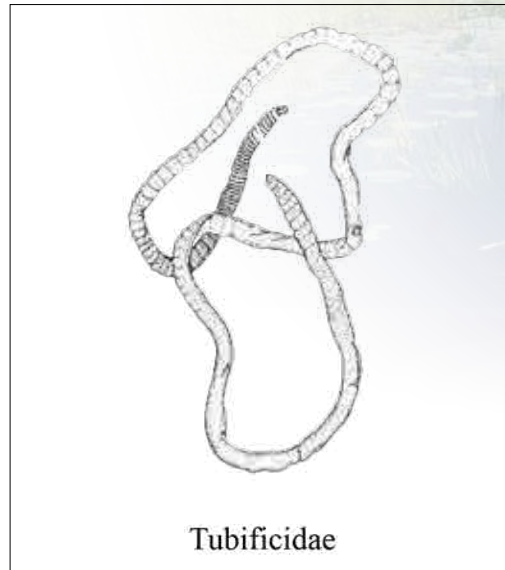
Los segmentos del cuerpo están cubiertos por pelos finos; el disco espiracular presenta lóbulos débilmente elevados. Viven en aguas lénticas en la zona litoral, a veces en charcas temporales.



Plancha 10

Puntaje BMWP/Col: 1

Los organismos con este puntaje son característicos de aguas altamente contaminadas.



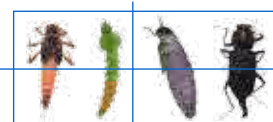
ANNELIDA

Oligochaeta

Tubificidae

Miden entre 1.0 y 30.0 mm. La mayoría viven en aguas eutroficadas, sobre fondos

lodosos con abundante materia orgánica en descomposición. Son de color rojo debido a la hemoglobina presente; en condiciones extremas de contaminación forman manchas rojas en el fondo de las orillas de los ríos.



Glosario

A

Abdomen: (del latín abdomen) tercera gran región del cuerpo de los insectos, compuesta generalmente por nueve a once anillos o segmentos y desprovista de patas en el estado adulto.

Abdominal: relativo al abdomen.

Ácaro: nombre común de los miembros del Orden Acarina, de tamaño pequeño hasta microscópico.

Acuático: que vive o habita sobre o dentro del agua.

Adaptación: (del latín ad, hacia; apto, apto) fenómeno por el cual se modifican ciertos aspectos de un organismo, lo cual permite adecuarse al ambiente o a la función.

Adulto: (del latín adultus) insecto totalmente desarrollado y sexualmente maduro. Estado de la vida en el cual el organismo adquiere la estructura definitiva que le corresponde específicamente.

Agalla: abultamiento anormal de un órgano o tejido vegetal causado por un estímulo externo.

Ala: órganos laminados, membranosos, reforzados con venas y articulados, para

el vuelo de los insectos: El par anterior es mesotorácico y el posterior metatorácico.

Alado/a: que posee alas o se moviliza por medio de ellas.

Anal: relativo al ano.

Anillo: estructura anuliforme esclerosada de la faloteca, que soporta y a menudo rodea el edeago.

Ano: abertura posterior del tubo digestivo por la que son eliminados los residuos alimenticios.

Antena: cada uno de los dos apéndices sensoriales segmentados que se observan en la cabeza.

Antenal: relativo o perteneciente a la antena.

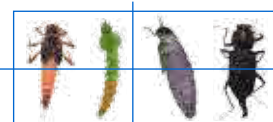
Anterolateral: situado lateralmente y hacia delante.

Apéndice: parte del cuerpo del animal unida o contigua a otra principal.

Apical: relativo o perteneciente al ápice. Se dice de la parte del órgano que está más alejada de la base.

Ápice: (del latín *apex*, cima, ápice) en, cerca de, o perteneciente al extremo.

Apnéustica: tipo de respiración que se cumple en insectos que carecen de estig-



mas o espiráculos o bien estos no son funcionales.

Áptero: sin alas.

Armadura: conjunto de procesos esclerosados del tegumento.

Artrópodo: (del griego *arthron*, articulación; *podos*, pie) gran grupo de animales invertebrados que presentan el cuerpo y los apéndices articulados y revestidos de quitina, incrustada o no de sales calcáreas, que constituyen un exoesqueleto.

Aserrado: ver Serrado.

B

Basal: relativo a la base. Que se encuentra cerca del inicio u origen.

Boca: abertura anterior del tubo digestivo.

Braquíptero: dicese de los insectos que tienen alas cortas.

Bucal: relativo a la boca.

Búcula: cada una de las expansiones situadas a cada lado del segmento basal del rostro de algunos hemípteros, y de importancia taxonómica.

C

Cabeza: primera gran región del cuerpo de los insectos, compuesta generalmente por 6 a 9 escleritos, más o menos soldados entre sí.

Carena o Carina: engrosamiento del exoesqueleto en forma de línea o banda.

Cauda: cualquier proceso o expansión terminal del abdomen. Se aplica también al último o últimos segmentos abdominales.

Caudal: perteneciente o relativo a la cauda.

Cefálico/a: relativo o perteneciente a la cabeza.

Cefalotórax: parte anterior del cuerpo de los arácnidos formada por la unión de la cabeza y el tórax.

Cercos: apéndices ubicados en la cara tergal de uno de los últimos urómeros, por lo general el décimo.

Cerda: especie de pelo grueso y duro.

Clava: área interna del corión de un hemiólitro. Los últimos segmentos de la antena gradualmente engrosada.

Clavada/o: se dice de las antenas que terminan en un clava. Aplícase también a pelos, setas u otros.

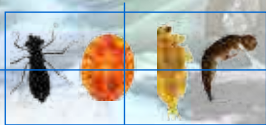
Clípeo: esclerito impar ubicado en la cara anterior de la cabeza, entre la frente y el labro. También llamado epistoma.

Coleópteros (Coleoptera): (del griego *ko-leos*, estuche; *pteron*, alas) orden de insectos, cuya característica principal es que el primer par de alas se encuentran transformadas y endurecidas, protegiendo al segundo par.

Comisura: punto de unión de ciertas partes.

Coriácea: relativo o semejante al cuero.

Corio: envoltura externa o cáscara del huevo. Parte basal coriácea de un hemiólitro. Membrana articular esclerosada que



Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

separa dos porciones esclerosadas del tegumento.

Coxa: segmento basal de la pata por medio del cual esta se articula al tórax.

Cubital, Nervadura: quinta nervadura principal del ala de los insectos.

Cuello: región intersegmental flexible entre la cabeza y el tórax.

Cuerpo Alado: glándula endocrina de la cabeza situada detrás del cerebro, la cual segrega una hormona que provoca la muda de las larvas.

