

EL USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD EN CURSOS DE AGUA CON UNA MARCADA ESTACIONALIDAD: RÍO HOZGARGANTA.

Antonio F. Herrera Grao / Lcdo. en CC. Biológicas. Universidad de Córdoba

Manuel Ferreras Romero / Lcdo. en CC. Biológicas. Universidad de Córdoba

Resumen

Se ha aplicado el índice biótico B.M.W.P' en un río de marcada estacionalidad, como el río Hozgarganta, y comparado los resultados con datos químicos del agua. Se ha estudiado su respuesta y su valor indicador ante diferentes fenómenos de alteración y contaminación por vertidos, demostrándose su utilidad y mayor precisión frente a la caracterización físico química por si sola.

Summary

The explanation of the biotic indicator B.M.W.P'. in a river of marked seasonal behaviour, like the river Hozgarganta, is developed and compared with chemical data of the water. Its response and indicational value has been studied in the presence of different phenomena of alteration and contamination due to spillage of residues, showing its utility and precision in opposition to the physical and chemical characterization it self.

INTRODUCCIÓN

Los cursos fluviales mediterráneos están sometidos a una estacionalidad muy marcada, con precipitaciones irregulares y concentradas en cortos periodos de tiempo y variaciones térmicas muy elevadas (Giudicelli et al., 1980, 1985). Dicha estacionalidad determina un régimen fluvial con fuertes oscilaciones de caudal: épocas de grandes crecidas y largos periodos en los que el flujo de agua permanece interrumpido. En el caso del río Hozgarganta (Cádiz), a todo lo expuesto anteriormente

Comunicaciones

hay que añadir que se encuentra ubicado en la zona más meridional de la Península Ibérica, con unas condiciones climáticas y biogeográficas muy características debido a la proximidad del Estrecho de Gibraltar y del Norte de Africa.

Además, el río Hozgarganta es uno de los pocos cursos fluviales de la Península Ibérica carentes de regulación en su cuenca; inicia su recorrido en el parque natural "Los Alcornocales", y pasa por áreas en las que existen explotaciones extensivas e intensivas de ganado y zonas de uso agrícola. Todo ello lo hace idóneo para la realización de trabajos dirigidos a conocer las alteraciones en la calidad ecológica de un sistema fluvial ubicado en el extremo suroccidental de Europa.

Por otro lado, debemos destacar que este estudio fue realizado durante uno de los años más secos que se han registrado en la zona y que puso final a un periodo de sequía extremadamente intenso que se vino registrando desde 1990.

ÁREA DE ESTUDIO

El río Hozgarganta se origina de la confluencia de la garganta de La Saucedá y la garganta Pasada Blanca, a 160 metros de altitud sobre el nivel del mar, en la zona nororiental de la provincia de Cádiz que limita con la provincia de Málaga. Sus aguas se unen a las del río Guadiaro a unos 6 km de la desembocadura en el mar (Fig. 1). La longitud total del cauce es de aproximadamente 35 km, de los que los primeros 15 km discurren por una de las zonas mejor conservadas del Parque Natural "Los Alcornocales".

