

CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA: CUENCA DEL RÍO PALMONES

*Ricardo Figueroa / Xavier Niell Castanera / Antonio Avilés Benítez
Laura Palomo Ríos / María Carrasco Sierra / Sonia Moreno Corrales*

Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga

RESUMEN

El río Palmones (bahía de Algeciras, Campo de Gibraltar) ha sido intensamente estudiado en términos de sus variaciones físico-químicas, comunidades de macrófitos y cambios en su sistema estuarino. Datos concretos respecto a la fauna de invertebrados acuáticos sólo existen en referencias aisladas asociadas a la península Ibérica. Estos organismos han sido reconocidos como potenciales indicadores de la calidad biológica de los sistemas acuáticos fluviales y están siendo utilizados en ríos de todo el mundo, por su capacidad de integrar información temporal. En España también su uso es frecuente, generalizando la aplicación del índice biótico IBMWP. Este estudio tuvo como objetivo realizar una primera aproximación a la calidad del agua del río a través de las comunidades de invertebrados, en una condición de bajo caudal.

ABSTRACT

The Palmones river (Algeciras, Campo de Gibraltar) has been thoroughly studied in terms of their physical and chemical variables, macrophyta communities and changes in the estuarine system. Concrete data relating to the fauna of aquatic invertebrates only exist in isolated references linked to the Iberian Peninsula. These organisms have been recognized as potential indicators of the biological quality of the aquatic systems and are being used in rivers throughout the world, due to its capacity for integrate information. In Spain their use is often characterised by the use of IBMWP biotic index. This study had as its main aim to carry out an initial approximation of the quality of the river water, through its communities of invertebrates under conditions of water flow low.

Key word: Macroinvertebrates, Water quality, Palmones river, Gibraltar, Spain.

INTRODUCCIÓN

El río Palmones (bahía de Algeciras, Campo de Gibraltar) ha sido intensamente estudiado en términos de sus variaciones físico-químicas (Avilés, 2002) comunidades de macrófitos (Jiménez *et al.*, 1987; Pérez-Llorens *et al.*, 1989; Pérez-Llorens & Niell, 1990; 1993) y con mayor atención, la dinámica de su sistema estuarino de acuerdo a flujos río-mar (Clavero *et al.*, 1996) y de nutrientes agua-sedimento (Clavero *et al.*, 1997; 1999; 2000; Fernández *et al.*, 1997).

Sin embargo, datos concretos respecto a la fauna de invertebrados en el río, solo existen en referencias relativas también a su estuario (López-Figueroa & Niell, 1987; Clavero *et al.* 1991; Clavero *et al.* 1992; Niell y López-Figueroa, 1991) y otras en el curso fluvial sobre grupos específicos que han sido reunidos por Gallardo (2001). Al respecto, los macroinvertebrados bentónicos son reconocidos como potenciales indicadores de la calidad biológica de los sistemas acuáticos fluviales (Helawell, 1986; Rosenberg & Resh, 1993; Resh *et al.*, 1995), esencialmente por su amplia distribución y diversidad de grupos que les permite adaptarse a características muy definidas de calidad de agua. Razones por las cuales están siendo utilizados en ríos de todo el mundo (Rosenberg & Resh, 1993; Lang & Reymond, 1995; Guetti, 1997; Armitage *et al.*, 1992; Raddum & Fjellheim, 2002), por su capacidad de integrar información temporal y por la rapidez con la cual se pueden obtener resultados, lo que ha permitido desarrollar una serie de protocolos para la evaluación rápida de estos sistemas (Resh *et al.*, 1995; Barbour *et al.*, 1995, Prat *et al.*, 2000).

En España también su uso es frecuente desde hace varias décadas y con diversos objetivos (*e.g.* González del Tanago, 1979; Prat *et al.*, 1986; Miranda, 1887; Muñoz & Prat, 1992; Pujante *et al.*, 1995; Torralba, 1996; Alvares *et al.*, 2001), pero sólo recientemente se viene generalizando la aplicación del índice biótico BMWP, el cual corresponde a una adaptación del BMWP desarrollada por Armitage *et al.* (1983) para aguas británicas, realizada por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) y que posteriormente ha sido revisada y readaptada a aguas de la península Ibérica (Muñoz & Prat, 1992; Alba-Tercedor, 1996; Alba-Tercedor *et al.* 2003; Prat *et al.*, 2000), denominado actualmente como IBMWP Iberian Biomonitoring Working Party.

Adicionalmente, un importante aspecto en teoría ecológica de ríos, ha sido el reconocimiento de la cuenca de drenaje como unidad-área de estudio (Ward, *et al.* 2002), sintetizado en diversos modelos dinámicos que explican el flujo energético y la adaptación de las comunidades biológicas a los sistemas fluviales (Vanotte *et al.*, 1980; Cummins, 1973; Merrit & Cummins, 1996) en una estructura funcional definida, que nos obliga a considerar la cuenca como unidad de trabajo. Este estudio tuvo como objetivo realizar una primera aproximación a la calidad del agua de la cuenca del Río Palmones a través de las comunidades de invertebrados en una condición de bajo caudal.