Cutícula: (del latín *cutis*, piel) capa externa no celular del tegumento de los insectos.

CH

Chinche: nombre que se da a la mayoría de los animales miembros del orden Hemiptera (Heteroptera).

Chupador, Aparato bucal: tipo de aparato bucal cuyas piezas están adaptadas para sorber líquidos.

D

Dimorfismo: fenómeno común en los animales en el que individuos de una especie o determinados órganos se presentan en dos o varias formas distintas. Las diferencias entre el macho y la hembra representan un tipo de dimorfismo (sexual).

Dípteros (Diptera): (del griego *di*, dos; *pteron*, alas) orden de insectos provistos de un solo par de alas desarrolladas, las del segundo par están atrofiadas o convertidas en balancines.

Distal: (del latín *disto*, estar lejos) alejado del punto de unión o de origen.

Dorsal: relativo al dorso.

Dorso: (del latín *dorsum*, espalda, dorso) cara superior del cuerpo que se extiende por encima de las regiones pleurales.

E

Élitro: en coleópteros, cada una de las alas esclerosadas del primer par.

Emarginado: carente de margen.

Embolio: porción costal diferenciada del corión de los hemiólitros.

Epicraneal, Sutura: sutura en forma de "Y" dispuesta sobre la cara dorsal de la cabeza.

Epicráneo: cara dorsal o superior de la cabeza, que se extiende desde la frente hasta el cuello.

Epifaringe: lóbulo impar adherido a la cara interna del labro.

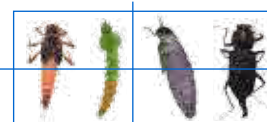
Epipleura: escleritos basal y subalar.

Epiprocto: pieza dorsal que cubre el ano.

Esclerito: cada una de las piezas del exoesqueleto, delimitada por suturas.

Esclerotizada o Esclerosada: que posee escleritos, láminas duras, quitinosas o calcáreas.

Escudete: mesoescutelo triangular destacado de los Hemiptera, dispuesto generalmente entre las bases de los hemiólitros.



Escudo: segundo esclerito del meso y metanoto, visible en algunos casos también en el pronoto. Cubierta protectora de los homópteros *Diaspididae*, constituida por las exuvias y las secreciones del insecto.

Escutelo: tercer esclerito del meso y metanoto, visible en algunas especies también en el pronoto.

Especie: categoría taxonómica que constituye la unidad de clasificación de los organismos. Conjunto de individuos o poblaciones con características comunes y que en condiciones naturales son interfértiles.

Espiráculo: cada uno de los orificios pares de los segmentos del cuerpo a través de los cuales penetra el aire a las tráqueas. Abertura exterior del aparato respiratorio.

Espolón: cada una de las cerdas fuertes o espinas en el extremo distal de la tibia de algunos insectos.

Estadio: (del griego *stadium*, espacio) en los estados larval y ninfal, el lapso que media entre dos mudas.

Estado: cada uno de los períodos definidos y diferenciados en la metamorfosis de los insectos.

External, Sutura: sutura transversal que divide al eusterno en una porción anterior y otra posterior.

Esternito: escleritos que dividen el área esternal de cada anillo o segmento.

Esterno: arcada ventral o inferior de un segmento. Aplícase especialmente a la arcada ventral del tórax.

Estilete: pieza bucal delgada, larga y puntiaguda que forma el aparato bucal chupador.

Estriduladora, Pata: tipo de pata que posee dispositivos para producir ruidos.

Excavado: que presenta excavaciones o depresiones.

F

Familia: categoría taxonómica básica empleada en la clasificación de los organismos vivos. Constituye la principal división de un orden y está ubicada entre este y el género. Cada familia está conformada por uno o más géneros relacionados.

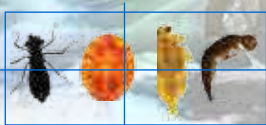
Faringe: primera porción del estomodeo que se extiende desde la boca hasta el esófago, y que a veces constituye un simple ensanchamiento de este último.

Fase: cada uno de los aspectos y formas de vida que toma una misma especie de insecto, de acuerdo a las características del ambiente en que se desarrolla.

Fémur: segmento de la pata, casi siempre el de mayor tamaño, espesor y potencia, que se articula al tórax por medio de la coxa y el trocánter, y está unido a la tibia en su parte distal.

Filiforme, Antena: tipo de antena larga y delgada, semejando un hilo, que se caracteriza por poseer los artejos de igual diámetro.

Frente: esclerito impar de la cara anterior de la cabeza situado entre el epicráneo y el cípeo.



Frontal, Poro: orificio ubicado en la fontanela o en el ápice del tubérculo frontal en *Isoptera*, que comunica con una glándula cefálica excretora.

G

Gena: porción lateral de los parietales de la cabeza, situada por debajo y detrás de los ojos compuestos.

Género: categoría taxonómica básica empleada en la clasificación de los seres vivos. Constituye la principal división de una familia y está ubicado entre esta y la especie. Cada género está formado por una o más especies relacionadas.

Glosa: par de lóbulos medianos en la lígula del labio.

H

Hábitat: (del latín *habitare*, habitar) nombre que se aplica para designar el lugar donde vive un organismo.

Hemimetábolo: insecto con metamorfosis incompleta de tipo hemimetabolía.

Hemípteros (*Hemiptera*): (del griego *hemi*, medio; *pteron*, alas) orden de insectos provistos de un aparato bucal picador-chupador y alas anteriores gruesas en la base y delgadas en los extremos (hemiélitros), como en las chinches.

Heteróptero: (del latín *hetero*, distinto, variado; *pteron*, alas) insecto con alas cuya textura varía en distintas partes.

Hexápodo: con seis patas. Denominación también utilizada para designar a los insectos.

Hipofaringe: lóbulo medio ubicado en la cavidad oral sobre la cara interna del labio, semejando una lengua, y que cumple funciones sensoriales.

Holometábolo: insecto con metamorfosis completa de tipo holometabolía.

Holotipo: un único ejemplar designado como tipo por el autor de la especie en la descripción original.

Homópteros (*Homoptera*): orden de la clase *Insecta* que incluye a las cigarras y a los áfidos. Aparato bucal chupador y pico que se proyecta desde la parte posterior de la cabeza. Con dos pares de alas membranosas. Algunas especies poseen órganos productores de sonido. Presentan metamorfosis gradual, algunas veces completa en los machos de algunas especies. Algunas especies son dañinas para la agricultura.

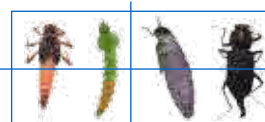
Huésped: animal o planta en cuyo cuerpo se aloja un parásito.

Huevo: primer estado del desarrollo de los insectos. Célula resultante de la unión de los gametos y que por división celular producirá un nuevo ser.