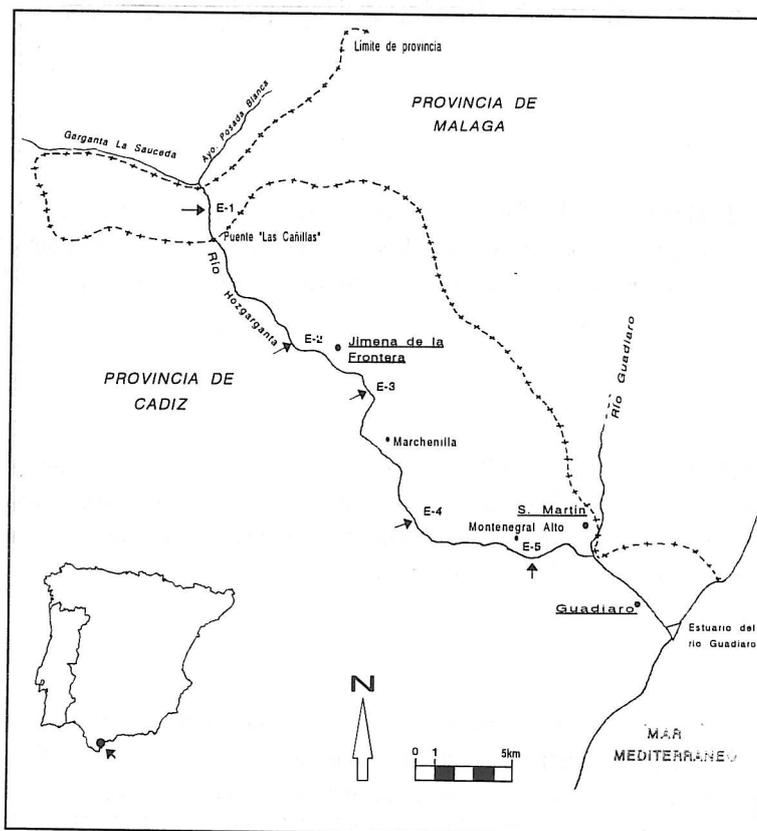


Figura 1. Mapa de situación y localización de las estaciones de muestreo,

La garganta Pasada Blanca discurre en sus inicios por terrenos preorogénicos de naturaleza calcárea, y la garganta de La Saucedá, junto con el propio río hasta la localidad de Jimena de la Frontera, discurren por la Unidad del Aljibe del Campo de Gibraltar (areniscas con margas y arcilla en la base). A partir de la citada localidad, el río discurre por terrenos postorogénicos (mioceno-cuaternario).

Descripción de las localidades de muestreo (Ver Fig. 1).

De las cinco localidades de muestreo, dos fueron ubicadas en el tramo del río que discurre en el interior del parque natural, las tres restantes a 2, 10 y 18 km respectivamente, aguas abajo de Jimena de la Frontera, el punto más importante en cuanto a emisión de vertidos al río. Pretendemos con esta disposición dilucidar básicamente dos cuestiones: a) la alteración que sufre el río a su paso por el entorno de Jimena de la frontera, y b) estimar la capacidad de recuperación (autodepuración) del propio río.

Localidad 1. Consta de una zona de corriente y poco profunda (10-15 cm), con numerosos cantos rodados, y otra zona de remanso de unos 2 metros de profundidad máxima. Hay cobertura vegetal autóctona en las riberas con abundante vegetación arbórea, matorral e importantes masas de adelfas (*Nerium oleander*). En las proximidades existe una pequeña explotación de ganado vacuno en extensivo.

Localidad 2. Comprende básicamente zonas de remanso de mediana profundidad (máximo 1,5 m), y una zona con abundantes cantos rodados y poca profundidad (15-40 cm). La cobertura vegetal es escasa con abundantes masas de matorral y adelfas.

Localidad 3. Se encuentra situada a unos 17 km del origen y a unos 2 km aguas abajo del punto de vertidos urbanos sin depurar de la localidad de Jimena de la Frontera, y de otro foco de vertidos también sin tratar, procedentes de la explotación ganadera de Treveris, S.A., la cual consta con aproximadamente 400 vacas en producción intensiva. En este punto el curso se encuentra dividido transversalmente por un camino asfaltado, de unos 6 metros de ancho, que comunica ambas orillas. Dicho camino, construido con láminas de hormigón, produce un represamiento del curso con un desnivel de un metro aproximadamente, lo que debe favorecer una cierta oxigenación del agua. La cobertura vegetal en las orillas está constituida principalmente por eucaliptos (*Eucalyptus sp.*) y zarzas (*Rubus fruticosus*). Desde mayo, todo el lugar de extracción de muestras permaneció cubierto por una capa de lenteja de agua (*Lemna minor*) que se mantuvo hasta finales de noviembre. En esta localidad fueron encontrados con frecuencia abundantes restos de basuras (plásticos, vidrios, latas, aerosoles, etc).

Localidad 4. Esta zona del río discurre por una vega aprovechada para el cultivo de cereales y el pastoreo de ganado vacuno. Las orillas están muy erosionadas y prácticamente carecen de vegetación. La zona de muestreo se estableció de nuevo entorno a un carril de láminas de hormigón que atraviesa el cauce y que produce un desnivel de un metro en el mismo, lo que da lugar a la existencia de zonas poco profundas con caudal rápido junto con zonas remansadas.

Localidad 5. Situada unos 2 km antes de la desembocadura en el río Guadiaro. El curso vuelve a estar atravesado por un carril de láminas de hormigón. La vegetación de orilla está constituida principalmente por eucaliptos y álamos (*Populus alba*). En la margen izquierda hay naranjales que llegan hasta el borde del lecho del río. La presencia de ganado en esta zona es prácticamente inexistente. En mayo, cuando la corriente del río quedó cortada, los agricultores realizaron movimientos de tierra con maquinaria pesada para construir un muro atravesando el cauce y retener agua con destino al riego de los naranjos. A partir de junio, el lugar de extracción de muestras tuvo que ser trasladado unos 60 metros aguas arriba donde aún quedaban pozas que mantuvieron agua durante todo el periodo seco.

Comunicaciones

METODOLOGÍA.

