

# *Valoración de la calidad biológica de los ríos. Claves de identificación para la enseñanza secundaria.*

**Juan Rueda Sevilla**

Dpto. de Ecología, Facultad de CC Biológicas, Universitat de València

**Catalina López Martínez**

CFPA Serrano Morales, València

## **Resumen:**

Siguiendo las directrices de las Naciones Unidas en pro del estudio, conservación y mejora del agua dulce, proponemos una clave de determinación de los macroinvertebrados acuáticos para valorar la calidad biológica de los ríos, con especial atención a los bioindicadores. Con ello pretendemos disminuir las dificultades existentes en las aulas, y facilitar la realización de proyectos dirigidos al alumnado de enseñanza secundaria.

**Palabras clave:** Índices biológicos, Bioindicadores, Macroinvertebrados, Clave faunística, Agua dulce, Enseñanza secundaria.

## **Abstract:**

A key to aquatic macroinvertebrates is proposed to evaluate the biological quality of the rivers taking into account biological indicators. This key aims to study, preserve and improve freshwater quality following United Nations (UN) directives. We attempt to decrease the difficulties appearing at school and to make easier the creation of projects addressed to high school students.

**Key Words:** Biotic indexes, Bioindicators, Macroinvertebrates, Faunistic key, Freshwater, High school.

(Fecha de recepción: junio, 2003, y de aceptación: septiembre, 2003).

## **Introducción**

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó en su Resolución 55/196 el año 2003 como Año Internacional del Agua Dulce. En esta se hace un llamamiento a los gobiernos y a las diferentes organizaciones internas para que ofrezcan su contribución voluntaria y propongan su manera de respaldar este evento. Por ello, desde la Escuela, debemos contribuir a este llamamiento y fomentar en nuestro alumnado el desarrollo de conocimientos y valores relacionadas con la conservación, mejora y uso sostenible del agua dulce.

Hasta la mitad del siglo pasado, muchos de los ríos ubicados en continentes como América del Norte y Europa, y especialmente aquellos que atraviesan las grandes áreas industriales, se encontraban tan contaminados que fueron clasificados como “muertos”. Tal extremo originó que el agua podía ser usada como tinta y los gases tóxicos que se desprendían y burbujaban desde las profundidades, podían ser prendidos con un fósforo. Hoy en día, después de invertir miles de millones de euros en trabajos de tratamiento de agua y en acuerdos con la industria de aguas residuales, los peces están nuevamente reproduciéndose y migrando hacia las cuencas altas a través de estuarios y afluentes ahora relativamente limpios.

Aunque esta mejora en la calidad de alguno de nuestros ríos es un signo de esperanza, los problemas y desafíos a los que nos enfrentamos siguen sien-

do numerosos y ello ha motivado que muchos organismos y conferencias internacionales, como la UNESCO, además de las Naciones Unidas, hagan llamamientos para que educadores de todas las materias y niveles contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de estos problemas.

Nuestros ríos deben de ser sostenibles y la labor de evaluación de la calidad de sus aguas puede ser incluida como proyecto educativo en la enseñanza secundaria. Concienciar a la población estudiantil es de suma importancia para evaluar, realizar un seguimiento y controlar un recurso tan imprescindible como el agua.

Pensamos que un modo de conseguir nuestro propósito es acercar esta problemática medioambiental a nuestras aulas y proponer a nuestro alumnado que encuentre soluciones adecuadas a los problemas existentes. No obstante somos conscientes de la dificultad que entraña el poder hacer investigaciones de alto nivel en las aulas de enseñanza secundaria, ya que los instrumentos utilizados para este fin son por lo general demasiado caros y complicados como para poder disponer de ellos en nuestros centros. Pero pensamos que podría hacerse una valoración de la calidad de las aguas de un río basándose exclusivamente en los macroinvertebrados presentes en el mismo, lo que es más fácil de llevar a cabo aunque encontramos el inconveniente de que las claves de determinación existentes no son las adecuadas, carecen de regis-

tro fotográfico, no representan a la fauna local, poseen una terminología científica en ocasiones difícil de asimilar y suelen estar en diferentes idiomas, convirtiendo la actividad en una labor ardua y pesada. Es por ello que hemos elaborado la presente clave de determinación de macroinvertebrados bioindicadores, que tiene las ventajas de estar en castellano, de tener los organismos propios de la Comunidad Valenciana, y sobre todo, de poseer fotos que faciliten su identificación.

### ***Antecedentes y justificación***

La utilización de índices de calidad, basados en la presencia de ciertos invertebrados acuáticos, se ha impuesto en muchos países europeos como un método sencillo y fiable. En Francia, el IBGN (Indice Biologique Global) fue introducido por Verneaux et al (1982) y adoptado por la Association Française de Normalization (AFNOR, 1992). En Bélgica, el Method for Biological Quality Assessment of Watercourses in Belgium por De Pauw y Vanhooren (1983). En Gran Bretaña, el Biological Monitoring Working Party (BMWP) de Armitage et al (1983). En España, el BMWP' por Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega (1988) que es una adaptación a la fauna ibérica del anterior.

En todos los casos, para utilizar dichos índices, se necesitan diferentes claves de determinación de macroinvertebrados acuáticos. Tales claves se encuentran en francés (Tachet et al,

2000, italiano (Rivosecchi, 1984), alemán (Pitsch, 1993) o inglés (Nilsson, 1997) y con una terminología científica a nivel de facultad. Tras diez años realizando estudios de valoración de la calidad biológica, mediante la utilización de macroinvertebrados (Rueda, 1997; López et al, 2003), y con la consiguiente acumulación de material y de información, acometiendo proyectos con diferentes centros y grupos de alumnado (Esteban et al, 2001), nos hemos visto en la necesidad de elaborar esta sencilla clave de determinación de los macroinvertebrados acuáticos, con la intención de facilitar la labor de los docentes y estudiantes de enseñanza secundaria.