I

Imago: insecto adulto.

Insecto: (del latín *in*, en; *sectum*, seccionado) artrópodo caracterizado en general por poseer tres pares de patas articuladas, uno o dos pares de alas y el cuerpo dividido en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen) y cubierto de quitina. Constituyen el grupo más numeroso y difundido del reino animal.



Instar: estadío o estado.

Invertebrado: (del latín in, privativo; *vertebra*, vértebra) dicese de los animales que carecen de columna vertebral y huesos en general. Opuesto a vertebrados.

J

Juvenil: estado joven del ciclo vital de un animal, normalmente desde el estadío de larva hasta que alcanza la madurez sexual.

L

Labio: órgano que cierra por atrás la cavidad preoral, compuesto por la fusión de los apéndices del segmento labial.

Labro: lóbulo cefálico distal, unido al clípeo.

Lígula: lóbulo medio distal del labio, formado por la fusión de glosas y paraglosas.

M

Mandíbulas: primer par de apéndices del aparato bucal, adaptados para cortar y masticar alimentos, entre otras funciones.

Maxilas: Segundo par de apéndices del aparato bucal, involucrados en la obtención y procesamiento de alimentos.

Mentum: esclerito distal del postlabio

O

Ocelo: órgano visual unifacetado. Ojo simple.

Ojo compuesto: órgano complejo de la visión formado por un conjunto de unidades llamadas omatidios, comunicados con los lóbulos ópticos del cerebro.

Omatidio: órgano básico de la vista en el ojo compuesto, formado por un aparato recolector de la luz y un aparato sensorial.

Orden: categoría taxonómica básica empleada en la clasificación de los animales. Constituye la principal división de una Clase y está ubicado entre esta y la Familia. Cada orden está formado por una o más familias relacionadas.

Organismo: ser viviente que funciona como una unidad y está organizado de acuerdo a la especie a la cual pertenece.

Órgano: estructura que constituye una unidad específica estructural y funcional dentro de un organismo. Está constituido por un conjunto de tejidos distintos, unidos estructuralmente y que realizan una función compleja orientada hacia un objetivo común.

P

Palpígero: lóbulo lateral par del prelabio al cual se articula el palpo labial.

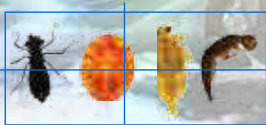
Palpo: cada uno de los apéndices sensoriales segmentados del aparato bucal.

Paraclípeo: en algunas orugas, escleritos adyacentes al clípeo.

Paraglosa: cada uno de los dos lóbulos laterales de la lígula del labio.

Paratipo: todo ejemplar perteneciente a la serie original y utilizado, mencionado o enumerado por el autor en la descripción de una especie y que no fue considerado ni holotipo ni alotipo.

Parietal: area lateral del cráneo por debajo de la sutura coronal, entre la frente y el occipucio.



Pedúnculo: proceso en forma de tallo que sirve de soporte a huevos, órganos u otras estructuras.

Peine: saliente estrecha, dentada terminal o lateralmente.

Picador, Aparato Bucal: tipo de aparato bucal que se caracteriza por tener sus piezas funcionales en forma de cerdas, adaptadas para ser introducidas en los tejidos, succionar jugos e inyectar saliva.

Piloso: con pelos.

Placa mandibular: esclerito lateral en la cabeza de los hemípteros y homópteros, que sirve de base al estilete mandibular.

Placa maxilar: esclerito lateral en la cabeza de los hemípteros y homópteros, que sirve de base al estilete maxilar.

Pleura: cada una de las caras laterales de un anillo o segmento.

Plumosa, Antena: tipo de antena que se caracteriza por poseer gran número de cilios o pelos largos que le confieren el aspecto de una pluma.

Población: (del latín *populus*, pueblo) conjunto de organismos semejantes, pertenecientes a una misma especie, que viven en un mismo lugar y en un momento determinado.

Postlabio: mitad basal del labio, separada del prelabio por el surco labial.

Postmentum: Esclerosamiento posterior del postlabio; puede dividirse en mentum y submentum.

Prelabio: Mitad anterior del labio separada del postlabio por una sutura labial.

Premetum: Placa esclerosada que cubre por atrás al prelabio y lleva a las glosas, las paraglosas y a los palpos.

Prognato: que tiene la cabeza horizontal con las piezas bucales dirigidas hacia delante, es decir, que el eje cefálico forma ángulo obtuso con el eje del cuerpo.

Pronoto: cara superior del protórax de los insectos. Arcada dorsal o tergal del protórax.

Protórax: anillo o segmento primero o anterior del tórax portador del primer par de patas.

Pupa: (del latín *pupa*, muñeca) estado de los insectos, intermedio entre larvas y adultos, caracterizado por no alimentarse y una escasa o nula movilidad. Durante este se produce una serie de procesos de histólisis, histogénesis y necrosis (metamorfosis).

Q

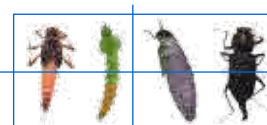
Quitina: polisacárido nitrogenado, presente principalmente en la endocutícula del tegumento de los insectos y responsable de la flexibilidad y extensibilidad del mismo.

R

Rostrum, rostro: parte superior de la probóscide de los dípteros, entre el borde de la cabeza y la base del labro. Probóscide de hemípteros, homópteros y otros insectos chupadores.

S

Segmento: (del latín *segmentum*, segmento) cada una de las partes que conforman



los apéndices y regiones del cuerpo de los insectos, principalmente patas y antenas.

Serrado: que posee dientes como los de una sierra. Especialmente aplicado a márgenes o bordes y a las antenas. Aserrado.

Seta: macrotrico, cerda.

Submentum: esclerito basal del postlabio, articulado a la cabeza.

Surco: depresión lineal, hendidura.

Sutura: línea de unión entre escleritos inmóviles.

T

Tarsal: relativo o perteneciente al tarso.

Tarso: penúltimo segmento de las patas. Puede estar dividido en tarsómeros.

Taxón: unidad o categoría sistemática definida.

Tergo: área dorsal de cada segmento del cuerpo.

Terguitos: escleritos o áreas que forman al tergo.

Tibia: cuarto segmento de la pata de los insectos, entre el fémur y el tarso.

Torácico/a: relativo o perteneciente al tórax.

Tórax: segunda gran región del cuerpo de los insectos, portadora de los apéndices locomotores.

Tráquea: invaginación del tegumento en forma de tubo que se comunica con el ex-

terior por medio de los espiráculos, y en cuyo interior se realiza el intercambio gaseoso entre el aire y la sangre.