METODOLOGÍA

El área de estudio corresponde a la cuenca hidrográfica del río Palmones, con un tamaño medio (302 km²), con una longitud aproximadamente de 42 km y que drena sus aguas a la bahía de Algeciras, estrecho de Gibraltar, donde desarrolla un importante estuario en sus últimos *ca.* 6 km. Más de la mitad de su recorrido se encuentra dentro de los límites del Parque Natural Los Alcornocales y su curso medio es regulado por un embalse. Este estudio consideró siete estaciones de muestreos las cuales se corresponden con las estudiadas por Avilés (2002), puesto que se dispone de una información de referencia respecto al comportamiento de las características físico-químicas del agua. La localización de las estaciones es presentada en la figura 1. La estación 1 y 2 se localizan antes del embalse, la estación 3 a la salida de este, la estación 4

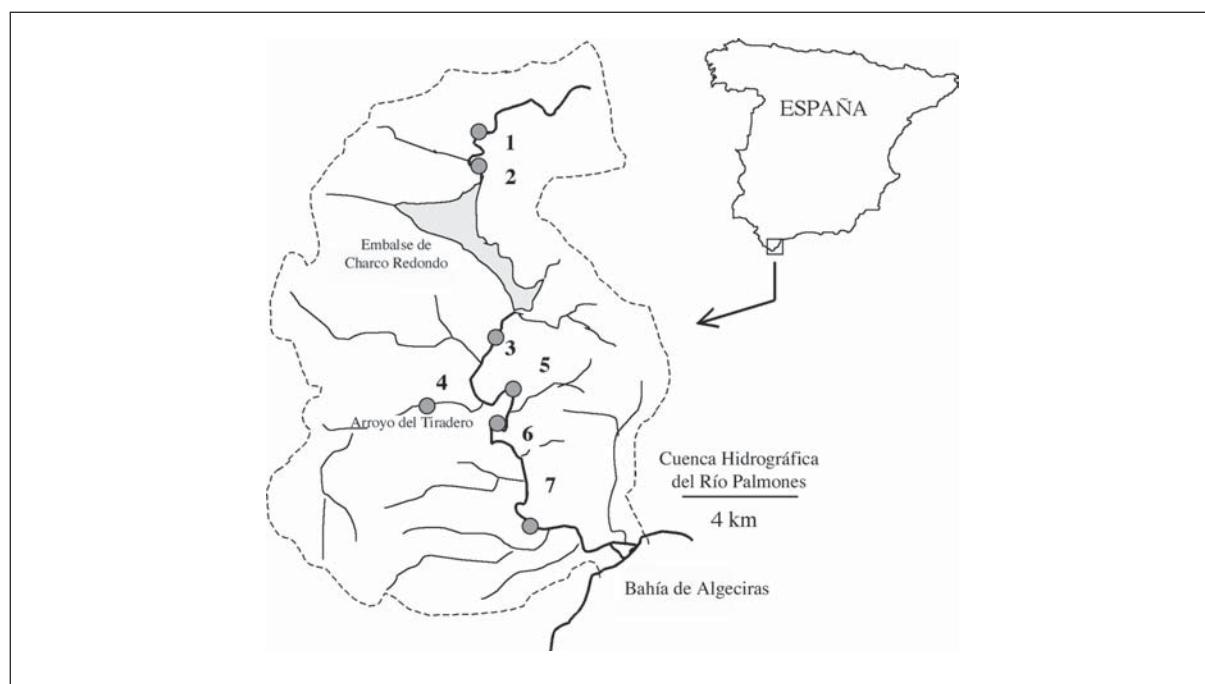


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en la cuenca del río Palmones.

corresponde a un tributario (arroyo del Tiradero), las estaciones 5 y 6 aguas abajo después de la llegada del tributario y la 7 es la última estación antes de entrar al estuario.

El muestreo fue realizado con una red de mano de 250 μ m de trama, siguiendo la metodología propuesta por Alba-Tercedor (1996) y que ha sido resumida y actualizada en el Protocolo ECOSTRIMED (Prat *et al.*, 2000). El índice se basa en la comunidad de macroinvertebrados que colonizan los diferentes hábitats fluviales y define el nivel de familias como consideración taxonómica a la cual debe trabajarse. La identificación se realizó in situ y parte de las muestras fueron fijadas (formalina 4%) y portadas al laboratorio para su posterior identificación y corrección. Para la identificación se sigue principalmente la Guía de Sansoni (2001). Elaborado el inventario de familias y asignado el puntaje de tolerancia (ver Prat *et al.* 2000), estos fueron sumados y su valor final referido a una clase determinada según la tabla 1 que expresa 5 clases de calidad ambiental. Cuando los valores se encontraban en los extremos, estos fueron asignados a dos clases de calidad por considerar que pueden corresponder a una clase intermedia.