### ***Recolección de los organismos acuáticos***

Para la recolección de los invertebrados acuáticos se pueden utilizar diferentes tipos de redes de mano. En el caso que nos ocupa, se puede utilizar un colador de cocina, de plástico y con red de aluminio de 20 cm de diámetro. Éste puede conseguirse en las ferreterías y lo único que deberemos hacer será cortar sus dos garras para facilitar su manejo en los diferentes ambientes del río.

El muestreo se realizará sobre una longitud igual a 10 veces la anchura del río y hasta un tramo máximo de 25 m cuando el cauce supere los 2,5 m. Se realizarán tantas recolecciones con el colador dentro del agua como sea

posible mientras aparezcan macroinvertebrados nuevos y en cada zona diferenciada (vegetación, fango, guijarros, agua estancada, agua corriente, etc.). Todos los organismos se agruparán en una bandeja de plástico ancha, con agua del río, hasta su identificación para ser liberados de nuevo al finalizar la investigación.

### ***Determinación de los macroinvertebrados***

Para la determinación de los macroinvertebrados será necesario una lupa binocular o estereomicroscopio similar a las que poseen los centros de enseñanzas secundaria y unas pinzas finas para la manipulación de los orga-

nismos en “placa Petri” de diferente tamaño. A continuación aportamos la correspondiente “clave de determinación de los macroinvertebrados acuáticos” destacándose los bioindicadores en **negrilla**. El significado de bioindicador consiste en la capacidad o tolerancia de ciertos organismos para aceptar cierta cantidad de contaminantes en el agua. Un organismo muy sensible no tolerará niveles mínimos de contaminación y por el contrario, un muy tolerante estará adaptado a niveles altos.

Para seguir la dirección correcta en la clave, es conveniente una lectura de las dos opciones presentadas (dicotomía), y continuar con la numeración correspondiente hasta llegar al nombre del macroinvertebrados que estamos determinando.

#### **CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

1	- Masa irregular formada por numerosos individuos. - Individuos aislados.	Esponjas, Cnidarios y Briozoos	2
2	- Ninguna parte del cuerpo esta endurecida. Medusa, hidra o invertebrado con forma de gusano (plano o cilíndrico).		3
	- Alguna parte del animal esta endurecida (patas, uñas: fig. 1C, mandíbulas o el cuerpo entero), o está envuelto en una concha.		6
3	- Medusa o hidra. - Gusano plano o cilíndrico.	Cnidarios	4
4	- Gusano plano (fig. 5A). - Gusano cilíndrico o subcilíndrico.	<b>Planarias</b>	5
5	- Gusano totalmente cilíndrico y nunca segmentado. - Gusano cilíndrico o subcilíndrico. Segmentado en todos los casos.	Nematelminfos Anélidos	7
6	- La parte endurecida del animal es una concha. - Puede poseer concha, pero el animal en sí es el que presenta alguna parte endurecida o esclerotizada (a veces sólo las mandíbulas, las uñas o la cabeza).	Moluscos	9
7	- Siempre se observa, por lo menos, una ventosa posterior (fig. 10A y 10B). - No posee ventosas.	Artrópodos	15
		<b>Sanguijuelas</b>	8

8	- Con cabeza subesférica bien diferenciada y glándulas epidérmicas de color a veces llamativo (naranja o rojo). Su posición taxonómica es discutida y se separa del resto de oligoquetos. - Sin cabeza diferenciada (fig. 11A).	Aelosomátidos <b>Oligoquetos</b>
9	- Concha formada por una sola valva, normalmente enrollada. - Concha formada por dos valvas casi idénticas.	Gasterópodos 10 Bivalvos (Uniónidos y esféridos)
10	- Concha en forma de lapa o "gorro" (fig. 10C). - Sin este carácter.	11 12
11	- El vértice del gorro se dirige hacia atrás y centrado sobre su eje de simetría. - El vértice se dirige hacia atrás pero, a un lado u otro del eje de simetría del animal.	<b>Ancílidos</b> Ferrísidos y Acrolóxicos
12	- Concha sin opérculo. - Concha con opérculo.	13 Nerítidos, Tiáridos, Melanópsidos, Bitínidos, Bitinélidos e Hidróbidos
13	- Concha enrollada en un solo plano. - Sin este carácter.	Planórbidos 14
14	- Concha cónica con abertura derecha. - Concha cónica con abertura izquierda (fig. 10D).	Limnéidos <b>Físidos</b>
15	- Cinco pares de patas o más. - Menos de cinco pares de patas.	Crustáceos 17 16
16	- Cuatro pares de patas. - Tres pares de patas, o menos en la fase larval.	Hidrácaros Insectos 22
17	- Siete pares de patas iguales, cuerpo aplanado dorsoventralmente. - Sin estos caracteres.	Asélidos 18
18	- Numerosas patas desiguales, 4 o 5 hacia delante y 3 hacia atrás, cuerpo aplanado lateralmente (fig. 7F). - Sin estos caracteres.	<b>Gammáridos</b> 19
19	- Numerosas patas, ojos pedunculados y 2 antenas muy desarrollados. - Sin estos caracteres.	Quirocefálicos 20
20	- Cuerpo aplastado dorsoventralmente y recubierto por un caparazón. - Sin estos caracteres.	Triópodos 21
21	- Cuerpo encerrado en una concha bivalva y con forma de balón de rugby. - Cinco pares de patas (gambas o cangrejos de río).	Ostracodos Decápodos
22	- Ojos compuestos, tres pares de patas y bolsas alares (fig. 1 A1). - Sin estos caracteres a la vez o ninguno de ellos.	23 26
23	- Extremidades abdominales con 2 o 3 cercos multisegmentados (fig. 1 A2). - Sin este carácter.	24 25
24	- Con branquias abdominales (fig. 1 A3) y una sola uña por pata (*). - Sin branquias abdominales y dos uñas en cada pata (*, fig. 2).	Efemerópteros 31 <b>Plecópteros</b>
25	- Aparato bucal cubierto ventralmente por una máscara articulada (*, fig. 1D). - Aparato bucal picador o raspador: chinches acuáticas.	Odonatos Heterópteros