Trocánter: (del griego *trokhós*, rueda; *anteerís*, sostén) segundo segmento de la pata de los insectos, entre la coxa y el fémur, a veces reducido a un simple lóbulo en la parte proximal del fémur.

Tubérculo: pequeña elevación abrupta de forma variada que puede llevar pelos o setas.

U

Uncus: protuberancia cuticular en forma de gancho, articulada al margen medio posterior del tegumen en la genitalia masculina de lepidópteros.

Unión clípeo-labral: línea flexible entre clípeo y labro.

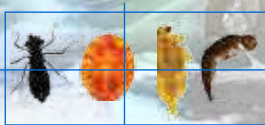
Uña: (del latín *ungula*, uña) cada uno de los garfios pretarsales, más o menos largos y puntiagudos, simples o bífidos, en número de dos (a veces tres), que cumplen funciones de sujeción.

V

Venación: distribución, arreglo y modificaciones que tienen las venas en el ala.

Venas: estructuras tubulares que refuerzan la lámina alar. Hay venas cóncavas, convexas y neutras.

Vertex: parte media superior de la cápsula cefálica.



Anexo fotográfico

Puntaje BMWP/Col: 10



Oligoneuriidae: *Lachlania*



Gomphidae: *Erpetogomphus*



Gomphidae: *Phyllogonphoides*



Polythoridae: *Polythore sp.*



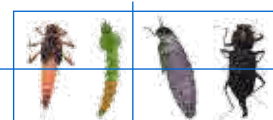
Calamoceratidae: *Phylloicus*



Calamoceratidae: *Phylloicus*



Odontoceridae: *Marilia*





Psephenidae: *Psephenops*



Ptilodactylidae: *Anchytarsus*



Perlidae: *Anacroneuria*



Blepharoceridae: *Limnicola*



Chordodidae

Puntaje BMWP/Col: 9



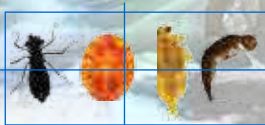
Leptophlebiidae: *Thraulodes*

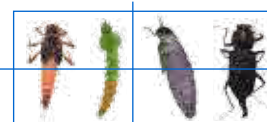
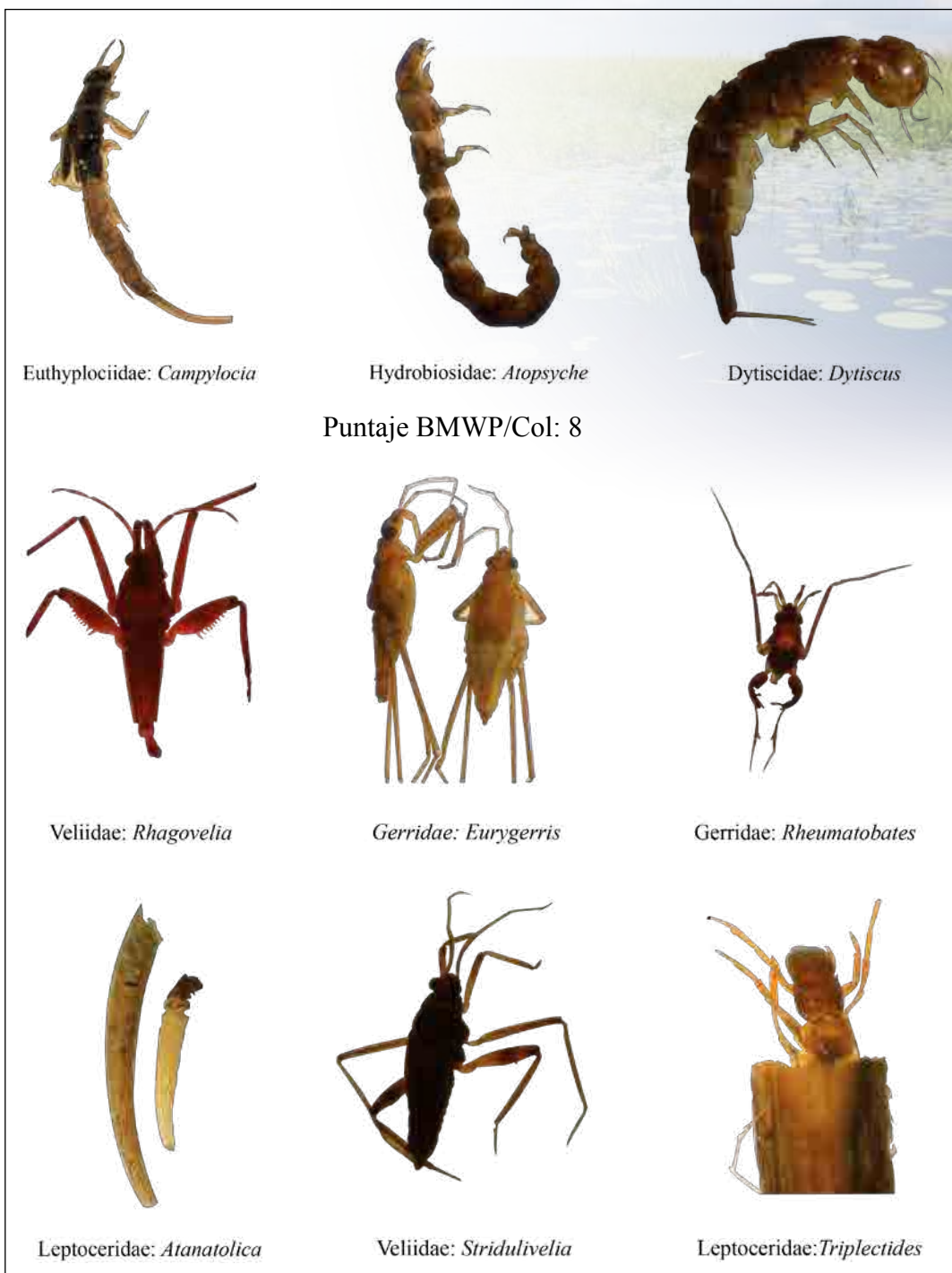


Leptophlebiidae: *Terpides*



Euthyplociidae: *Euthyplocia*







Leptoceridae: *Grumichella*



Hydroptilidae: *Hydroptila*



Hydroptilidae: *Ochrotrichia*



Helicopsychidae: *Helicopsyche*



Simuliidae: *Simulium*
(pupa)