Clase	Calidad	Valor IBWMP	Características ambientales	Color
I	Buena	>150	Aguas muy limpias,	Azul
		101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.	
II	Aceptable	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Tabla 1. Transformación IBWMP en clases de calidad ambiental (Alba-Tercedor, 1996).

Paralelamente se determinaron variables físicoquímicas in situ como la temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y salinidad. También se determinó el caudal en cada estación, la cual debido al bajo flujo se realizó una estimación de la velocidad mediante un flotador que fue lanzado repetidas veces en una distancia L y promediado para obtener su valor final.

Asimismo, las estaciones fueron comparadas y agrupadas mediante un análisis de *cluster* para definir áreas con similar composición taxonómica. Para ello, se consideró el coeficiente de Jaccard, que utiliza como matriz la presencia/ausencia de las familias recolectadas por estación que fue expresado en un dendrograma de similitud. Todos los análisis se llevaron a cabo usando los programas Excell-2000 y Biodiversity Profesional Beta (McAleece, 1997).

RESULTADOS

Las variables físicoquímicas y las principales características de las estaciones de muestreo son resumidas en la tabla 2. La temperatura estuvo entre 22,4 y 28,0°C, registrando las máximas donde el río se encuentra empozado (E1) o con baja circulación como E7, esta última estación el agua se encuentra encauzada y con baja circulación por el represamiento que se produce con el material acumulado y desarrollo de juncáceas en toda su ancho. Estas mismas estaciones presentaron altos valores en saturación de oxígeno que reflejan la productividad del perifiton y fitoplancton que puede desarrollarse en esta zona. En términos de conductividad y salinidad los valores son bajos. Destaca la estación E4, la cual corresponde al arroyo

Estación	T (°C)	pH	Conduct. (µS/cm ²)	Salinid. (‰)	OD (mgL ⁻¹)	OD (%)	EH (mv)	Caudal (m ³ s ⁻¹)	Hora	V.R	Sustrato
E1	27,5	7,96	524	0,30	8,18	103,0	145	Pozas	13:15	Si	C/A
E2	24,1	7,89	416	0,24	8,83	108,9	154	0,0025	14:15	Si	C/G/A
E3	23,5	7,08	408	0,25	6,95	81,5	80	0,033	11:45	Si	G/A/F
E4	22,4	7,75	143	0,03	8,85	103,0	170	0,204	18:45	SI	C/A
E5	23,9	7,65	256	0,15	6,65	78,0	59	0,345	19:30	Si	G/A/F
E6	24,4	7,35	259	0,15	2,10	24,2	130	S/C	19:10	Si	C/A
E7	28,0	7,81	406	0,23	8,87	112,2	147	0,1377	17:15	Escaso	Cemento
Promedio	27,5	7,96	524	0,30	8,18	103,0	145	-	-	-	-

(V.R. = Vegetación de Ribera, S/C = Sin circulación, C = cantos rodados, G = grava, A = arena, F = Arena Fina/Fango).

Tabla 2. Resumen de las variables físicoquímicas determinadas por estación.

del Tiradero, un afluente del Palmones, la cual presenta aguas de muy buena calidad, con la más baja temperatura, conductividad y salinidad y elevado valor de oxígeno. Asimismo, se aprecia un buen aporte de caudal (0,2 m³s⁻¹), en relación a las otras estaciones, en términos de cantidad y calidad de agua al curso principal del río Palmones.

La tabla 3 entrega la lista de familias registradas en todas las estaciones de muestreo realizadas en la cuenca del río Palmones y las clases de calidad que se obtuvieron de acuerdo al IBWPM. Se entrega además la riqueza de familias por estación, de donde el total de las familias registradas (56), el 82,1% corresponden a insectos, mientras que los restantes corresponden a moluscos, crustáceos, acaros, oligoquetos y gusanos planos. La estación con una mayor diversidad es la estación 4 con 39 familias y es la única donde se registra los plecopteros: Perlidae, Chloroperlidae y Nemouridae; efemerópteros: Hepatogeniidae, apareciendo también los tricópteros: Leptoceridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae y Glossosomatidae. La estación de menor diversidad es la estación 7 (9 taxa).