26 - Siempre con tres pares de patas torácicas.	27
- Ausencia de patas torácicas articuladas (*, moscas y mosquitos).	Dípteros 43
27 - Mandíbulas más largas que la cabeza (*).	Planipenios
- Mandíbulas más cortas o iguales que la cabeza.	28
28 - Branquias abdominales laterales y extremidad puntiaguda a la vez (*).	Siálidos
- Con los mismos caracteres pero siempre por separado o ninguno de ellos.	29
29 - Un par de ganchos o uñas en el extremo abdominal (*, fig. 4 F1, frigáneas).	Tricópteros 39
- Sin ganchos o con dos pares de ganchos en el extremo abdominal.	30
30 - Con alas totalmente formadas pero protegidas por élitros (alas transformadas): Escarabajos	Coleópteros adultos
- Sin estos caracteres (fig. 7A y 7B).	<b>Larvas de Coleópteros</b>
31 - Ojos siempre en posición lateral (fig. 8A, 8B y 8E) o subdorsal (fig. 3C a 3F).	32
- Ojos siempre en posición dorsal (fig. 3A y 3B).	37
32 - Branquias bífidas y plumosas a la vez.	Potamántidos, Polimitárcidos y efeméridos
- Branquias muy diferentes.	33
33 - Segundo par de branquias en forma de placas grandes (fig. 8 A1).	<b>Caénidos</b>
- Sin este carácter.	34
34 - Cercos abdominales laterales con sedas sólo en los bordes internos (fig. 1 A4 y 8 B2).	35
- Cercos abdominales laterales con sedas internas y externas.	36
35 - Segmentos abdominales con ángulos posteriores terminados en punta.	Sifonúridos
- Segmentos abdominales con ángulos sin punta (fig. 1 A5).	<b>Baétidos</b>
36 - Cinco pares de branquias dorsales (fig. 3 E5).	<b>Efemeréllidos</b>
- Siete pares de branquias laterales (fig. 3C y 3D).	<b>Leptoflébidos</b>
37 - Branquias protegidas por un caparazón dorsal.	Prosopistomátidos
- Sin este carácter.	38
38 - Branquias muy pequeñas.	Oligonéuridos
- Branquias grandes y cabeza más corta que ancha (fig. 3A y 3B).	<b>Heptagénidos</b>
39 - Los tres segmentos torácicos dorsalmente más oscuros y duros (fig. 9A).	40
- Sin este carácter.	42
40 - Presencia de branquias abdominales ventrales (fig. 9E3).	<b>Hidropsíquidos</b>
- Sin este carácter.	41
41 - Abdomen cilíndrico y patas terminales formadas por dos segmentos (artejos).	Ecnómidos
- Abdomen hinchado y el estuche del animal esta formado por dos valvas soldadas (fig. 6D a 6F).	<b>Hidroptílidos</b>
42 - Siempre con estuche (fig. 4A a 4D).	<b>Tricópteros con estuche</b>
- Individuos que no construyen estuche (fig. 6A a 6C).	<b>Tricópteros sin estuche</b>
43 - Cabeza patente	44
- Sin cabeza aparente, se observa sólo el aparato mandibular.	56
44 - Con seis segmentos detrás de la cabeza.	<b>Blefaricéridos</b>
- Igual o más de 9 segmentos detrás de la cabeza.	45

45 - Con pseudópodos torácicos y/o anales o abdominales (fig. 7C, 10E y 10F).	46
- Sin pseudópodos.	51
46 - Con pseudópodos torácicos y/o anales.	47
- Con pseudópodos abdominales solamente.	Dixidos
47 - Con pseudópodos torácicos y anales a la vez (fig. 10E y 10F).	48
- Con pseudópodos torácicos o anales.	50
48 - Con espinas dorsales en el cuerpo	Ceratopogónidos
- Sin espinas dorsales.	Quironómidos
49 - De color verde.	<b>Quironómidos verdes</b>
- De color rojo.	<b>Quironómidos rojos</b>
50 - Con pseudópodos torácicos solamente (fig. 7C6).	<b>Simúlidos</b>
- Con pseudópodos anales retráctiles solamente.	<b>Ceratopogónidos</b>
51 - Tórax sin segmentación aparente y más gordo que el abdomen (fig. 11E3).	52
- Tórax con segmentación similar al abdomen.	53
52 - Cuerpo muy transparente y con vesículas hidrostáticas.	Caobóridos
- Cuerpo opaco y sin vesículas hidrostáticas (fig. 11E).	<b>Culícidos</b>
53 - Extremidad del abdomen con un sifón y dos branquias.	Pticóptéridos
- Sin sifón ni branquias anales.	54
54 - Longitud de la cabeza igual o mayor a dos veces la anchura (fig. 11B).	<b>Ceratopogónidos</b>
- Longitud de la cabeza igual o menor a su anchura.	55
55 - Doce segmentos aparentes y la superficie cutánea con una reticulación similar a escamas.	Estratiómidos 58
- Más de 15 segmentos aparentes y con placas dorsales (fig. 11C).	<b>Psicódidos</b>
56 - Discos espiraculares en la parte final del abdomen (fig. 1 B1).	57
- Sin discos espiraculares terminales.	59
57 - Seis lóbulos rodean los discos espiraculares (fig. 1 B2).	Tipúlidos
- Cinco o menos lóbulos rodean los discos.	Limónidos, Sciomízidos, Cilindrotómidos, Dolicopódidos y Ragiónidos
58 - Corona de sedas plumosas al final del abdomen (fig. 5E6 y 5F6, hasta 15 mm).	<b>Oxycera sp.</b>
- Último segmento muy largo con algunas sedas terminales (hasta 70 mm).	<i>Stratiomys</i> sp.
59 - Cuatro prolongaciones terminales en forma de gancho.	Antómidos
- Sin este carácter.	60
60 - Con sifón terminal.	61
- Sin sifón terminal.	62
61 - Sifón membranoso y telescópico, tan largo como el resto del cuerpo (fig. 11F4).	<b>Sírfidos</b>
- Sifón diferente.	Efidridos y Tabánidos
62 - Con pseudópodos abdominales y prolongaciones filiformes (fig. 5B a 5D).	<b>Aterícidos</b>
- Sin dichas prolongaciones filiformes.	Empídidos

