

EFFECTOS DE LA REGULACIÓN SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO SEGURA (S.E. ESPAÑA).

M.M., Torralva; F.J., Oliva; N.A., Ubero-Pascal; J., Malo*; y M.A., Puig*.

Departamento de Biología Animal (Zoología). Universidad de Murcia. Campus de Espinardo s/n. 30100. Murcia.

*Centro de Estudios Avanzados de Blanes. (C.S.I.C.). Camino de Santa Bárbara s/n. 17300. Blanes (Gerona).

Palabras clave: Ríos regulados, Macroinvertebrados, Ríos mediterráneos.

Key words: River regulation, Macroinvertebrates, Mediterranean river.

ABSTRACT

EFFECT OF THE RIVER REGULATION ON THE MACROINVERTEBRATES COMMUNITY IN THE SEGURA RIVER (S.E. SPAIN).

In order to study the effects of the hydric regulation on the benthic macroinvertebrate communities, two close areas, with similar characteristics, were selected, one of them is regulated by an electric power factory.

In these areas a monthly sampling was done. Samples from benthos and measurements of several physical and chemical parameters were taken. Obtained data were treated statistically in order to determine whether or not there is a relationship between the environmental conditions and the macroinvertebrate community.

The global changes along the time of macroinvertebrates density have been clearly more uniform in the non regulated river community. The hydric regulation cause an increase on the relative significance to some taxons, like Tricoptera, Simuliidae and Quironomidae, and this effect is due to the reofile quality of the area. However the effect of hydric regulation on Ephemeroptera, Coleoptera, Hydracarina and Plecoptera, are contrary to fore taxons, so they are more abundant in the non regulate river. Also, the zoobenthic of the regulate river occur an abundancy decrease of Plecoptera and Ephemeroptera.

The most important effect observed of the hydrologic regulation on the physical river conditions is a substrate homogeneity, which produces a decrease of the habitat diversity for the invertebrates. So, in the regulated river a poorer community, with a lower diversity, has been observed.

INTRODUCCIÓN

La regulación del caudal de los ríos provoca numerosos y complejos cambios, tanto en sus características bióticas como abióticas (PEÑAZ *et al.*, 1968). Los organismos acuáticos presentan unos condicionantes ambientales que suelen verse modificados por los embalses de agua y por el desvío del caudal (DYNESIUS & NILSSON, 1994).

En la mayoría de los ríos no contaminados se considera que la temperatura, el caudal y el tipo de sustrato son los principales parámetros ambientales que determinan las poblaciones de macroinvertebrados (WARD & STANFORD, 1979). El estudio comparado de estos parámetros en dos cauces de características similares, pero con distinto grado de regulación, puede servirnos para conocer la respuesta de los macroinvertebrados bentónicos frente a las alteraciones

antrópicas llevadas a cabo en ellos.

Existen diferentes trabajos sobre el efecto que la regulación hídrica provoca en las comunidades de macroinvertebrados, siendo la conclusión comúnmente obtenida un empobrecimiento faunístico asociado a un incremento de la abundancia de algunos taxones (ARMITAGE, 1977; ARMITAGE *et al.*, 1987; WARD & STANFORD, 1979; WARD, 1984).

El fin de este trabajo es conocer el efecto que produce la regulación hídrica, llevada a cabo por una Central Hidroeléctrica con un régimen de descarga muy variable, sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos cauces con distinta regulación hídrica ubicados en la cuenca del río Segura (S.E.

de España). La estación de muestreo que representa un medio natural se situó en el río Mundo (afluente principal del río Segura) a su paso por Ayna, a unos 40 Km de su nacimiento, ya que hasta esta localidad su caudal permanece sin regular (Fig. 1). La estación de muestreo que representa el cauce regulado se situó en el río Segura a su paso por el puente de La Graya que está enclavado a una distancia aproximada de 44 km respecto al nacimiento del río. Esta estación se caracteriza por las fuertes oscilaciones de caudal debidas a la presencia de una central hidroeléctrica cuya fecha de construcción data del año 1953. Dichas oscilaciones se deben a importantes descargas de agua, casi diarias, al menos 5 días a la semana, e imprevisibles, que llegan a alcanzar $14,29 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$, que provienen del Salto de Miller (Central Hidroeléctrica). En esta central se concentran los caudales del río Zumeta (segundo afluente del Segura), el cual presenta un pequeño embalse llamado de La Novia, y del propio río Segura, que a su vez presenta otro embalse conocido como el de Anchuricas. La central regula el flujo de agua en función de las necesidades de fluido eléctrico, proviniendo el agua liberada, principalmente, de las capas superficiales de dichos embalses. La inexistencia de trabajos de la limnología de los embalses de La Novia y de Anchuricas nos impide aportar más información de ambos.