Los resultados indican que en general la cuenca se encuentra en una buena condición biológica, con clases entre I y II en la mayoría de las estaciones, con excepción de aquellas estaciones que por el bajo caudal se encuentran empozadas como

	Familias/Estación	EST1	EST2	EST3	EST4	EST5	EST6	EST7
E	Leptophlebiidae	10	10			10	10	
E	Baetidae	4	4	4	4	4	4	4
E	Caenidae	4	4	4	4	4	4	
E	Ephemerellidae	7			7	7		
E	Heptageniidae				10			
P	Perlidae				10			
P	Leuctridae		10		10		10	
P	Chloroperlidae				10			
P	Nemouridae				7			
T	Leptoceridae				10	10	10	
T	Lepidostomatidae				10			
T	Brachycentridae				10	10		
T	Glossosomatidae				8			
T	Philopotamidae		8		8	8		
T	Psychomyidae				8		8	
T	Rhyacophilidae				7			
T	Hydroptilidae		6		6			
T	Hydropsychidae		5		5	5		
O	Aeschnidae				8			
O	Gomphidae					8		
O	Libellulidae		8					
H	Veliidae			3		3	3	
H	Hydrometridae					3	3	
H	Gerridae	3	3	3	3	3	3	3
H	Nototecnidae						3	
H	Corixidae	3		3			3	
C	Dryopidae				5			
C	Elmidae				5	5		
C	Gyrinidae			3				
C	Hydraenidae	4		5	5	5		
C	Hydrophilidae		3	3	3	3	3	
C	Dytiscidae		3	3	3	3	3	
D	Athericidae				10			
D	Dixidae		4					
D	Empididae							4
D	Simuliidae		5	5	5	5		
D	Tabanidae	4		4	4	4		
D	Tipulidae		5	5	5			
D	Ceratopogonidae	4			4			
D	Limoniidae				4	4		
D	Psychodidae				4	4		
D	Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2
D	Culicidae						2	
Cr	Atyidae	6	6	6	6	6	6	6
Cr	Ostracoda			3			3	
M	Ancylidae	6	6	6	6	6	6	6
M	Lymnaeidae				3			
M	Physidae		3	3	3	3	3	3
M	Sphaeridae			3		3		
	Hydracarina	4			4	4	4	
	Dugesidae		5	5	5			
	Glossiphonidae					3	3	3
	Oligochaeta	1	1		1	1	1	1
	Puntaje Total	62	101	73	232	136	97	32
	Clase de Calidad	II-III	I-II	II	I	I	II	IV
	Numero de familias	14	20	19	39	28	22	9

Tabla 3. Diversidad de familias y clases de calidad de calidad obtenido de acuerdo al IBWPM por estación de muestro.

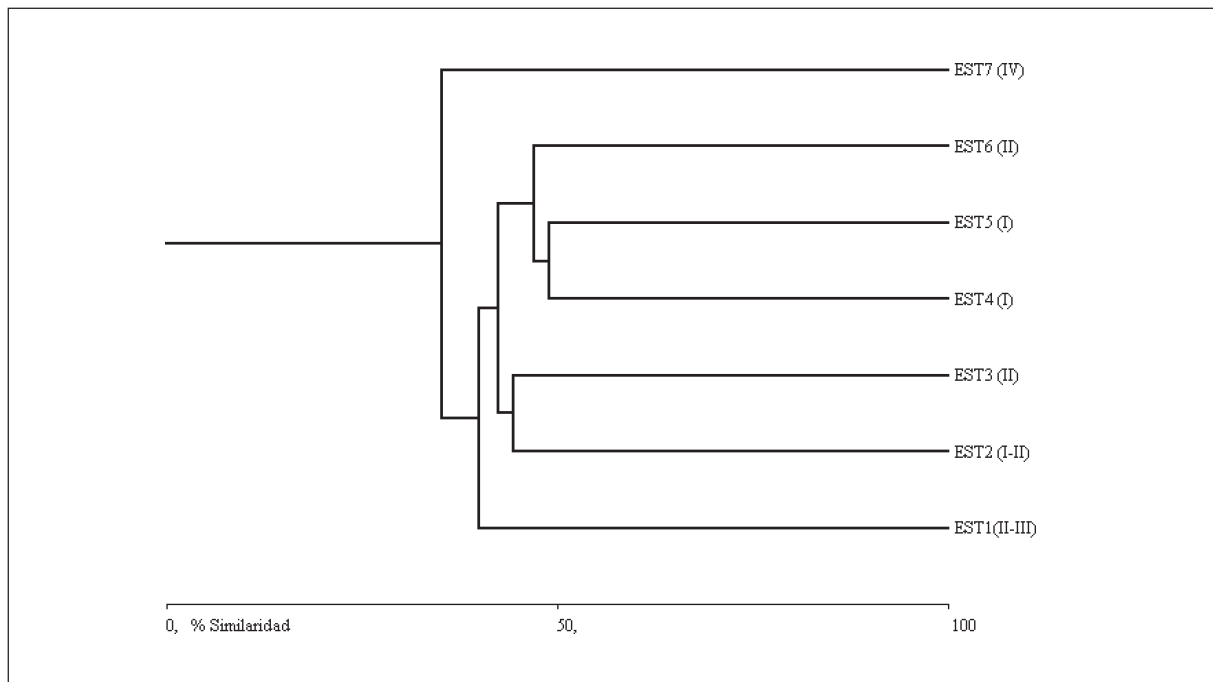


Figura 2. Ordenación de las estaciones de muestreos de acuerdo a la presencia/ausencia de las familias recolectadas (Índice de Jaccard).