Pseudothelpusidae: *Hypobolocera*

Puntaje BMWP/Col: 7



Baetidae: *Baetis*



Baetidae: *Baetodes*



Baetidae: *Camelobaetidius*



Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua



Leptohyphidae: *Leptohyphes*



Tricorythidae: *Tricorythodes*



Calopterygidae: *Hetaerina*



Coenagrionidae: *Argia*



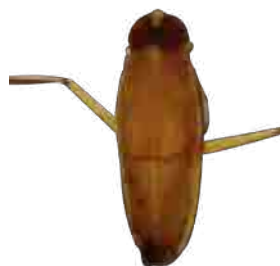
Coenagrionidae: *Ishnura*



Corixidae: *Centrocorixa*



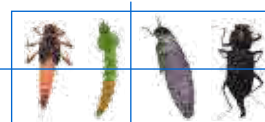
Corixidae: *Tenegobia*



Notonectidae: *Martarega*



Naucoridae: *Ambrysus*





Naucoridae: *Limnocoris*



Glossosomatidae: *Culoptila*



Scirtidae: *Elodes*



Glossosomatidae: *Mortoniella*



Hydropsychidae: *Leptonema*



Hydropsychidae: *Smicridea*



Hyalellidae: *Hyaella*



Puntaje BMWP/Col: 6



Ancylidae: *Uncancylus*



Libellulidae: *Mycrathyria*



Aeshnidae: *Aeshna*



Elmidae: *Heterelmis*



Elmidae: *Microcylloepus*



Elmidae: *Cylloepus*



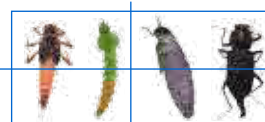
Elmidae: *Neoelmis*



Elmidae: *Neocylloepus*



Corydalidae: *Corydalis*



Puntaje BMWP/Col: 5



Planorbidae: *Biomphalaria*



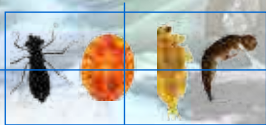
Belostomatidae: *Belostoma*



Nepidae: *Ranatra*



Pyralidae: *Paragyraetis*



Puntaje BMWP/Col: 4



Lymnacidæ: *Lymnaea columella*



Sphaeriidae: *Pisidium*



Hydrometridæ: *Hydrometra*

Puntaje BMWP/Col: 3



Glossiphoniidae



Physidae: *Physa*



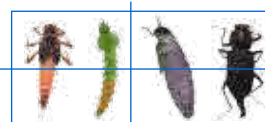
Tipulidae: *Molophilus*



Tipulidae: *Hexatoma*



Ceratopogonidae: *Atrichopogon*



Puntaje BMWP/Col: 2



Culicidae: *Anopheles*



Culicidae: *Aedes*



Chironomidae: *Chironomus*

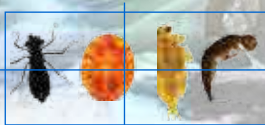


Chironomidae: (*pupa*)

Puntaje BMWP/Col: 1

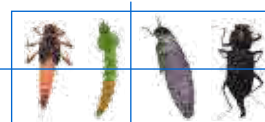


Tubificidae



Referencias bibliográficas

- Alba-Tercedor, J., 1996, "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos", IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, vol. 2, pp. 203-213.
- Álvarez, L. F. y G. Roldán, 1984, "Estudio taxonómico y ecológico de los hemípteros a diferentes pisos altitudinales en el Departamento de Antioquia". *Actual. Biol.*, 12 (44): 31-45.
- Andersen, N. M., 1990, "Phylogeny and taxonomy of water striders, genus *Aquarius* Schellenberg (Insecta, Hemiptera, Gerridae), with a new species from Australia", *Steenstrupia*, 16: 37-81.
- Arango, M. C. y G. Roldán, 1983, "Estudio de las larvas acuáticas del orden Odonata a diferentes pisos altitudinales en el Departamento de Antioquia". *Actual. Biol.*, 12 (46): 91-104.
- Armitage, P. D., D. Moss y M.T. Furse, 1983, "The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted runnig-waters sites". *Water Res.*, 17: 33-347.
- Armitage, P. D. y G. E. Petts, 1992, "Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. *Aquatic Conserv. Marine and Freshw. Ecosyst.* 2: 1-17.
- Avery Richmond, E., 1920, "Studies on the biology of the aquatic Hydrophilidae", reimpresión del *Bulletin of the American Museum of Natural History*, vol. 42, art. I, pp. 1-94.
- Ball, I. R., 1980, "Freshwater planarians from Colombia; a revision of Fuhrmans types", *Bijdr. Tierkunde*, 30: 235-242.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen., B. D. Snyder and J. B. Stribling., 1995, "Revision to rapid bioassessment protocols for use in stream and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish". EPA 841-D-97-002.
- Beck, W. M., 1955, "Suggested method for reporting biota data", *Sewage ind. Wastes*, 27: 1193-1197.
- Bedoya, I. y G. Roldán, 1984, "Estudio de los dípteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales en el Departamento de Antioquia", *Rev. Asoc. Col. Cien. Biol.* 2 (2): 113-134.
- Bertrand, H., 1972, *Larves et nymphes des coleopteres aquatiques du globe*, ed. F. Paillart. 804 p.
- Bohórquez, A. y A. Acuña, 1984, "Inventario de las morfofamilias de las clases Gas-



terópoda y Clitelata como bioindicadores limnológicos de la laguna de La Herrera” p. 32. Memorias XIX Congreso Nacional y III Grancolombiano de Ciencias Biológicas, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 70 p.

Braukmann, U., 2000, *Hydrochemische und biologische Merkmale regionaler Bach-typen in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umweltschutz Baden Württemberg*, Karlsruhe, Alemania, 501 p.

Brillouin, L., 1951, “Maxwells demon cannot operate: information and entropy. I and II”, *Journ. Appl. Phys.*, 22: 334-343.

Brown, H. P., 1976, *Aquatic Drypoid beetles (Coleoptera) of the United States*, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 82 p.

Cohn, F., 1853, “Über lebende Organismen im Trinkwasser”. *Z. klin. Med.*, 4: 229-237.

Correa, M., T. Machado y G. Roldán, 1981, “Taxonomía y ecología del orden Trichoptera en el Departamento de Antioquia a diferentes pisos altitudinales”. *Actual. Bid.*, 10 (36): 35-48.

Coscarón, S. y P. Muñoz de H., 1995, “Blackfly novelties from the area near the “Páramo de los Valles” in the Department of Tolima, Colombia (Diptera: Simuliidae)” *Rev. Acad. Col. Cien. Exac. Fis y Nat.* XIX (74): 587-592.

Costa, C., S. A. Vanin y S. A. Casari-Chen, 1988, *Larvas de Coleoptera do Brasil*, Museu de Zoologia, Universidade de Sao Paulo.

De Pauw, N. y G. Vanhooren, 1983, “Method for Biological quality assessment of water courses in Belgium”, *Hydrobiologia*, 100: 153-168.