En 1995 fueron realizadas ocho campañas de recolección de macroinvertebrados acuáticos y análisis químicos de las aguas, a intervalos de 45 días aproximadamente. Para la extracción de las muestras de entomofauna acuática se utilizaron redes de mano con una luz de malla de 0,5 micrómetros. Se empleó la misma unidad de esfuerzo en todas las campañas y localidades (12 minutos de muestreo), y se llevó a cabo una recolección cualitativa en todos los microhábitats existentes en las mismas. Estas técnicas de muestreo para el estudio de poblaciones de insectos acuáticos vienen siendo utilizadas desde hace años por numerosos autores (Macan 1964, Lawton 1970, Johansson 1978, Crowley & Johnson 1982), y permiten, cuando se considera un número de muestras suficiente, la comparación de las asociaciones de macroinvertebrados existentes en las distintas localidades, sin necesidad de capturar un excesivo número de ejemplares.

En las localidades 3, 4 y 5, en las que existió un carril de láminas de hormigón atravesando el cauce, el muestreo de entomofauna fue llevado a cabo en ambos lados, aguas arriba y aguas abajo de dicho carril. Las muestras fueron fijadas en el campo con alcohol al 70%.

En cada una de las localidades de muestreo se realizaron medidas de los siguientes parámetros físico-químicos: velocidad de corriente (objeto flotante), temperatura (termómetro de mercurio), pH (pHmetro Metrohm 691), conductividad a 25°C (conductímetro Hanna 8417), turbidez (turbidímetro Dinko 800), sólidos en suspensión (filtros de 0,45 micrómetros de poro y balanza analítica), dureza cálcica, fosfatos y cloruros (Standard Methods, 1980), sulfatos y nitratos (Espectrofotómetro Hach DR/2000, métodos Hach registrados 680 y 351 respectivamente). Para la medida de dichos parámetros (excepto aquellos medidos in situ, temperatura y velocidad de corriente) se tomaron muestras de agua en botellas de vidrio sumergiendo éstas verticalmente en la corriente y protegiéndolas posteriormente de la luz. Los análisis correspondientes se realizaron en las 24 horas siguientes a la recogida. En las estaciones 3, 4 y 5 las muestras de agua se tomaron siempre aguas arriba del carril de hormigón.

Cada una de las muestras de macroinvertebrados fue separada al nivel taxonómico de familia. Asimismo, se ha aplicado el índice de calidad biológica de aguas B.M.W.P'. (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988). Para el presente estudio se han añadido a las tablas adaptadas por Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega (1988) otras cinco familias cuya puntuación se ha estimado en función de su distribución en el eje del río y por comparación con otras familias próximas: *Ecnomidae* (8), *Ptychopteridae* (4), *Veliidae* (3), *Limnobiidae* (3) y *Syrphidae* (2).

RESULTADOS

Caracterización físico-química (Tabla 1).

La temperatura máxima registrada fue de 29°C en la localidad 5 en agosto, y la mínima de 11,5° C en la localidad 1 en enero. En esta última localidad también se registró el valor medio más bajo del año (19° C). El valor medio más alto fue de 22,1°C en la localidad 5. Destacar que la diferencia de temperatura entre las localidades 1 y 5 se mantuvo en torno a los 3° C en todas las campañas de muestreo. Esta mínima diferencia es lógica si tenemos en cuenta la escasa variación altitudinal entre ambos puntos. La velocidad de la corriente alcanzó su valor medio más alto en la localidad 3 (0,9 m/seg). Este resultado corresponde a la velocidad media de las tres primeras campañas de muestreo, en el resto de las campañas realizadas el flujo de agua permaneció cortado. El pH osciló entre valores medios anuales de 7,5 en la localidad 1 y 7,8 en la localidad 2. En términos generales los registros fueron más bajos durante las campañas de verano y otoño, y más elevados durante el invierno. Los valores más altos de la conductividad se registraron en la localidad 1; este parámetro experimenta un incremento a partir

de los vertidos urbanos de Jimena de la Frontera y la explotación ganadera intensiva existente en las inmediaciones del pueblo (localidad 3).

En la localidad 4 la conductividad experimenta una cierta reducción, pero vuelve a subir en la localidad 5. La turbidez y los sólidos en suspensión fueron en aumento desde la localidad 1 a la 5. Es destacable que el incremento se acentúa enormemente a partir de Jimena. En la mayoría de los casos el parámetro dureza está fundamentalmente en función de los iones calcio y magnesio, estando habitualmente el primero en concentraciones mucho mayores que el segundo. Por este motivo se estudió únicamente la dureza cálcica, suficientemente indicativo del parámetro dureza en su conjunto. A lo largo del año los registros de este parámetro se mantuvieron algo más elevados en la localidad 1 que en la localidad 2, para aumentar bruscamente en la localidad 3; disminuyen ligeramente en la localidad 4 y vuelven a aumentar en la localidad 5. En esta última se alcanza el valor medio más alto de todo el río (188,7 ppm). Durante el invierno, el registro mínimo de fosfatos fue medido en la localidad 1 (0,5 ppm) y el máximo en la localidad 5 (4 ppm). Durante la primavera se registraron valores discretos en las localidades 1 y 2, para dispararse en la localidad 3 e ir descendiendo a partir de ésta. En el verano los valores más altos se registraron en la localidad 1 (3,4 ppm). Los valores medios anuales de sulfatos oscilaron entre las 22,2 ppm de la localidad 3 y las 58,8 ppm de la localidad 5. Con respecto a los nitratos, los valores más bajos se obtuvieron en primavera y verano.