es la estación 1 y en parte la estación 6, pero que a pesar de todo presentan una elevada diversidad de familias. La estación 7 se localiza casi al cierre de la cuenca, fuera de lo que es la reserva de los Alcornocales y se encuentra fuertemente modificada al encauzarse sobre una antigua represa, la que además de ser invadida por plantas juncáceas, carece de una vegetación ribereña como es el caso de las estaciones aguas arriba. Esto se expresa en una baja calidad biológica, siendo esta estación la peor evaluada (Clase IV).

La figura 2 representa el análisis de *cluster* que ha considerado la diversidad (presencia y ausencia) de familias, se ha colocado entre paréntesis el valor del IBMWP obtenido para cada estación. Aquí se puede apreciar que E-7 es la más disímil de las estaciones (34% de similitud), mientras que E-1, que se encontraba sin escurrimiento superficial se separa secundariamente del resto (40% de similitud). Las estaciones restantes agrupan a las estaciones que se encuentran en buena calidad (I y II), con dos grupos prácticamente iguales (44 y 46%), los cuales permiten distinguir a E-2 y E-3 correspondientes a las estaciones de entrada y salida de la represa y, E-4 que corresponde a aguas de excelente calidad y proviene de un tributario del río Palmones, favoreciendo con ello el curso principal como se expresa en E-5 y E-6, las que se agrupan a esta.

DISCUSIÓN

Las variables físicoquímicas analizadas se encuentran dentro de los rangos registrados para las mismas estaciones durante un periodo estival (Aviles, 2002). Este mismo autor ha seguido una serie de otras variables relativas al aporte de nutrientes y clasifica esta cuenca como eutrófica. Sin embargo, esto debe ser mirado con cuidado, puesto que en general, los cursos de agua de pendiente con abundante vegetación riparina, como se encuentra el río Palmones en casi toda su extensión, no

solo presentan, sino dependen del aporte de material orgánico alóctono al sistema y que definen las comunidades biológicas que allí se desarrollan y que caracterizan estos sistemas como heterotróficos (Vannote *et al.*, 1980; Ward *et al.*, 2002).

De hecho la única estación que presentó bajos valores de oxígeno es la estación 6, que si bien no esta empozada completamente, no presenta flujo laminar observable. Esta baja turbulencia no permite la oxigenación de las aguas pero a diferencia de las estaciones 1 y 7, no recibía una insolación directa que permitiera el desarrollo de comunidades perifíticas. Estas aumentarían la disponibilidad de oxígeno disuelto durante el día, pero llevaría a valores de anoxia intolerables durante la noche. Esta estación se presenta en clase de calidad II, indicando que no existe una disminución crítica de oxígeno por la noche, de modo que no es una estación eutrofizada que diezme todas las comunidades del bentos. Al respecto, Prat (1986) señala que bajas de oxígeno son importantes cuando se asocian a poluciones altas o moderadas.

En la evaluación realizada a través de las comunidades de invertebrados, solo la estación 7 presento una calidad crítica (IV, aguas muy contaminadas), la cual es la última estación antes del estuario y no solo se encuentra fuera del área de protección, sino que recibe una fuerte presión del núcleo de Los Barrios, además de encontrarse represado por una antigua instalación que impide las mezclas de agua dulce del río y salobres del estuario. Una visión general de la cuenca a través del IBMWP indica que existe un buen estado de la calidad biológica a pesar del bajo caudal. Solo la estación 1 presentó problemas de sequías, donde el escurrimiento superficial se redujo a pozas aisladas. Esto es muy común en ríos mediterráneos temporales (Gasith & Resh, 1999; Prat & Munne, 2000; Rhazi *et al.*, 2001) donde los grupos biológicos adaptan sus ciclos de vida de los ambientes perturbados para mantener una continua recolonización. A pesar de ello, la estación 1 fue clasificada en un estado intermedio de las clases II y III, es decir con evidencias de contaminación, sin embargo, una buena clasificación sería “con evidencias de transición” puesto que en condiciones normales de caudal se presume en una condición biológica óptima.