En ambas estaciones se realizó un muestreo periódico mensual a lo largo de un año, entre Diciembre de 1989 y Noviembre de 1990.

La captura de los macroinvertebrados bentónicos se realizó con un muestreador tipo "surber" de 0.12 m^2 de superficie de muestreo con una malla de 50. En cada uno de los meses estudiados se tomaron 3 muestras estratificadas, una en cada uno de los hábitats típicos, lenítico y lótico, y otra en la zona intermedia o de transición entre ambos; para este trabajo los datos utilizados corresponden a la media de los obtenidos entre las tres zonas.

Las muestras fueron fijadas con formaldehído al 4% y, posteriormente, se separaron en el laboratorio para el recuento de los individuos pertenecientes a los principales grupos que forman el macrobentos.

Para cada una de las muestras se midieron diferentes variables físico-químicas del medio acuático: temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH y conductividad. La composición del sustrato se estimó en función de su tamaño, diferenciando cantos (más de 2,5 cm de diámetro), gravas (entre 0,2 y 2,5 cm), arenas (entre 0,02 y 0,2 cm) y limos (menos de 0,02 cm) según la metodología de I.F.I.M (BOVEE, 1986). Para este estudio, los datos utilizados también corresponden a la media de los obtenidos en la tres zonas anteriormente indicadas. Además se

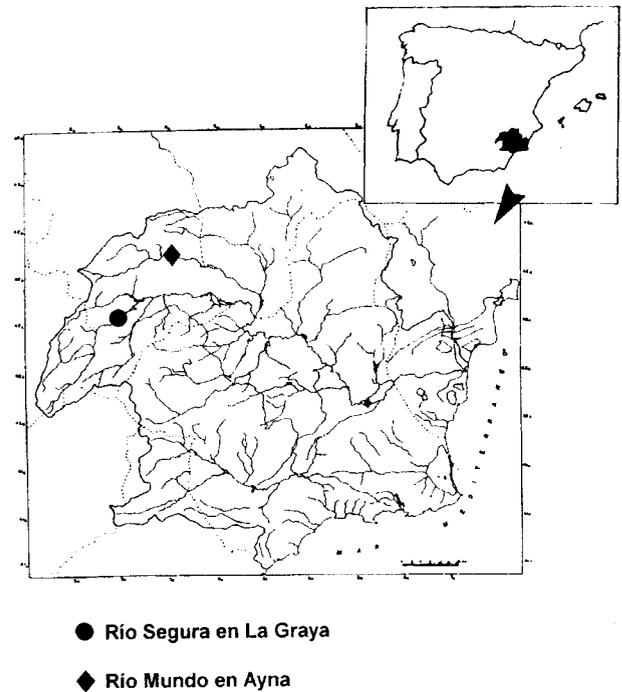


FIGURA 1. Localización geográfica de la zona de estudio.
FIGURE 1. Geographic location of study area.

ha contado con registros de caudales diarios, durante todo el periodo de muestreo, facilitados por la Compañía Hidroeléctrica Iberdrola y la Confederación Hidrográfica del Segura.

La diversidad de macroinvertebrados se calculó según el Índice de Shannon-Weaver (MARGALEF, 1980).

Las relaciones entre la densidad de macroinvertebrados y las distintas variables físico-químicas del medio acuático se obtuvieron mediante el cálculo de las regresiones existentes entre ambas ($p < 0.05$). Previamente a la realización del análisis, todas las variables continuas se transformaron logarítmicamente ($\log x+1$) y las variables porcentuales trigonométricamente ($\text{Arcsen } x$).

Para discernir posibles asociaciones entre los taxones de macroinvertebrados y las diferentes variables del medio se realizaron Análisis de Correspondencias Canónicas con el programa informático CANOCO (TER BRAAK, 1988).

RESULTADOS

El tramo del río Mundo estudiado (Fig. 2), presenta un régimen anual de caudales que es el normal para un río mediterráneo no regulado, es decir, mínimos en verano y máximos en primavera y otoño. Sin embargo, en el río Segura (Fig. 3), el régimen de caudales no se ajusta a este tipo de

pauta, debido a que está regulado en tramos superiores al lugar de muestreo, de manera que máximos y mínimos aparecen en cualquier época del año alternándose entre sí.