En las localidades 1 y 2 las concentraciones, en general, fueron bajas, si bien registraron un notable aumento en otoño. Los valores medios para ambos puntos de muestreo fueron de 0,3 ppm y 0,5 ppm respectivamente. Fue precisamente en el muestreo de otoño cuando se obtuvo el valor máximo de 9,24 ppm en la localidad 5. El valor medio anual para esta localidad fue de 2,6 ppm. La concentración de cloruros en los cursos fluviales puede servir como indicador de su grado de eutrofización, una concentración excesiva es generalmente indicadora de polución urbana (Verneaux, 1973). La concentración de cloruro en ecosistemas fluviales que no discurren por formaciones con depósitos salinos, no sobrepasa las 20 ppm, salvo que exista polución (Klein, 1959). En el río Hozgarganta los valores registrados de iones cloruro se mantienen de forma generalizada por encima de las 20 ppm, pero destaca la localidad 1, en la que se alcanzaron los valores máximos en todos los muestreos (salvo en los resultados de las muestras de septiembre donde el valor máximo se registró en la localidad 2).

	Velc. m/sg	T ^a °C	pH	Cond. µOm	Turb. n.t.u.	Sold. Susp. ppm	Durz. Calc. ppm	Fosf. ppm	Sulf. ppm	Nitra ppm	Clor. ppm
E-1	0,53	19	7,5	943	3,1	7,7	133	1,2	55,8	0,3	166,5
E-2	0,8	21,2	7,8	658	6	10,4	105,5	0,9	36,2	0,5	100
E-3	0,9	21,3	7,6	768	8,9	16	164,2	3,3	22,2	1,8	67,2
E-4	0,62	22	7,6	686	33	43,2	109,9	2,82	35,4	0,8	61,2
E-5	0,73	22,1	7,6	830	31,5	41,6	188,7	2,12	58,8	2,6	60,5

Tabla 1. Valores medios de los parámetros físico-químicos en las diferentes localidades de muestreo.

Riqueza de macroinvertebrados.

En total fueron recolectados organismos pertenecientes a 67 taxones diferentes de los que 54 (80,6%) fueron familias de insectos acuáticos (Tabla 2). En las localidades 1 y 2 se recogieron insectos pertenecientes a 39 y 34 familias respectivamente, mientras que en las localidades 3, 4 y 5 se recolectaron 25, 24 y 23 familias respectivamente.

Comunicaciones

	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
<i>Capniidae</i>	*	*	-	*	-
<i>Leuctridae</i>	*	*	-	-	*
<i>Perlodidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Taeniopterigidae</i>	*	-	-	-	-
<i>Baetidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Caenidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Heptageniidae</i>	-	*	-	-	-
<i>Leptophlebiidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Baraeidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Polycentropodidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Hydropsychidae</i>	*	*	*	*	-
<i>Brachycentridae</i>	*	-	-	-	-
<i>Phryganeidae</i>	*	-	-	-	-
<i>Psychomitidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Hydroptilidae</i>	*	-	-	-	-
<i>Leptoceridae</i>	*	*	-	-	-
<i>Ecnomidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Phylopotamidae</i>	-	*	*	-	-
<i>Rhyacophilidae</i>	-	*	-	-	-
<i>Aeshnidae</i>	*	-	-	-	*
<i>Libellulidae</i>	*	-	-	*	*
<i>Gomphidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Platycnemidae</i>	*	*	*	*	-
<i>Coenagrionidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Elmidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Dytiscidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Haliplidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Hydraenidae</i>	*	-	-	-	-
<i>Hygrobiidae</i>	*	-	-	-	-
<i>Hydrochidae</i>	-	-	*	-	-
<i>Hydrophilidae</i>	-	-	*	*	*
<i>Dryopidae</i>	-	-	*	-	-
<i>Limnobiidae</i>	-	-	*	-	-
<i>Corixidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Gerridae</i>	*	*	*	*	*
<i>Hydrometridae</i>	*	*	*	*	*
<i>Nepidae</i>	*	-	-	*	-
<i>Notonectidae</i>	*	*	*	-	*
<i>Naucoridae</i>	*	-	*	*	*
<i>Veliidae</i>	-	*	*	*	*
<i>Quironomidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Simuliidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Limoniidae</i>	*	*	-	-	-
<i>Ceratopogonidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Empididae</i>	*	-	-	-	-
<i>Culicidae</i>	*	-	*	*	*