Si bien no existen estudios anteriores de este tipo en el río Palmones, si existen registros de grupos específicos señalados para el sector de Los Barrios, como son Plecópteros (Sánchez-Ortega *et al.*, 1987; Roperó-Montero *et al.*, 1995), Coleópteros (Lagar y Fresneda, 1990; Ribera *et al.*, 1997; Rico, 1996; Rico *et al.*, 1990) lo que permite visualizar la potencialidad de estudio por la gran diversidad que se ha señalado en estas órdenes y el aporte de este trabajo. Por otro lado, nos permite realizar inferencias sobre el estado de la cuenca del Palmones, puesto que Plecoptera ha sido reconocido como uno de los grupos más sensibles a la polución. Esto también puede verse apoyado con estudios de cuencas vecinas pertenecientes al Parque Natural Los Alcornocales sobre la diversidad de plecópteros y odonatos (Agüero *et al.*, 1998) y otra sobre una valoración faunística destacando que de 17 estaciones estudiadas a lo largo de la cuenca, todas se encuentran en buena calidad, haciendo énfasis, además, en un alto endemismo (Herrera & Ferreras, 2000).

Claro está que este trabajo no considera la evaluación de algún tipo de contaminación específica o factor que pudiera incidir en la calidad del agua, pero el desarrollo de un río dentro de un sistema natural protegido y el paso del agua por una represa pueden ser determinantes en la estructura comunitaria. La protección de la vida acuática es el principal objetivo para la preservación de la calidad del agua, y como tal, las comunidades asentadas se convierten en las principales variables a estudiar como indicadores de la calidad biológica (Guetti, 1980). Bajo este principio, los invertebrados son una buena herramienta para integrar información y la tendencia es a simplificar los métodos de evaluación.

Diferentes métodos, características y comparaciones han sido ampliamente revisadas y discutidas (Washington, 1984; Rico *et al.*, 1992; Muñoz & Prat, 1994) así como otras medidas de riqueza, diversidad, índices, relaciones (radios) y combinaciones que se basan en las comunidades de macroinvertebrados (Resh *et al.*, 1995). Por lo que no nos detendremos a discutir sobre la eficiencia del método utilizado en este trabajo, más que el alcance de ser muy simple de aplicar, no

requiere un conocimiento acabado de la taxonomía de los invertebrados más que a nivel de familia, por lo cual es una estrategia práctica para la gestión.

En conclusión, esta primera diagnosis indica una buena calidad general del sistema y un potencial de estudio, esencialmente por la alta diversidad que posee y porque plantea el objetivo de mantener el recurso acuático y lo que involucra en términos de su cuenca de drenaje, en este buen estado.