De Pauw, N., D. Roels y A. P. Fontoura, 1986, “Use of artificial substrates for Standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian Biotic Index”, *Hydrobiologia*, 133: 237-258.

De Pauw, N., P. F. Ghetti, D. P. Manzini y D. R. Spaggiari, 1992, Biological assessment methods for running waters, en: *River water quality-ecological assessment and control*, P. Newman, A. Piavaux y R. Sweeting, eds. Publicado por the Commission of the European Communities, 751 p.

De Pauw, N. y H. A. Hawkes, 1993, Biological monitoring of water quality, en: *River quality monitoring and control*, W. J. Walley y S. Judd, eds., publicado por Aston University, Reino Unido, 249 p.

Edmunds, G. F., 1976, *The mayflies of North and Central America*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 329 p.

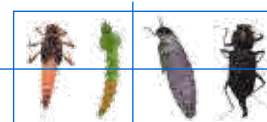
Faus, E. C. y D. Botero, 1960, *Extraordinario hallazgo de una nueva especie de Neochordodes (Gordiacea) en Colombia*. Libro de homenaje al Dr. Eduardo Caballero y Caballero, Jubileo 1930-1960.

Flint, O., 1991, “Studies of Neotropical Caddisflies: The taxonomy, phenology and faunistics of Trichoptera of Antioquia, Colombia”, *Smithson. Contrib. Zool.*, 520: 1-113.

Flint, O. and Wallace, 1980, “Studies of neotropical caddisflies, XXV: the immature



- Stages of *Blepharopus diaphanous* and *Leptonema columbianum* (Trichoptera: Hydropsychidae)". *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 93 (1): 178-193.
- Flowers, R. W., 1987, "New species and life stages of *Atopophlebia* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae)". *Aquatic Insects*, 9 (4): 203-209.
- Fuhrmann, O., 1914, "Turbellariés d'eau douce de Colombie", *Mém. Soc. Neuchat. Sci. Nat.*, 5: 793-804.
- Fuhrmann, O., y E. Mayor, 1914, "Voyage d'exploration scientifique en Colombie", *Mem. Soc. Sci. Nat. Neuchat.*, 5 (2): 193-201.
- Gauvin, A. R. y C. M. Tarzwell, 1952, "Aquatic invertebrates as indicators of stream Pollution". *Amer. Publ. Health Rep.* 67: No. 1.
- Gaviria, E., 1993, "Claves para las especies colombianas de las familias Naidae y Tubificidae (Oligochaeta, Annelida)". *Caldasia*, 17 (2): 237-248.
- Ghetti, P. F. y G. Bonazzi, 1981, "I macroinvertebrate nella sorveglianza ecologica Dei corsi d'acqua", *Consiglio Nazionale delle Ricerche Aq.*, 1/127.
- Gómez, M. I. y L. H. Velásquez, 1999, "Estudio de los moluscos de agua dulce de la Reserva ecológica "Cerro de San Miguel" (Caldas, Antioquia, Colombia)", *Actual. Biol.* 21 (71): 151-161.
- Hermano Daniel, 1941, "Apuntes sobre algunos moluscos colombianos", *Rev. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, 4: 15-16.
- Hungerford, H. B., 1948, "The Corixidae of the Western Hemisphere (Hemiptera)", en: *The University of Kansas Science Bulletin*, 32: 1-827.
- Hungerford, H. B. y R. Matsuda, 1960, "Keys to subfamilies, tribes, genera and subgenera of the Gerridae of the World", *The University of Kansas Science Bulletin*, vol. XLI, diciembre 23.
- Hynes, H. B. N., 1959, "The use of invertebrates as indicators of river pollution". *Proc. Linnean. Soc. London*, (2): 165-170.
- Hynes, H. B. N., 1963, *The biology of polluted water*. Liverpool University Press, 202 p.
- Illies, J. y L. Botosaneanu, 1963, Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique, *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 12: 1-57.
- Jacobsen, D., 1998, "The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of ecuatorial highland streams", *Arch. Hydrobiol.*, 143 (2): 179-195.
- Karr, J. R., 1991, "Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management", *Ecological Applications*, 1 (1): 66-84.
- Kolenati, F. A., 1848, "Über Nutzen und Schaden der Trichopteren", *Stettiner Entomol. Ztg.* 9.
- Kolkwitz, R., 1935, *Pflanzenphysiologie*, 3ª ed., Jena Fischer.
- Kolkwitz, R., 1950, "Ökologie der Saprobien. Über die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt", *Schriftenr. Ver. Wasser- Boden- Lufthyg.*, 4.
- Kolkwitz, R. y W.A. Marsson., 1908, "Ecology of plant saprobia", *Verh. Ges. Oekol.*, 26: 505-519.



- Kolkwitz, R., 1909, "Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologische Gewässerbeuteilung", *Internationale Reueu der gesamten Hydrobiologie*, 2: 126-152.
- Kothé, P., 1962, "Der 'Artenfehlbetrag, ein einfaches Güterkriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorfluteruntersuchungen", *Dt. Gewässerkundl*, 6: 60-65.
- Lauterborn, R., 1915, "Die sapropelische Lebewelt. Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer", *Verh. Naturhist. Medizin. Verein. Heildel Berg N. F.*, 13: 395-481.
- LAWA, 1996, *Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Biologische Gewässergütekarte 1995*, KOMAG, Berlin-Brandenburg.
- Liebmann, H., 1962, *Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie*, vol. 1, 2a ed., Oldenburg, Munich, 588 p.
- Lorenz, C. M., G. M. van Dijk., A. G. M. van Hattum y W. P. Cofino., 1997, "Concepts in river ecology: implications for indicator development", *Regul. Rivers: Res. Manage.*, 13: 501-516.
- Lugo-Ortiz, C. R. y W. P. McCafferty, 1996, "New species of Leptophlebiidae (Ephemeroptera) from Mexico and Central America", *Annls Limnol.*, 32 (1): 3-18.
- Lundblad, O., 1953, "Die Hydracharinenfauna von Kolumbien", *Ark. Zool.*, (ser. 2) 5 (8): 435-585.
- Malek, E. A. y M. D. Little, 1971, "*Aroa-pyrgus colombiensis* n. sp. (Gastropoda, Hydrobiidae) snail intermediate host of *Paragonimus caliensis* in Colombia", *Nautilus* 85: 20-26.
- Margalef, R., 1951, "Diversidad de especies en las comunidades naturales. P. Inst. Biol. Appl. 9: 15-27.
- Margalef, R., 1955, "Los organismos indicadores en la Limnología", *Inst. Forestal Invest. Expert., Madrid. Biol. Aguas continentals*, 12: 1-300.
- Margalef, R., 1956, "Información y diversidad específica en las comunidades de organismos", *Invest. pesq.*, 3: 99-106.
- Margalef, R., 1958, "Information theory in ecology", *Gem. Syst.*, 3: 36-71.
- Margalef, R., 1969, "El concepto de polución en Limnología y sus indicadores biológicos", Simposio sobre polución de las aguas, *Agua 7*.
- Matthias, U. y H. Moreno, 1983, "Estudio de algunos parámetros físicoquímicos y biológicos del río Medellín y sus principales afluentes", *Actual. Biol.*, 12(46): 106-117.
- McCafferty, W. P., 1981, *Aquatic Entomology*, Science Books International, Boston, Massachusetts, 448 p.
- Merrit, R. W. y K. W. Cummins, 1984, *An introduction to the aquatic insects of North America*, 2ª ed., Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 722 p.
- Mez, C., 1898, *Mikroskopische Wassera-nalyse*, Berlin, Springer.
- Metcalf, J. L., 1989, "Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history



and present status I, Europe", *Environ. Pollut.*, 60: 101-139.