<i>Ptychopteridae</i>	-	*	-	-	-
<i>Tabanidae</i>	-	*	-	*	*
<i>Anthomyidae</i>	-	*	-	-	-
<i>Dolichopodidae</i>	-	*	-	-	-
<i>Syrphidae</i>	-	-	*	-	-
<i>Dixidae</i>	-	-	-	*	-
<i>Stratiomyidae</i>	-	-	-	-	*
<i>Osmylidae</i>	*	-	-	-	-
<i>Ancylidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Physidae</i>	*	*	*	*	*
<i>Planorbidae</i>	*	*	-	*	-
<i>Bythinellidae</i>	*	-	-	*	*
<i>Valvatidae</i>	*	-	-	*	-
<i>Hydrobiidae</i>	-	-	-	*	-
<i>Hydrachnellae</i>	*	*	-	*	-
<i>Atyidae</i>	*	*	-	*	*
<i>Cladoceros</i>	*	*	*	*	*
<i>Coppodos</i>	*	*	*	*	*
<i>Ostracoda</i>	*	*	*	*	-
<i>Astacidae</i>	-	-	*	*	*
<i>Oligochaeta</i>	*	*	-	-	*
TOTAL TAXONES: 67	50	43	31	36	31

Tabla 2. Presencia/ausencia de taxones.

Dado que los insectos constituyen el 80,6% de los organismos capturados, merecen un breve comentario los resultados obtenidos para los diferentes órdenes de este grupo taxonómico:

- Plecópteros. En total fueron recolectados individuos pertenecientes a cuatro familias (*Capniidae*, *Leuctridae*, *Perlodidae* y *Taeniopterigidae*), las cuales estuvieron presentes en la localidad 1. En la localidad 2 no se recolectó ningún representante de la familia taeniopterigidae. En la localidad 3 la riqueza se redujo a una sola familia (*perlodidae*), y se recogieron 2 en las localidades 4 (*capniidae*, *perlodidae*) y 5 (*leuctridae*, *perlodidae*). Parece evidente que existen poblaciones estables de perlódidos aguas abajo de Jimena de la Frontera, pero no puede decirse lo mismo de las otras dos familias registradas en este tramo puesto que los ejemplares capturados fueron muy escasos y su presencia podría deberse a fenómenos de deriva.
- Efemerópteros. De las cuatro familias detectadas en total, todas estuvieron presentes en todos los tramos del río salvo la familia heptageniidae, de la que tan sólo se recolectaron escasos individuos en la localidad 2.
- Tricópteros. De las 11 familias detectadas en total, tres fueron exclusivas para la localidad 1 (*Brachycentridae*, *Phryganeidae* e *Hydroptilidae*) y una fue exclusiva para la localidad 2 (*Rhyacophilidae*). De todas ellas, aguas abajo de Jimena (estaciones 3 y 4) tan sólo fueron recolectados individuos pertenecientes a dos familias (*Hydropsychidae* y *Phylopotamidae*), descartándose casi con total seguridad que esta última mantuviese una población estable en este tramo del río, ya que sólo se capturó un ejemplar en la localidad 3 en febrero, que probablemente llegó a este lugar por efecto de deriva de una crecida del río anterior a la fecha del muestreo. Según esto, también podría considerarse a la familia Phylopotamidae como exclusiva en la localidad 2. Destacar que en la localidad 5 no fue recolectado ningún ejemplar de tricóptero.