BIBLIOGRAFÍA

- AGÜERO M., A. F. Herrera & M. Ferreras (1998) Plecópteros y Odonátos de la parte superior de la cuenca del río Hozgarganta. *Almoraima*, 19:241-248.
- ALBA-TERCEDOR J., P. Jaiméz-Cuéllar, M. Álvarez, J. Avilés, N. Bonada, J. Casas, A. Mellado, M. Ortega, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, S. Robles, C. Sainz-Cantero, A. Sánchez-Ortega, M. L. Suárez, M. Toro, M. R. Vidal-Abarca, S. Vivas & C. Zamora-Muñoz (2003) Caracterización del estado ecológico de ríos Mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (=BMWP). *Limnética* (in press).
- ALBA-TERCEDOR J. & A. Sánchez-Ortega (1988) Un método rápido y simple para evaluar la calidad de las aguas corrientes basado en Helawell (1978). *Limnética*, 4: 51-56.
- ALBA-TERCEDOR J. (1996) macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía, Almería*, II-203-213.
- ÁLVAREZ M., I. Pardo, G. Moyá, G. Ramón & A. Martínez-Taberner (2001) "Invertebrate communities in temporary streams of the island of Majorca: a comparison of catchments with different land use". *Limnética*, 20(2): 255-266.
- ARMITAGE P.D. & G.E. Petts (1992) "Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes". *Aq. Cons.: Mar. Freshw Ecos.*, 2:1-17
- ARMITAGE P.D., D. Moss, J.F. Wright & M.T. Furze (1983) "The use performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrate over wide range of unpolluted running-waters site". *Wat. Res.*, 17: 33-347.
- AVILÉS A. (2002) El papel del sector fluvial en la biogeoquímica del río Palmones (Los Barrios, Cádiz). Tesis Doctoral. Dpto de Ecología, Universidad de Málaga, 177 pp.
- AVILÉS A., J. Becerra, L. Palomo, V. Clavero & F.X. Niell (2000). "Distribution of different phosphorus fractions in the sediment of Palmones River (Southern Spain) During a dry season". *Limnética*, 19:31-38
- BARBOUR M.T., J. Gerritsen, D. Zinder & J.B. Stribling (1995). *Revisión to rapid bioassessment protocols for use in stream and river: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. EPA 841/D-97-002.
- CLAVERO V., F.X. Niell & J.A. Fernández (1991). "Effects of *Nereis diversicolor* O.F. Muller abundance on the Dissolved Phosphate Exchange between Sediment and Overlying Water in Palmones River Estuary (Southern Spain)". *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 33: 193-202.
- CLAVERO V., J.A. Fernández & F.X. Niell (1992). "Bioturbation by *Nereis* sp and its effects on the phosphate flux across the sediment-water interface in the Palmones River estuary". *Hidrobiología*, 235/236: 387-392.
- CLAVERO V., J.A. Fernández & F.X. Niell (1997). "Intercambio de fosfato y adsorción por el sedimento del Estuario del Río Palmones". *Sem. Quim. Mar.*, 181-188.
- CLAVERO V., J.J. Izquierdo, J.A. Fernández & F.X. Niell (1999). "Influence of bacterial density on the exchange of phosphate between sediment and overlying water". *Hydrobiologia*, 392: 55-63.
- CLAVERO V., J.J. Izquierdo, J.A. Fernández & F.X. Niell (2000). "Seasonal fluxes of phosphate and ammonium across the sediment-water Interface In a shallow small estuary (Palmones River, southern Spain)". *Marine Ecology Progress series*, 198:51-60.
- CUMMINS R.W. (1973). "Trophic relations of aquatic insects". *Annual Review Entomology*, 18: 183-203.
- FERNÁNDEZ J.A., V. Clavero, J.A. Villalobos & F.X. Niell (1997). "A non linear model of phosphate flux in the phytoplankton of a temperate eutrophic reservoir". *Hydrobiologia*, 344: 205-214.
- GALLARDO A. (2002). "Macroinvertebrados acuáticos de la red hidrográfica del campo de Gibraltar: una revisión". *Almoraima*, 27:351-36.
- GASITH A & V. Resh (1999). "Stream in Mediterranean Climate region: Abiotic influences and Biotic Responses to predictable". *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 30:51-81.
- GONZÁLEZ DEL TANAGO M. (1979). "Métodos biológicos para el estudio de la contaminación y calidad biológica de los ríos". *Estudios Bol. Inf. Medio Amb.*, 9:25-29.
- GUETTI P.F. (1980). "Biological indicators of the quality of running waters". *Boll. Zool.*, 47:381-390.
- GUETTI P.F. (1997). "Manuale di applicazione Indice Biotico Esteso (IBE): I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti". Agencia Provinciale per la Protezione dell' Ambiente. Provincia Autonoma di Trento. 222 pp.
- HAUER F.R. & G.A. Lamberty, Eds. (1996). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press. United States of America. 674 pp.
- HELLAWELL J.M. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier, England. 546.
- HERRERA AF & M. Ferreras (2000). "El uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad en cursos de agua con una marcada estacionalidad". *Almoraima*, 19:103-113.
- HERRERA AF & M. Ferreras (2000). "Evaluación desde el punto de vista faunístico de los ecosistemas de la cuenca fluvial del río Hozgarganta en el parque natural de los Alcornocales". *Almoraima*, 23: 259-268.
- JIMÉNEZ, C.; F.X. Niell & P. Algarra (1987). "Photosynthetic adaptation of *Zostera noltii* Hornem". *Aquat. Bot.*, 26: 217-226.