Michaelsen, W., 1913-1914, Die Olichaeen Columbias, en: "Fuhrmann and Mayr, Voyage d'exploration scientifique en Colombie", *Mem. Soc. Neuchat. Sci. Nat.*, 5: 202-252.

Moog, O., S. Brunner, U. H. Humpesch, y A. Schmidt-Kliober, 2000, "The distribution of benthic invertebrates along the Austrian stretch of the River Danube and its relevance as an indicator of zoogeographical and water quality patterns", parte 2, *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 115/4: 473-509.

Moreno, J. y R. Patiño, 1978, "Estudio de *Pseudosuccinea collumella*, huésped intermedario de *Fasciola hepatica*", *Actual. Biol.*, 7 (23): 19-22.

Munné, A., C. Solà, y N. Prat., 1998, "QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera", *Tecnología del agua*, 175: 20-37.

Muñoz de H., P., 1994, "Simúlidos (Diptera: Simuliidae) de la región de Chisacá, Cundinamarca, Colombia", *Rev Acad. Col. Cien. Exac., Fis y Nat.*, XIX (73): 393-412.

Muñoz de H., P., 1994, Simuliidae (Diptera) de Colombia: Distribución de las especies registradas", *Rev Acad. Col. Cien. Exac., Fis y Nat.*, XIX (73): 413-437.

Muñoz de H., P., 1996, "*Simulium (Grenieriella) sumapazense* Coscarón & Py-Daniel (Diptera: Simuliidae): Descripción del adulto y larva. Redescipción de la pupa", *Rev Acad. Col. Cien. Exac., Fis y Nat.*, XX (76): 141-148.

Nieser, N. y M. Alkins-Koo, 1991, "The water bugs of Trinidad y Tobago". Ocasional Paper No. 9. Zoology Department, Univer-

sity of the West Indies St Augustine, Trinidad.

Pantle, R. y H. Buck, 1955, "Die biologische Überwachung der Gäwasser und die Darstellung der Ergebnisse, *Gas-u. Wass. Fach.*, 96: 604.

Patrick, R., 1949, "A proposed biological measure of stream conditions, based on a survey of the Conestoga basin, Lacaster County, Pennsylvania" *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, 101: 277-341.

Patrick, R., 1950, "Biological measure of stream conditions", *Sewage ind. Wastes*, 22: 926-939.

Pilsbry, H. A., 1955, "Southamerican land and freshwater mollusks. IX. Colombian Species *Lymnaea bogotensis*", *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, 87: 83-88.

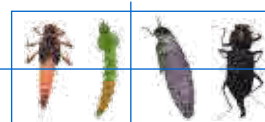
Prain, T., 1956. On a collection of Pomacea from Colombia, with description of a new Subspecies. *J. Conchol.* 24: 73-79.

Prat, N., 1998, "Los bioindicadores de la calidad de aguas", en: Manuscritos curso bioindicadores de la calidad del agua. Universidad de Antioquia, Medellín.

Prat, N., I. Muñoz, G. González y X. Millet, 1986, "Comparación crítica de dos índices de calidad de aguas: ISQA y BIL", *Tecnología del Agua.*, 31: 33-49.

Prat, N. y J. V. Ward, 1994, "The tamed river. In: Margalef, R. Limnology now: A Paradigm of planetary problems", Elsevier Science B. V.

Prat, N., y A. Muné, 1999, *Delimitación de regiones ecológicas de la cuenca del Ebro*,



Universidad de Barcelona, Departamento de Ecología, Barcelona.

Reinoso, G., 1998, "Estudio de la fauna béntica del río Combeima, Ibagué, Colombia", en: *Memorias XXXIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas*, Universidad del Tolima, ACCB, Ibagué.

Resh, V. H., H. N. Richard y M. T. Barbour, 1995, "Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using macroinvertebrates", *Aust. J. Ecology*, 20: 108-121.

Ringuelet, R. A., 1972 a, "Hirudíneos terrestres del páramo de Colombia del género *Blanchardiella* Weber y lista crítica remissiva de la hidrofauna de ese país, Resúmenes de trabajos y comunicaciones III, Jornadas Argentinas de Zoología, Mendoza, pp. 38-39.

Ringuelet, R. A., 1972 b, "Hirudíneos neotrópicos de Colombia, Cuba y Chile, con descripción de una nueva especie de *Oligobdella* (Glossiphoniidae)", *Physis*, 31 (83): 345-352.

Ringuelet, R. A., 1974, "Los hirudíneos terrestres del género *Blanchardiella* Weber del Páramo nor-andino de Colombia", *Physis*, Secc. B. 33 (86): 63-69.

Ringuelet, R. A., 1975, "Un nuevo hirudíneo de Colombia parásito de la trucha arco iris, *Neotropica*, 21 (64): 1-4.

Roback, S. S. y N. Nieser, 1974, "Aquatic Hemiptera (Heteroptera) from the Llanos Orientales of Colombia", *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, 126 (4): 29-49.

Rocha C. M., 1994, "Diversidad en Colombia de los cangrejos del género *Neostren-*

geria" *Acad. Col. Cien. Exac. Fis. Nat.*, Colección Jorge Arbeláez Lleras No. 5. 143 p.

Roldán, G., 1980, "Estudio limnológico de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros", *Actual. Biol.*, 9 (34): 103-117.

Roldán, G., 1985, "Contribución al conocimiento de las ninfas de efemerópteros en el Departamento de Antioquia", *Actual. Biol.*, 14 (51): 3-13.

Roldán, G., 1988, *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Fondo FEN-Colombia. Colciencias- Universidad de Antioquia, Ed. Presencia Ltda., Santafé de Bogotá, 217 p.

Roldán, G., 1992, *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 529 p.