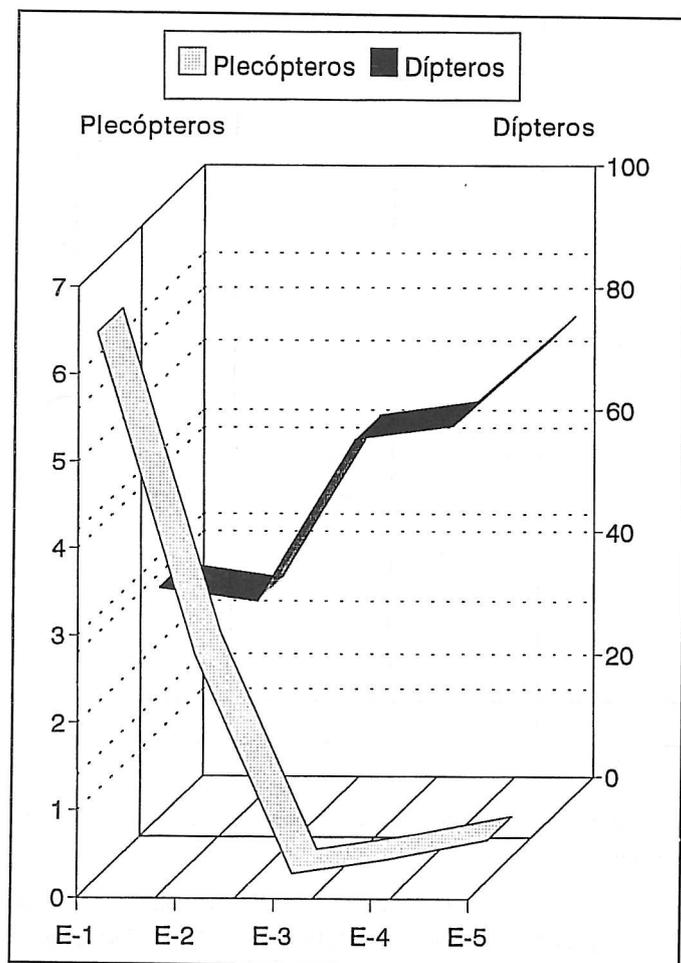


Figura 2. Proporciones medias de plecópteros y dípteros en las diferentes localidades de muestreo.

resultados fueron contundentes (Fig. 2); mientras que en la localidad 1 se registró la proporción media máxima de plecópteros, 6,27%, en la localidad 3 la proporción media para este mismo orden de insectos fue la mínima, 0,07% (90 veces menor que en la localidad 1). Por su parte, la proporción media mínima de dípteros se mantuvo en la localidad 2, 35,6%, siendo prácticamente similar en la localidad 1, y registrándose un aumento muy brusco a partir de Jimena de la Frontera. El máximo porcentaje se registró en la localidad 5, 78,5%, más del doble que en las localidades 1 y 2.

Calidad biológica de las aguas. Índice B.M.W.P' (Tabla 3).

Los valores obtenidos para el B.M.W.P'. oscilaron entre 158, registrado en febrero en la localidad 1, y 21, registrado en agosto en la localidad 5. Los valores medios anuales fueron en claro descenso desde la localidad 1 (98 puntos) hasta la localidad 3 (40 puntos). En la localidad 4 la calidad biológica de las aguas se mantuvo prácticamente igual que en la localidad anterior. En la localidad 5 el valor medio anual fue tan sólo de 31 puntos.

- Odonatos. Las cinco familias detectadas en las muestras del bentos estuvieron presentes en la localidad 1. La riqueza mínima la mantuvo la localidad 3 con tan sólo dos familias detectadas (*Platycnemidae* y *Coenagrionidae*). El único taxón que no fue registrado aguas abajo de los focos de alteración importantes (localidades 3, 4 y 5) fue la familia *Gomphidae*.

- Coleópteros. Justo lo contrario de lo que ocurre con otros órdenes más exigentes en lo que a calidad de las aguas se refiere, en el caso de los coleópteros, la máxima riqueza la mantuvo la localidad 3 con seis familias presentes del total de las 9 recolectadas en el estudio.

- Heterópteros. Fueron detectadas un total de siete familias y la riqueza se mantuvo más o menos constante a lo largo de todo el río.

- Dípteros. De un total de trece familias detectadas, la máxima riqueza correspondió a la localidad 2 (ocho familias) y la mínima a la localidad 3 (cinco familias).

Se tomaron las proporciones medias anuales en las que aparecen representados en cada localidad los plecópteros, cuyas larvas acuáticas son en general muy sensibles a la contaminación y alteración de los cauces, y los dípteros, donde la mayoría de sus representantes son organismos poco exigentes con el medio y aprovechan las condiciones de eutrofia y poca oxigenación para disparar sus poblaciones. Los

	Ene.	Feb.	Mar.	May.	Jun.	Ago.	Sept.	Nov.	MEDIA ANUAL
E-1	110	158	152	89	101	76	45	49	98
E-2	64	88	102	90	35	79	80	53	74
E-3	21	48	75	57	47	30	19	23	40
E-4	34	35	56	35	30	43	55	40	41
E-5	15	35	28	59	43	21	21	24	31

Tabla 3. Valores alcanzados por el índice B.M.W.P. en las diferentes localidades de muestreo y media anual.