\* Los adultos son exclusivamente voladores

## ***Clasificación de los bioindicadores***

A cada uno de los bioindicadores le corresponde una categoría (o tipo) asociada a su sensibilidad frente a la contaminación, sea natural o artificial.

### **BIOINDICADORES MUY SENSIBLES.**

**Plecópteros (figura 2):** La morfología diferencial de los plecópteros frente a los demás insectos se caracteriza por poseer dos uñas en cada una de sus seis patas, dos colas llamadas cercos al final del abdomen y jamás se observarán branquias en los segmentos abdominales. Estos tres caracteres son siempre inseparables. Por otro lado se debe tener en cuenta que pueden poseer branquias entre las axilas de las patas, entre los cercos abdominales o entre la cabeza y el tórax. Dichos plecópteros son grandes predadores en su mayoría y les gustan las aguas muy oxigenadas, preferentemente en corrientes elevadas situándose sobre las piedras. La fase adulta suele coincidir con la época de calor por lo que se pueden encontrar mudas sobre las rocas de los ríos objeto de estudio. Existen ejemplares de hasta 50 mm.

**Efemerópteros I (figura 3):** Las efémeras (o efímeras) se caracterizan por poseer una única uña en cada pata, tres cercos al final del abdomen y siempre se observarán branquias en los segmentos abdominales. Estos tres caracteres son inseparables, sin embargo, existe un género que sólo posee dos

cercos laterales (fig. B3). También es frecuente que se rompa alguno de ellos por lo que puede prestar a confusión. Su cuerpo está más o menos aplastado dorsoventralmente. La mayor parte de efemerópteros son detritívoros, ingiriendo pequeñas partículas y les gustan las aguas oxigenadas, preferentemente en corrientes elevadas situándose normalmente sobre y debajo de las piedras. Se pueden encontrar ejemplares de hasta 50 mm.

**Tricópteros I (figura 4):** La palabra tricóptero significa “pelos en las alas”, que poseerán en la forma adulta. Evolutivamente son los antepasados de las mariposas y sus larvas pueden llegar a medir unos 40 mm. Se caracterizan por poseer un estuche (carcaj) elaborado con rectos vegetales, granos de arena, trozos de hoja e incluso caracoles u otro material disponible en el agua. Para considerarlo como bioindicador muy sensible debe de estar siempre con su estuche. Su forma alimenticia es variada, pudiéndose encontrar tanto predadores como raspadores, a los cuales les gustan las aguas bien oxigenadas.

**Varios I (figura 5):** Pertenecen a dos grandes grupos muy diferentes. El primero es un gusano plano llamado planaria (A), puede poseer dos tentáculos anteriores y una fila de ojos bordeando el primer tercio del animal o dos ojos bien visibles en la parte anterior. El segundo grupo contempla dos tipos de larvas de dípteros, que se distinguen fácilmente por unos largos filamentos branquiales posteriores y sobre los segmentos abdominales, con siete u ocho



pares de pseudópodos (B, C y D), pertenecientes a la familia aterícidos o un animal con cabeza bien definida y una corona de sedas plumosas en la parte final del abdomen (E y F) denominado *Oxycera* sp. Los individuos A a D son predadores mientras que *Oxycera* es filtrador y asociado al musgo acuático en aguas muy oxigenadas. Nunca sobrepasa los 15 mm.

#### BIOINDICADORES SENSIBLES.

Tricópteros II (figura 6): En este caso también encontramos dos formas. Los primeros nunca poseen estuche y se desplazan sin ninguna protección (A, B y C) y los segundos son organismos que no sobrepasan los 6 mm y están protegidos por un estuche comprimido lateralmente, elaborado con seda (D y F) o con sedimentos finos (E). Son detritívoros en su mayoría y aceptan cierta carga orgánica en suspensión dentro del agua.

Varios II (figura 7): Estos engloban tres grupos diferenciados. El primero corresponde a las larvas de coleópteros acuáticos y no a los adultos ya que estos últimos prescinden del oxígeno del agua para su respiración y pueden colonizar tramos contaminados. Como característica principal resalta el hecho de poseer 4 ganchos en la parte final del abdomen (B2) o ninguno (A1) como en la mayoría de ellos. El segundo es un díptero denominado simúlido (mosca negra). Su forma larvaria (C) posee unas premandíbulas transformadas en rastrillos recolectores (C3) para retener el alimento. Durante la fase de pupa (D

y E) desarrolla una envoltura de seda y unos filamentos branquiales que no pasan desapercibidos. El último grupo pertenece al de los gammáridos (F).