Roldán, G., 1997, Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, en: *Bioindicadores ambientales de la calidad del agua*, Universidad del Valle, Cali.

Roldán, G., 1999, "Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua", *Rev. Acad. Col. Cienc. Exac. Fis. y Natur.*, XXIII (88): 375-387.

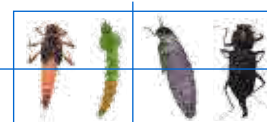
Roldán, G., 2001, Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas. Acad. Col. Cien. Exac. Fis. Nat. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 9, 152 p.

Roldán, G. y J.J. Ramírez, 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2da. Edición. Universidad de Antioquia, Medellín. 440 p.

Roldán, G. J. Builes, C. M. Trujillo y A. Suárez, 1973, "Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna bén-



- tica del río Medellín", *Actual. Biol.*, 2(5): 54-64.
- Savage, H. M. y W. L. Peteres, 1983, "Systematics of *Miroculis* and related genera from Northern South America (Ephemeroptera: Leptophlebiidae)", Transactions of the American Entomological Society, 108: 491-600.
- Shannon, C. E. y W. Weaver., 1949, *The mathematical theory of communication*, the University of Illinois Press, Urbana, Illinois, pp. 19-27, 82-103, 104-107.
- Sheldon A. L., 1969, "Equitaility indices: dependence of the species count", *Ecology* 50: 466-467.
- Simpson, E. H., 1949, "Measurment of diversity", *Nature*, 163 (4148), 688.
- Sládeček, V., 1962, "A guide to limnosa-probical organisms", *Sci. Pap. Inst. Chem. Technol. Water*, 7(2): 543-612.
- Soler, E., 1983, *Contribución al estudio taxonómico y ecológico de caracoles (pulmonados de agua dulce de la Sabana de Bogotá*, Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia. 87 p.
- Spangler, P. J., 1980, "*Onopelmus*, a new genus of Dryopid beetle from Peru (Coleoptera: Dryopidae)", *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 82 (2): 161-165.
- Spangler, P. J. y S. Santiago, 1987, *A revision of the neotropical aquatic beetle genera Disersus, Pseudodisersus and Potamophilops* (Coleoptera: Elmidae), Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 40 p.
- Stubauer, I. y O. Moog, 2000, "Taxonomic sufficiency versus need of information - comments based on the Austrian experiences in biological water quality monitoring" *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, vol. 27.
- Towsend, C. R. y M. R. Scarsbrook., 1997, "Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness", *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16 (3): 531-544.
- Trihadiningrum, Y., N. De Pauw, I. Tjondronegoro y R. F. Verheyen, 1996, Use of benthic macroinvertebrates for quality assessment of the Blawi river (East Java, Indonesia), en: *Perspectives in tropical limnology*, F. Schiemer y K. T. Boland, eds., SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Uribe, C., 1950, "Contribución al estudio de algunos tremátodos larvarios de Colombia", *Rev. Acad. Col. Cien. Fis. Exact. Nat.*, VII (28): 526-533.
- Viets, K., 1956b, Wassermilben (Hydrachnellae, Acari) aus Venezuela und Kolumbien, en: "Ergebnisse der deutschen limnologischen Venezuela-Expedition 1952. Band 1", *Deutscher Verlag der Wissenschaften*, Berlin, pp. 315-327.
- Von Prael, H., 1988, "Cangrejos de agua dulce (Crustacea, Brachyura, Pseudoscorpionidae y Trichodactylidae) capturados en el departamento de Antioquia, Colombia", *Bol. Ecotropica*, 18: 3-11
- Walter, C., 1912, Hydracarina de Colombia, en: Fuhrmann, O. y Mayor, "Voyage d'exploration scientifique en Colombie", *Mem. Soc. Sci. Nat. Neuchat.*, 5 (2): 193-201.
- Wantzen, K. M., 1998, "Effects of siltation on benthic communities in clear water streams in Mato Grosso, Brazil", *Vehr.*



- Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 26: 1155-1159.
- Washington, H. G., 1984, "Diversity, biotic and similarity indices" *Water Res.*, 18 (6): 653-694.
- Weber, M., 1913, "Hirudinéens Colombiennes", *Mem. Soc. Neuchat. Sci. Nat.*, 5: 731-747.
- Welkenson, R. C., 1979, "Horse-flies (Diptera: Tabanidae) of the Colombian Departments of Chocó, Valle, and Cauca", *Cespedecia*, 8 (31-32): 87-435.
- Wiggins, G. B., 1977, *Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*, University of Toronto Press, 401 p.
- Wilhm, J. L., 1967, "Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes", *J. Wat. Pollut. Control. Fed.*, 39: 1673-1683.
- Wilhm, J. L., 1968, Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 49: 153-156.
- Wilhm, J. L., 1970, "Range of diversity index in benthic macroinvertebrate populations", *J. Wat. Pollut. Control. Fed.*, 42: 221-224.
- Wilhm, J. L. y T. C. Dorris, 1966, "Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents", *Am. Midl. Nat.*, 76: 427-449.
- Wilhm, J. L., 1968, "Biological parameters for water quality criteria", *Bioscience*, 18: 447-481.
- Williamson, E. B., 1919, "Results of the University of Michigan-Williamson Expedition to Colombia. 1916-1917. IV. Notes on species of the genus *Heteragrion* Selys with description of a new species (Odonata)", *Occas Pap. Mus. Zool. Univ. Mich.*, 68: 1-65.
- Wirth, W. W. y V. H. Lee, 1967, "New species of *Culicoides* from high altitudes in the Colombian Andes (Diptera: Ceratopogonidae)", *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 124: 1-22.
- Woodwiss, F. S., 1964, "The biological system of stream classification used by Trent River Board", *Chemistry and Industry*, marzo: 443-447.
- Wright, J. F., P. D. Armitage., M. T. Fuse y D. Moss, 1989, "Prediction of invertebrate communities using stream measurements", *Regul. Rivers: Res. Manage.*, 4: 147-155.
- Wright, F. F., 1995, "Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters", *Aust. J. Ecol.*, 20:181-197.
- Zamora-Muñoz, C. y J. Alba-Tercedor, 1996, "Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods", *J. N. J. N. Am. Benthol. Soc.*, 15 (3): 332-352.
- Zamora, G. H., 1999, "Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia", *Revista Unicauca, Ciencia*, 4: 47-60.
- Zúñiga de Cardozo, M. C., 1985, "Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad" *Rev. AINSA*, 8: 63-85.
- Zúñiga de Cardozo, M. C., M. Rojas y G. Caicedo, 1997, Indicadores ambientales de calidad del agua en la cuenca del río Cauca, en: *Bioindicadores ambientales de la calidad del agua*, Universidad del Valle, Cali.