DISCUSIÓN

A la vista de los resultados de los análisis físico-químicos de las aguas, se detectan ciertos signos de contaminación en la localidad 1. Los mismos, deben interpretarse como indicativos de cierta contaminación química de origen natural, es decir, debido a fenómenos de descomposición de la abundante materia orgánica que cae al lecho del río. También, por la existencia de una pequeña explotación de ganado que acudía con frecuencia a beber a la poza objeto de los muestreos durante el periodo seco, en el que el flujo de agua se mantuvo cortado. Asimismo, los valores elevados de la conductividad y los cloruros no deben interpretarse como indicativos de contaminación, sino que son causados por la existencia de un afloramiento de materiales triásicos aguas arriba, en la zona por la que discurre la garganta de la Saucedá. En la localidad 2, los valores de estos parámetros disminuyen debido a la dilución producida al sumarse las aguas de otros tributarios del río. Sin embargo, a partir de Jimena de la Frontera, es evidente que el brusco ascenso que se registra en los parámetros conductividad, nitratos y fosfatos, es debido a los vertidos sin depurar de la citada localidad y de la explotación de ganado intensivo de Treveris, S.A. A partir de aquí se disparan también los valores de la turbidez y los sólidos en suspensión. Esto es en cierto modo natural que ocurra conforme nos adentramos en los tramos bajos de los ríos, pero en el río Hozgarganta, la escasa e inadecuada vegetación existente en las orillas en numerosos tramos acentúa aún más estos efectos.

Volviendo a los parámetros analizados que mejor parecen indicarnos, en nuestro caso, los fenómenos de contaminación (conductividad, nitratos y fosfatos), debemos entender que el descenso que se produce en los valores de los mismos en la localidad 4 es debido a la capacidad de autodepuración natural del río y, evidentemente, a que no se vuelven a registrar procesos de alteración intensos. Esto no sucede en la localidad 5, donde la conductividad y los nitratos vuelven a incrementarse y los fosfatos se mantienen prácticamente en los mismos valores. Esto puede explicarse por los nuevos vertidos de la aldea Montenegro Alto y por los procesos de lavado de las tierras en las que principalmente se cultivan naranjos, que son abonados y fumigados con relativa intensidad. La mayoría de ellos son además regados por inundación, lo que acentúa este fenómeno.

Tomando los valores medios anuales del B.M.W.P' obtenido en cada una de las localidades estudiadas (Tabla 3), podemos deducir que la calidad biológica de las aguas del río Hozgarganta disminuye desde la cabecera hasta su desembocadura, registrándose un descenso muy brusco a partir de Jimena de la Frontera y manteniéndose prácticamente igual entre las localidades 3 y 4 (Fig. 3). El leve descenso producido desde la localidad 1 a la 2 parece estar debido a que en la primera, al tratarse de un curso medio-alto, la oxigenación del agua y la existencia de microhábitats es mayor, lo que a su vez determina una mayor riqueza faunística. La localidad 2, situada en un tramo del curso medio-bajo, es más homogénea en lo que a biotopos se refiere, y la escasa pendiente determina una mayor lentitud en el curso y menor oxigenación del agua.

A pesar de que en la localidad 4 se apreciaron ciertos signos de recuperación en la calidad química del agua, cabe destacar que no ocurre lo mismo en cuanto a la calidad biológica. Parece, pues, que esa leve mejora detectada en los parámetros