#### BIOINDICADORES TOLERANTES

Efemerópteros II (figura 8): En este caso tenemos dos familias, por un lado los caénidos (A) que se diferencian fácilmente gracias a sus dos placas dorsales sobre los primeros segmentos abdominales (A1), por otro lado los baétidos (B a F), que sólo poseen sedas internas sobre los cercos laterales y los ángulos posteriores de los segmentos abdominales no están acabados en punta. A veces pueden presentar el cerco central (paracerco) más corto, pero dejando siempre visible su extremo al observarse con el esteromicroscopio (D3). Estos invertebrados soportan cargas importantes de materia orgánica en suspensión de las que aprovecharán para alimentarse.

Tricópteros III (figura 9): Éste es un bioindicador muy característico denominado *Hydropsyche* sp. Posee los tres segmentos torácicos endurecidos y oscuros en la parte dorsal (A), una pieza con dos dientes situada entre la cabeza y el tórax (B), una cabeza con manchas claras y oscuras propias de su especie (C2 y D2) y la parte ventral de su abdomen está cubierta de branquias filamentosas (E3). Estos individuos confeccionan una red (F) en forma de embudo para capturar la materia orgánica en suspensión así como diferentes animales enfermos o moribundo de los que se alimentarán.

Varios III (figura 10): Estos bioindicadores tan diversos aceptan también grandes cantidades de materia orgánica en suspensión. Los primeros son sanguijuelas (A), que se diferencian muy bien por su gran ventosa trasera (B). Los segundos son gasterópodos de los que tenemos, por un lado, los ancílicos con su forma de lapa o gorro con el vértice hacia atrás (C) y los físidos, con su abertura bucal a la izquierda y sus manchas oscuras muy características sobre la concha (D). Los últimos son quironómidos de color verde (E y F) que presentan pseudópodos detrás de la cabeza y en el último segmento abdominal.

#### BIOINDICADORES MUY TOLERANTES

Varios IV (figura 11): La mayoría de ellos viven en el fango, como son los oligoquetos (A), los ceratopogónidos (B), los psicódidos (C), los quironómidos rojos debido a la hemoglobina de su cuerpo (D), que les permite capturar el oxígeno del aire y los sírfidos que poseen un tubo telescópico para llegar hasta la superficie del agua y poder respirar (F) o en aguas de poca corriente o estancada como son los culícidos (E), esos mosquitos cuyas hembras adultas son insaciables chupadoras de sangre. Todos ellos se alimentan de la materia orgánica que se descompone y que esta compuesto de bacterias que agotan el oxígeno del agua. Suelen presentar algún órgano especializado en la respiración aérea ya que la concentración de oxígeno disuelto en el agua se sitúa

normalmente entre 2 y 5 miligramos por litro.

#### *Interpretación de los resultados*

A medida que se van determinando los macroinvertebrados se podrá rellenar una ficha de valoración de la calidad biológica del punto de muestreo investigado (tab. 1). Se pondrá una cruz en la columna correspondiente a la presencia de los bioindicadores capturados y cuando se finalice la determinación de todos los macroinvertebrados pasaremos a interpretar los resultados.

En las valoraciones de calidad hay que tener en cuenta que estamos trabajando con seres vivos por lo que pueden existir algunas variaciones con respecto a los bioindicadores capturados.

#### CLASE I (MUY SANO)

Ésta categoría nos indica que las aguas del río, estudiadas en el punto de muestreo correspondiente, se pueden considerar como “*aguas muy limpias*” o “*aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible*”. El 50% de los macroinvertebrados capturados deben de ser bioindicadores de tipo **muy sensibles**, es decir, intolerantes a cambios sustanciales en la calidad del agua. El 40% pueden ser de tipo **sensibles** y el 10% de tipo **tolerantes**.

#### CLASE II (ALTERADO)

En este caso las aguas se pueden considerar como “*evidentes algunos efectos de contaminación*”. El 50% de

los macroinvertebrados capturados deben de ser bioindicadores de tipo **sensibles**, es decir, que aceptan pequeñas cantidades de materia orgánica en suspensión. El 50% restante suele ser de tipo **tolerantes**, lo que nos indica un aumento de los grupos filtradores. La riqueza faunística se ha visto lesionada reduciéndose considerablemente.

#### CLASE III (ENFERMO)

Los resultados nos indican unas “*aguas contaminadas*”. El 50% de los macroinvertebrados capturados podrán ser bioindicadores de tipo **tolerantes**, es decir, que aceptan grandes cantidad de materia orgánica en suspensión. El 50% restante suele ser de tipo **muy tolerantes**, lo que nos indica una fuerte disminución del oxígeno disuelto. La riqueza faunística puede haberse reducido en más de la mitad y la cadena trófica ha quedado fuertemente dañada.

#### CLASE IV (GRAVE)

Esta clasificación implica que estamos ante unas “*aguas muy contaminadas*”. Todos los invertebrados son bioindicadores de tipo **muy tolerantes**, suelen alimentarse de materia orgánica en suspensión o de bacterias presentes en los fangos. La riqueza faunística se queda limitada a una decena de especies ya que las concentraciones de oxígeno se han reducido a la mínima expresión.

#### CLASE V (MUY GRAVE)

La ausencia de macroinvertebrados nos lleva a la triste clasificación de

“*aguas fuertemente contaminadas*”. Las bacterias y los hongos se han adueñado del lugar. La riqueza faunística de macroinvertebrados no existe y las concentraciones de oxígeno están en el cero o próximas a ello. Todas las especies han desaparecido, aún así, cualquier cosa que se haga en favor de recuperar las aguas del lugar será en beneficio de las generaciones futuras.