El sustrato en el río Mundo está caracterizado por la dominancia de materiales pequeños, como son limos, arenas y gravas. Este último constituye el sustrato dominante durante prácticamente todo el periodo de estudio (Fig. 4). Por el contrario, la composición del sustrato en la estación de muestreo del río Segura presentó los cantos como sustrato dominante a lo largo de todo el estudio, las gravas fueron el sustrato acompañante. La presencia en este punto de arenas y limos está claramente relacionada con la pauta de caudales, ya que aparecen en periodos con caudales bajos que permiten la sedimentación en el cauce de este tipo de partículas. Mientras que en la época de caudales máximos es lavado el lecho del cauce, transportándose aguas abajo las partículas de menor tamaño, y la dominancia de los cantos se acentúa (Fig. 5).

Respecto a las comunidades de macroinvertebrados, en el río Mundo se ha capturado un total de 8615 individuos pertenecientes a 23 taxones (Tabla 1), mientras que en La Graya se han capturado 4188 individuos pertenecientes a 18 taxones (Tabla 2).

Para el tratamiento de los resultados, según ARMITAGE *et al.* (1987), el uso de niveles taxonómicos superiores es

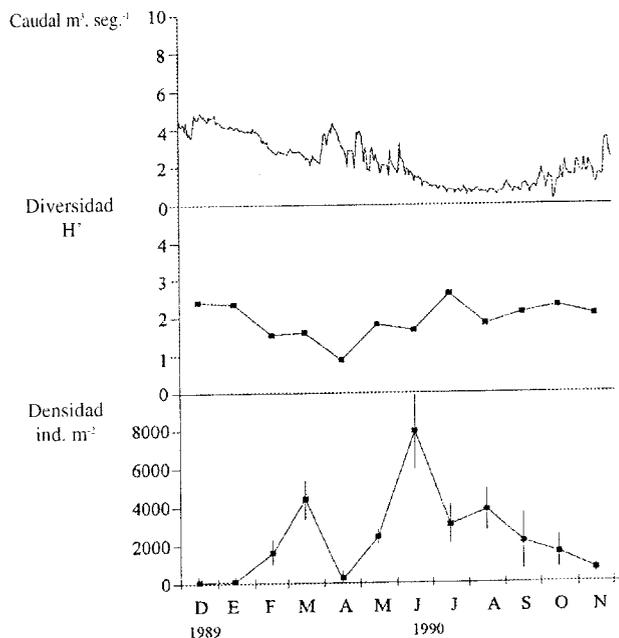


FIGURA 2. Evolución mensual del caudal ($\text{m}^3 \text{seg}^{-1}$), diversidad (H') y densidad de macroinvertebrados del bentos en el río Mundo. (Se representa la desviación estándar de la media de la densidad).

FIGURE 2. Monthly changes of caudal ($\text{m}^3 \text{seg}^{-1}$), diversity (H') and benthic macroinvertebrates density in the Mundo river. (Standard deviation of density are shown).

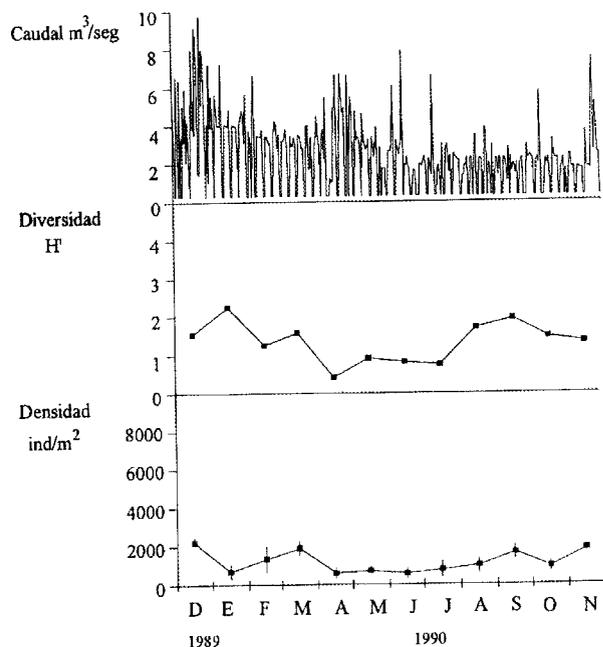


FIGURA 3. Evolución mensual del caudal ($\text{m}^3 \text{seg}^{-1}$), diversidad (H') y densidad de macroinvertebrados del bentos en el río Segura. (Se representa la desviación estándar de la media de la densidad).