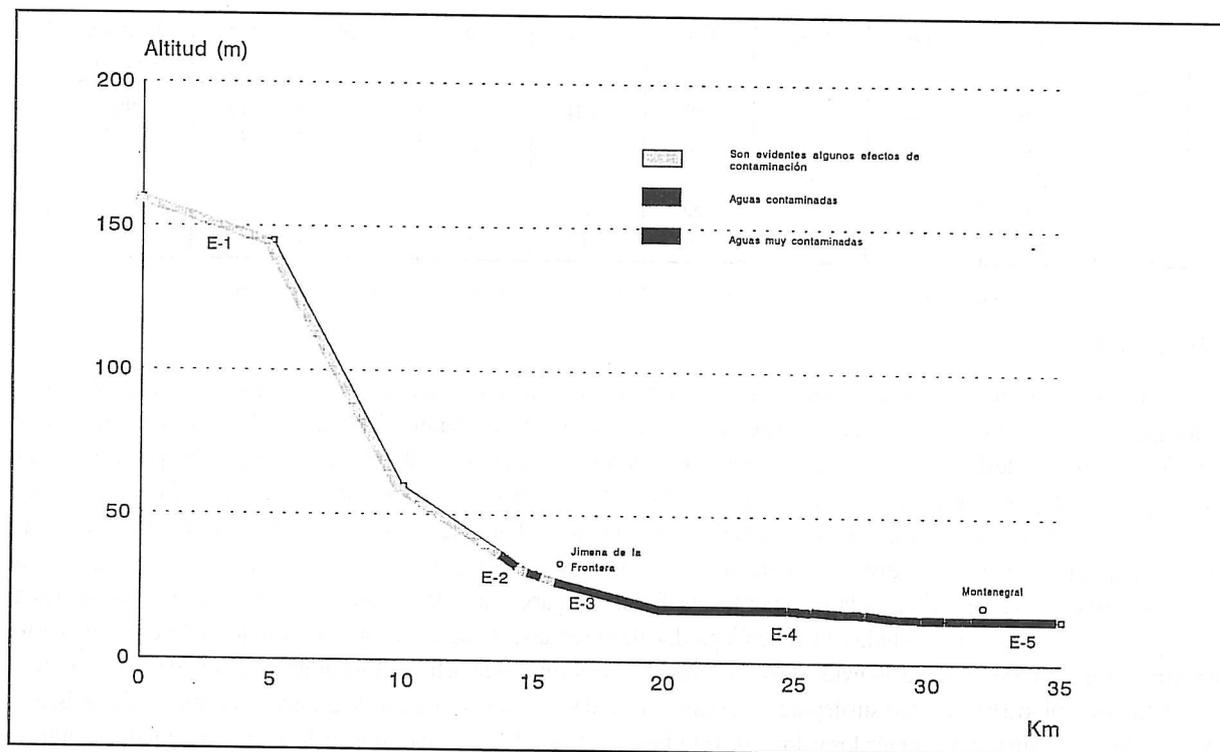


Figura 3. Calidad media de las aguas del río Hozgarganta según el índice B.M.W.P.'

químicos no es suficiente para que aumente la riqueza y diversidad de las comunidades faunísticas. Las mismas aparecen muy empobrecidas y constituidas principalmente por organismos oportunistas, que desarrollan poblaciones muy abundantes. En la localidad 5, lejos de producirse una mejora en la calidad biológica del agua, los valores descienden aún más debido al mayor empobrecimiento de las comunidades faunísticas. Esto se debe a los nuevos procesos de alteración que se producen: nuevos vertidos y, el año en el que se realizó este estudio, la introducción de maquinaria pesada en el lecho del cauce para construir una presa de tierra que retuviese agua y canalizar tramos del río para conducir la misma a los puntos de extracción (ilegales) para el riego por inundación de los naranjales.

Los resultados obtenidos de la comparación de las proporciones de plecópteros y dípteros en las diferentes localidades de muestreo (Fig. 2) deben considerarse un aspecto muy negativo desde el punto de vista económico, ya que el importante desarrollo que experimentan a partir de Jimena las poblaciones de dípteros podría incrementar el parasitismo y las enfermedades sobre el ganado de la zona.

Podemos concluir que los índices basados en la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, al menos en el caso del B.M.W.P', son tan útiles para valorar y caracterizar cursos fluviales de carácter mediterráneo como para otro tipo de cursos de agua sometidos a otro régimen climático para los que en principio fueron creados. La información que se obtiene a partir de este tipo de estudios es mucho mayor, más precisa, y por lo tanto más útil, que la caracterización físico-química por sí sola. Además con este trabajo hemos comprobado que cierta recuperación en la calidad química del agua no es necesariamente suficiente para que aumente la diversidad y la estabilidad en las comunidades faunísticas. Sin embargo,

debemos tener en cuenta que este tipo de estudios requiere muestreos durante un ciclo anual completo para que la interpretación de los resultados se ajuste así a las peculiares características de los ríos con una marcada estacionalidad.

AGRADECIMIENTOS

A D. Agustín Cadenas, Presidente del Patronato del Parque Natural "Los Alcornocales". A D. Javier Sánchez, Director-Conservador. A los guardas de dicho Parque Natural que en todo momento prestaron su colaboración. A la empresa INTERQUISA (Intercontinental Química, S.A.) por ceder sus laboratorios para los análisis químicos del agua, y a su personal: D. Ricardo Serrador, Director de Fábrica, D. Fernando Isorna y D. Manuel Bermúdez, químicos de la empresa, y D. Antonio Benavides, que nos prestó valiosa ayuda en el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBA-TERCEDOR Y SÁNCHEZ ORTEGA, 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 4: 51-56.
- CROWLEY, P.H. & D.M. JOHNSON, 1982. Habitat and seasonality as niche axes in an odonate community. *Ecology* 63 (4): 1064-1077.
- GIUDICELLI, J., A. DIA & P. LEGIER, 1980. Etude hydrobiologique d'une riviere de région méditerranéenne, l'Argens (Var, France). *BIJDR. DIERK.* 50 (2): 303-341.
- GIUDICELLI, J., M. DAKKI & A. DIA, 1985. Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2094-2101.
- JOHANNSSON, O. E., 1978. Co-existence of larval Zygoptera (Odonata) common to the Norfolk Broads (U.K.). *Oecologia* (Berl.) 32: 303-321.
- KLEIN, L., 1959. *River pollution, 1: Chemical analysis: 1-206.* (Butterworths, London).
- LAWTON, J. H., 1970. A population study on larvae of the damselfly *Pyrrosoma niphula* (Sulzer) (Odonata:Zygoptera). *Hydrobiologia* 36 (1): 33-52.
- MACAN, T. T., 1964. The Odonata of a moorland fishpond. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 49: 325-360.
- VERNEAUX, J., 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse doct. Etat. Univ. Besançon.