- LAGAR A & J. Fresneda (1990). "Notas faunísticas y taxonómicas sobre *Hydraenidae* (Coleoptera, Palpicornia) de la Península Ibérica: descripción de nuevas *Hydraena* ibéricas". *Bull. Inst. Royal Scien. Nat. Belgique, Ent.*, 60: 149-160.
- LANG C. & O. Reymond (1995). "An improved index of environmental quality for swiss rivers base on benthic invertebrates". *Aquatic Sciences*, 57(2): 172-180.
- LÓPEZ-FIGUEROA F. & F.X. Niell (1987). "Feeding behaviour of *Hydrobia ulvae* (Pennant) in microcosms". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 114: 153-167.
- MERRIT R.W. & K.W. Cummins (1996). "Trophic relations of macroinvertebrates". In: Hauer, R.F. & G.A. Lamberti, Eds. *Methods in Stream Ecology*, 21: 453-473.
- MIRANDA A. (1987). "Utilización de macroinvertebrados bénticos como indicadores de la calidad del agua en el río Viao-Piloña (Asturias)". *Limnética*, 3: 141-150.
- MUÑOZ I. & N. Prat (1992). "Cambios en la calidad del agua de los ríos Llobregat y Cardener en los últimos 10 años". *Tecnología del Agua*, 91: 17-23.
- MUÑOZ I. & N. Prat (1994). "A comparison between different biological water indexes in the Llobregat Basin (NE Spain)". *Verh. Internat. Verein. Limnol.*
- NIELL F.X. y F. López-Figueroa (1991). "Fitofagia y coprofagia en el molusco *Hydrobia ulvae* (Pennant) (Gastropoda, Prosobranchia)". *Actas V. Simp. Estud. Bent. Mar.*, (1): 119-132.
- PÉREZ-LLORENS J. L. & F. X. Niell (1990). "Emergence and submergence effects on the distributional pattern and exchange of phosphorus in the seagrass *Zostera noltii* Hornem". *Scientia Marina*, (2-3): 497-503.
- PÉREZ-LLORENS J. L. y F.X. Niell (1993). "Seasonal dynamics of biomass and nutrient content in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem from Palmones River Estuary, Spain". *Aquatic Botany*, 46: 49-66.
- PÉREZ-LLORENS J. L., J. A. Fernández & F.X. Niell (1989). "Uso fotosintético del CO₂ a distintas temperaturas por dos morfotipos de *Zostera noltii* Hornem del Estuario del Río Palmones (Algeciras, Cádiz)". *Acuicul. Inter.*, 49-58.
- PRAT N. A. Munné, M. Rieradevall, C. Solà & N. Bonada (2000). *ECOSTRIMED Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis*. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient., 94 pp.
- PRAT N. & A. Munné (2000). "Water use and quality and stream flow in a mediterranean stream". *Wat. Res.*, 34 (15): 3876-3881.
- PRAT N., G. González & X. Millet (1986). "Comparación crítica de dos índices de calidad del agua: ISQA y BILL". *Tecnología del Agua*, 31: 33-49.
- PUJANTE A., F. Martínez-López y G. Tapia (1995). "Macroinvertebrados y calidad de las aguas de los ríos próximos a la central térmica de Andorra (Teruel, España)". *Limnética*, 11(2):1-8.
- RADDUM G.G. & A. Fjellheim (2002). "Species composition of freshwater in relation to chemical and physical factors in high mountains in Soutwern Norway". *Water, Air, and Soil Pollution*, 2: 311-328.
- RHAZI L., P. Grillas, A. Mounirou & L. Tan (2001). "Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools". *Life sciences*, 324: 165-177.
- RESH V.H., R. Norris & M.T. Barbour (1995). "Design and implementation of rapid assessment for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates". *Australian Journal of Ecology*, 20: 108-121.
- RIBERA I., C. Hernando, P. Aguilera & A. Millán (1997). "Especies poco conocidas o nuevas para la fauna ibérica de coleópteros acuáticos (Coleoptera: Dysticidae, Hydrophilidae Hydraenidae, Dryopidae)". *Zapateri*, 7: 83-90.
- RICO E. (1996). "Distribución de lo *Elmidae* (Coleoptera: Dryopoidea) en la Península Ibérica e Islas Baleares". *Graellsia*, 52:115-147.
- RICO E., C. Pérez & C. Montes (1990). "Lista faunística y bibliográfica de los *Hydradephaga* (Coleoptera: Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Notoridae, Dysticidae) de la Península Ibérica e islas Baleares". *Lista de la flora y fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica*, 7.
- RICO E., A. Rallo, M. A. Sevillano & M. L. Arretxe (1992). "Comparison of several biological indices based on the river macroinvertebrate benthic community for assessment of running water quality". *Anns. Limnol.*, 28(2): 147-156.
- ROPERO-MONTERO J.M., M. P. Paz & A. Sánchez-Ortega (1995). "Composición y fenología de la fauna de Plecópteros (Insecta, Plecoptera) en el sur de España (Provincia de Cádiz)". *Boletín Asociación Española de Entomología*, 19:149-162.
- ROSENBERG D.M. & V.H. Resh (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, N.Y. 488 pp.
- SANCHEZ-ORTEGA A. & J. Alba-Tercedor (1987) "Lista faunística y bibliografía de los plecópteros (Plecoptera) de la Península Ibérica". *Lista de la flora y fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica*, 4.
- SANSONI G. (2001). *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Agencia Provinciale per la Protezione dell' Ambiente. Provincia Autonoma di Trento. 4^a ed. 191 pp.
- TORRALBA M. M., F. J. Oliva, N. A. Ubero-Pascal, J. Malo & M.A. Puig (1996). "Efectos de la regulación sobre los macroinvertebrados en el río Segura (S.E. España)". *Limnética*, 11(2): 49-56.
- VANNOTE R., G. Minshall, K. Cummins, J. Sedell & C. Cushing. 1980. "The river continuum concept". *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37:130-137.
- WARD J.V., C. T. Robinson & K. Tockner (2002). "Applicability of ecological theory to riverine ecosystems". *Verh. Internat. Limnol.*, 28: 442-450.
- WASHINGTON H.G. (1984). "Diversity and Similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystem". *Wat. Res.*, 18:653-694.

Estudio financiado por los Proyectos AMB99-1088 y REN2002-00340/MAR del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Almoraima, 31, 2004