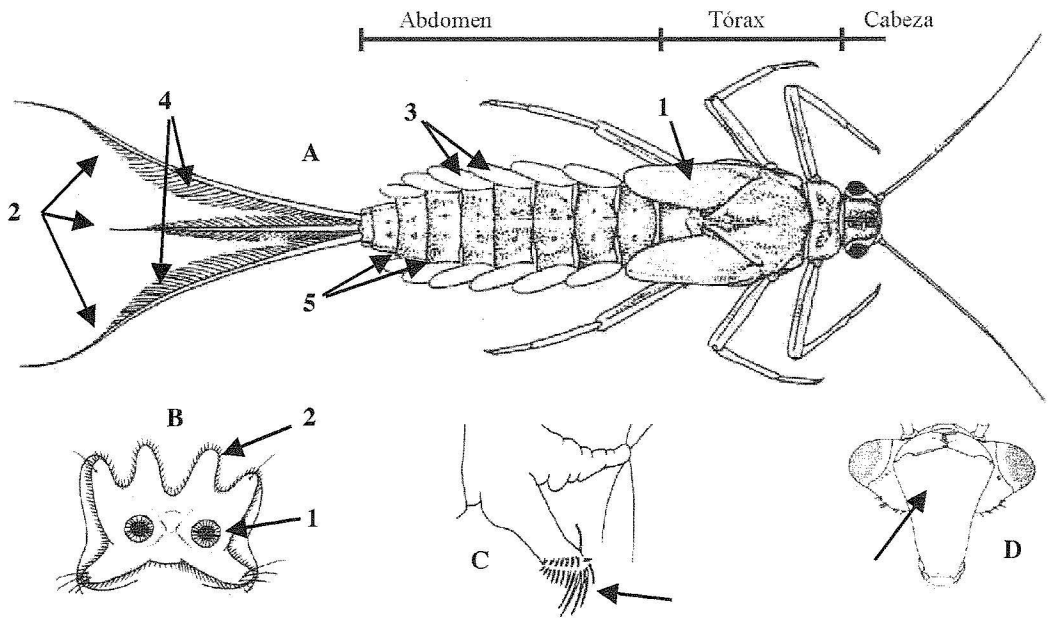
Estas condiciones son inaceptables y deberían ser denunciadas con el apoyo de un informe realizado por un especialista en macroinvertebrados y calidad biológica de las aguas continentales.

### **Bibliografía**

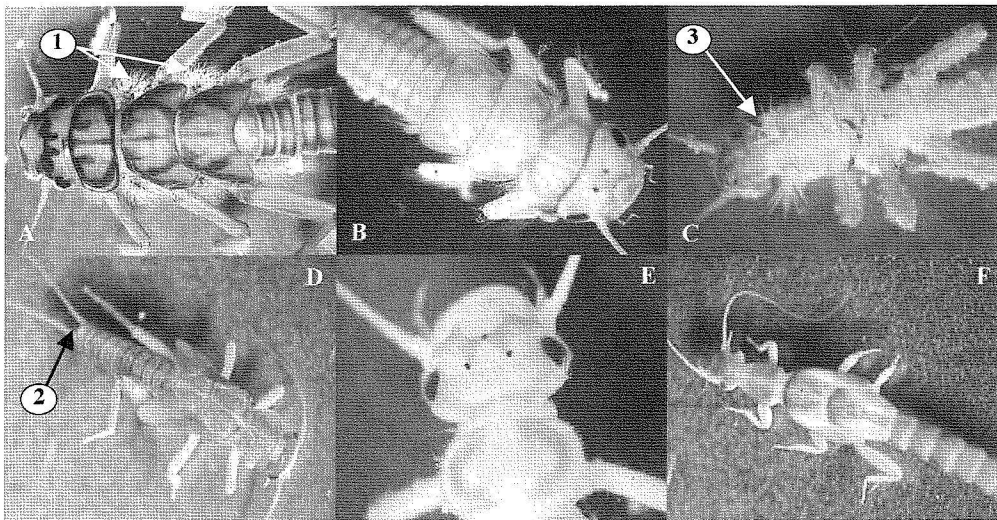
- AFNOR, (1992). *Essais des eaux – Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN)*. Association française de normalization, norme homologuée T90. 350.
- ALBA-TERCEDOR, J. y SÁNCHEZ-ORTEGA, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Helawell (1978). *Limnetica* n° 4 p. 51-56.
- ARMITAGE, P. D., MOSS, D., WRIGHT, J.F. y FURSE, M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* n° 17 p. 333-347.
- DE PAUW, N. y VANHOOREN, G. (1983). Method for biological

- quality assesment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia* nº 100 p. 153-168.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, C., RUEDA, J. y EDWARDS, M. (2003). *Formación Básica de Personas Adultas, Graduado en Educación Secund.: Naturaleza, Ecología y Salud*. Generalitat Valenciana.
- ESTEBAN, M., GUINOT, I., LÓPEZ, C., LÓPEZ, M.L., NUÑEZ, G., PASTOR, M., SALIM, J.R., BELTRÁN, L.M., PÉREZ, J..J. y RUEDA, J. (2001). *Proyecto de educación ambiental en la gestión del agua: Diversificación curricular (2º ciclo de ESO)*. Primer premio de la Comunidad Valenciana a la innovación educativa 1999. Generalitat Valenciana.
- NILSSON, A. (1997). *Aquatic insects of North Europe. Vol. 2. Odonata-Diptera*. Appolo Books, Stenstrup.
- PITSCH, T. (1993) *Zur larvaltaxonomie, faunistik und ökologie mitteleuropäischer fliesswasserköcherfliegen (Insecta: Trichoptera)*. Technische Universität Berlin nº 58.
- RIVOSECCHI, L. (1984). *Ditteri (Diptera)*. CNR nº 28.
- RUEDA, J. (1997). *Biodiversidad, calidad biológica y caracterización de las aguas del río Magro (NW de Valencia)*. Tesis de Licenciatura. Universitat de València.
- TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. y USSEGLIO-POLATERA, P. (2000). *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. CNRS Éditions.
- VERNEAUX, J., GALMICHE, F., JANIER, F. y MONNOT, A. (1982). Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de qualité générale (IBG). *Biologie Animale*, 4ème serie, nº 3 p. 11-21.

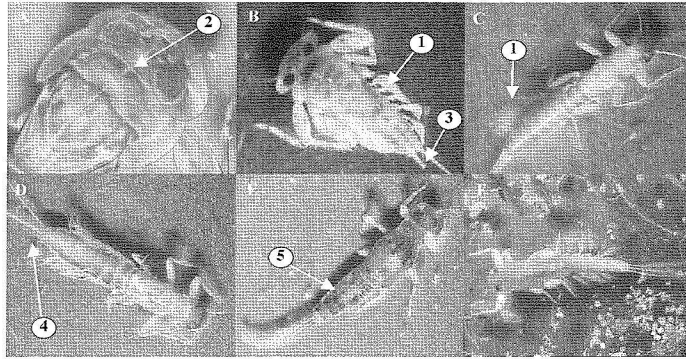
**Figura 1.** A: Esquema de un insecto tipo (efemeróptero); A1: Bolsas alares; A2: Cercos abdominales; A3: Branquias abdominales; A4: Sedas internas de los cercos laterales; A5: Ángulos de los segmentos abdominales; B: Parte anal de un tipúlido; B1: Discos espiraculares; B2: Lóbulo anal; C: Uñas endurecidas de un empíido; D: Máscara de un odonato (libélula).



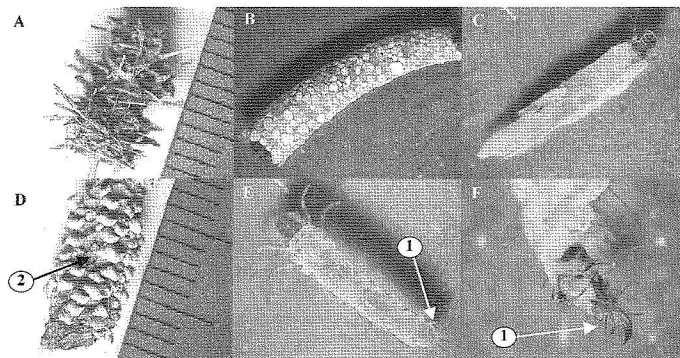
**Figura 2.** A-F: Diferentes formas de plecópteros; A1: Branquias de las axilas; D2: Ausencia de branquias entre los dos cercos; C3: Branquias entre la cabeza y el tórax.



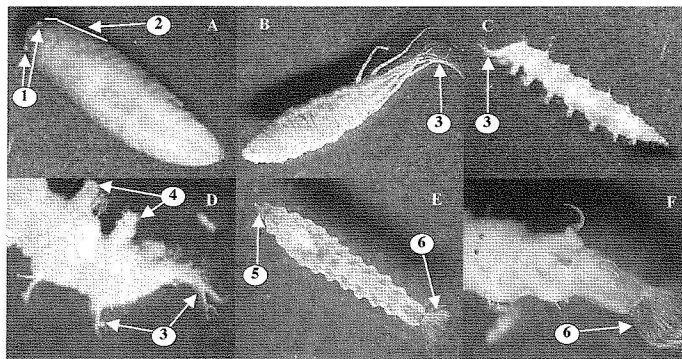
**Figura 3.** A y B: Diferentes formas de heptagénido; C y D: Leptoflébidos; E: Efemerélido; F: otra forma de efemeróptero; B1 y C1: Branquias laterales abdominales; A2: Cabeza plana de un heptagénido; B3: EfémERA de 2 cercos; D4: Ausencia de cerco lateral por rotura; E5: Branquias dorsales de efemerélido.



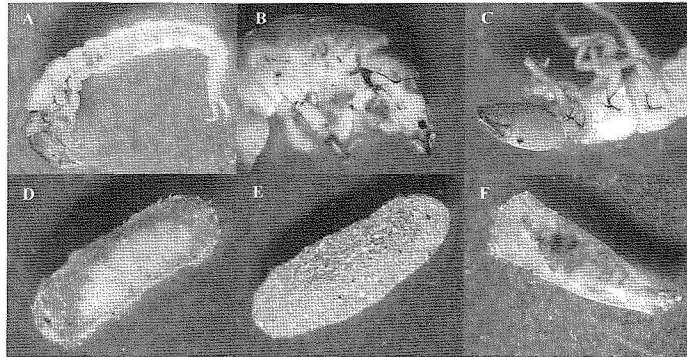
**Figura 4.** Tricópteros. A: Estuche de restos orgánicos; B: Estuche de arena; C: Estuche de trozos de hojas; D: Estuche de gasterópodos; E: Individuo fuera de su estuche; E1 y F1: Ganchos de las pseudopatas terminales.



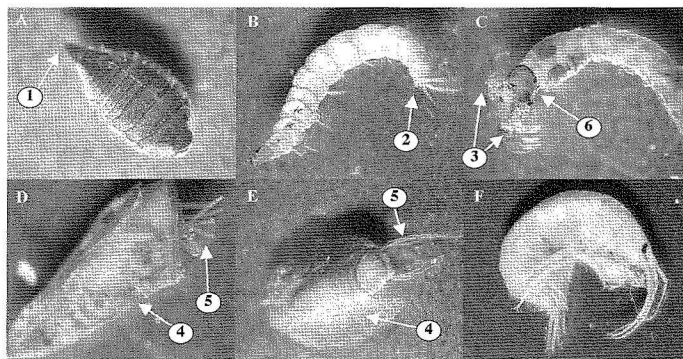
**Figura 5.** A: Planaria; A1: Tentáculos laterales; A2: situación de los ojos laterales; B3, C3 y D3: filamentos branquiales; E5: Cabeza de *Oxycera* sp.; E6 y F6: Corona de sedas plumosas de *Oxycera* sp.



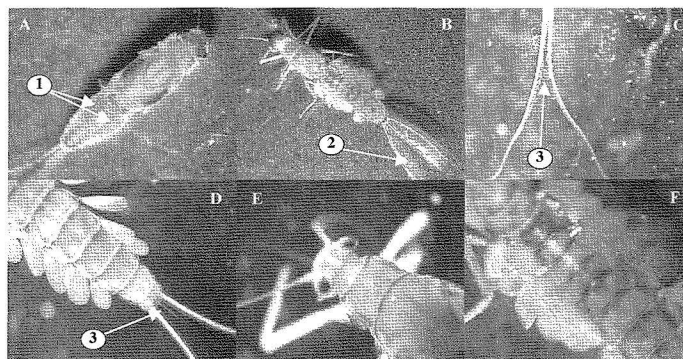
**Figura 6.** A, B y C: Tricópteros sin estuche; D, E y F: Diferentes formas de hidrotófilos (D y F, de seda y E, de granos de arena).



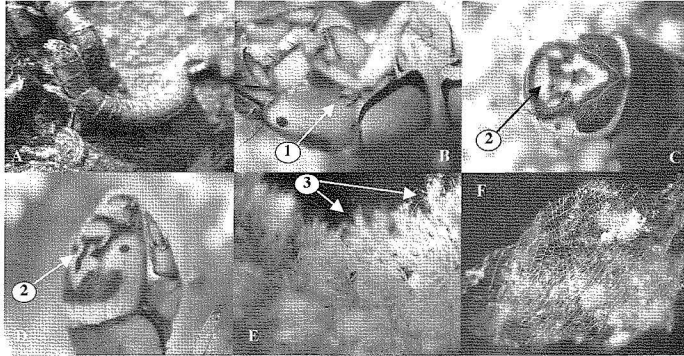
**Figura 7.** A1: Ausencia de ganchos en larva de élmido; B3: Presencia de cuatro ganchos en larva de Girínido; C3: Premandíbulas de simúlido; C6 Pseudópodos de simúlido; D4 y E4: Envoltura de seda de diferentes pupas de simúlidos; D5 y E5: Filamentos branquiales de pupas de simúlidos; F: Ejemplar de gammárido.



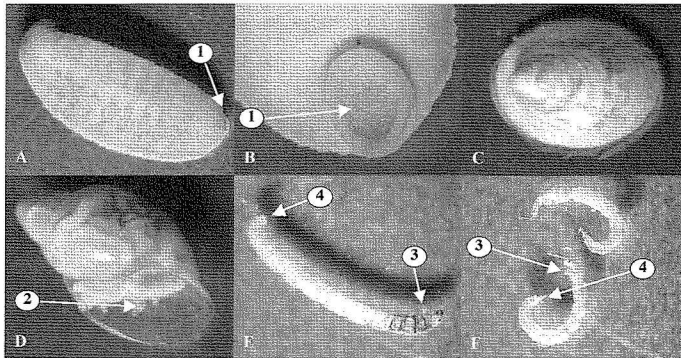
**Figura 8.** A1: Placas branquiales de caénido; B2: Sedas internas en cerco lateral de baétido; C3 y D3: Cerco central reducido en baétidos; E y F: Detalles de un baétido muy común.



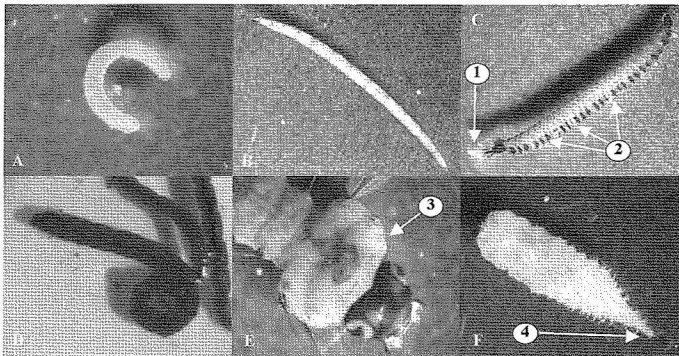
**Figura 9.** A a E: *Hydropsyche* sp.; F: Red de captura de un *Hydropsyche* sp.; B1: pieza bifurcada entre la cabeza y el tórax; C2 y D2: Detalle de la cabeza; E3: branquias abdominales.



**Figura 10.** A1 y B1: Ventosa anal de una sanguijuela; C: Ancílido; D2: Apertura bucal izquierda de un fírido; E3 y F3: Pseudópodos anteriores de quironómidos verdes; E4 y F4: Pseudópodos posteriores de quironómidos verdes.



**Figura 11.** A: Oligoqueto; B: Ceratopogónido; C1: Penacho de sedas de un psicórido; C2: Placas dorsales de un psicórido; D: Quironómidos rojos; E3: Tórax engrosado de un culícido; F4: Tubo telescópico de un sírfido.





**Tabla 1. Ficha de resultados.**

BIOINDICADOR	TIPO	CAPTURADOS	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL PUNTO ESTUDIADO				
Planarias	Muy sensibles		CLASE I (muy sano)				
Plecópteros							
Efemerópteros I							
Tricópteros I							
Blefaricéridos							
Aterícidos							
Oxycera sp							
Larvas de coleópteros	Sensibles		CLASE II (alterado)				
Simúlidos							
Tricópteros sin estuche							
Hidrotóptidos							
Gammáridos							
Quironómidos verdes	Tolerantes		CLASE III (enfermo)				
Hydropsyche sp.							
Efemerópteros II							
Ancílidos							
Físidos							
Sanguijuelas	Muy tolerantes		CLASE IV (grave)				
Oligoquetos							
Quironómidos rojos							
Sírfidos							
Psicódidos							
Culícidos							
Ausencia de vida							CLASE V (muy grave)
<b>Estación de muestreo:</b>			<b>Fecha de muestreo:</b>				