FIGURE 3. Monthly changes of caudal ($\text{m}^3 \text{seg}^{-1}$), diversity (H') and benthic macroinvertebrates density in the Segura river. (Standard deviation of density are shown).

suficiente para demostrar la mayoría de las respuestas del bentos a la regulación del caudal. Por lo tanto se ha utilizado para todos los casos el nivel de orden o clase, excepto en el caso de la familia Chironomidae, que se ha considerado a este nivel por ser suficientemente representativos por sí solos, separados del orden Diptera.

En cuanto a los resultados del Índice de diversidad, se ha observado que existe una diferencia aparente entre los dos ríos estudiados (Figs. 2 y 3). El valor del índice de diversidad anual fue de 2,54 para el río Mundo, mientras que para el río Segura fue de 1,85. Las diversidades mensuales también son siempre mayores en la zona no regulada, alcanzando los máximos en invierno y verano, y los mínimos en primavera. En la zona regulada los máximos también corresponden al invierno, pero los mínimos se obtuvieron en primavera y verano.

Entre ambos ríos existen diferencias, cuantitativas y cualitativas, en la densidad de macroinvertebrados. Así, mantienen una proporción de 1,93:1, es decir, en el río no regulado existe casi el doble de individuos, a igual superficie, respecto al regulado. En relación a la dinámica mensual observada mientras, en el primer caso, se observa un periodo de máxima densidad correspondiente al final de la primavera y

Composición del sustrato

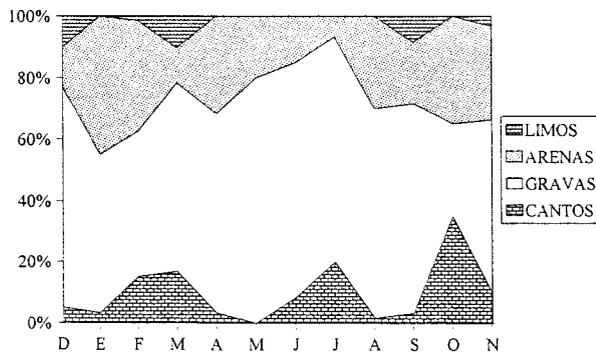


FIGURA 4. Cambios temporales de la composición del sustrato en el río Mundo.
FIGURE 4. Temporal changes substrate composition in the Mundo river.

comienzo del estiaje, en el segundo caso, las variaciones a lo largo del tiempo son notablemente menores coincidiendo los mínimos con los obtenidos en la diversidad.

El taxón dominante en ambos ríos (Fig. 6) ha sido el correspondiente a los quironómidos y, mientras en el río no regulado los 10 taxones restantes considerados aparecen en porcentajes superiores al 2%, en la zona regulada la dominancia de los quironómidos es mayor (62% frente al 46% del río Mundo) y sólo 5 de los taxones restantes superan el 2% del total. En el río no regulado destaca la importancia relativa de los hidrácaros, coleópteros y efemerópteros, mientras que en el río regulado son los tricópteros el segundo taxón en importancia. Hay una inversión en la relación de los porcentajes que mantienen los tricópteros y los efemerópteros entre ambos ríos, de manera que en el río no regulado el ratio entre ambos es 0,06 mientras que en el regulado es 2,66.

El Análisis de Correspondencias Canónicas en la zona no regulada (Fig. 7) ha sido realizado con 8 taxones, ya que se han eliminado los coleópteros y los crustáceos (Gammaridae) debido a que sus bajas frecuencias tenían un efecto distorsionador de los resultados. Los dos primeros ejes de este análisis suponen el 80,4% de la varianza acumulada.

El eje I discrimina el sustrato tipo cantos en su lado positivo frente al sustrato tipo gravas y la totalidad de las variables físico-químicas consideradas en su lado negativo.

El eje II enfrenta los sustratos de tamaño pequeño, arenas y limos, frente a las gravas. A su vez separa las variables caudal y oxígeno de las restantes.

El resultado de este análisis muestra una segregación entre los tres tipos principales de sustrato (cantos, gravas y arenas), asociándose a cada uno de éstos diferentes grupos taxonómicos. Los efemerópteros, tricópteros y dípteros aparecen asociados a los cantos, los quironómidos y los

Composición del sustrato

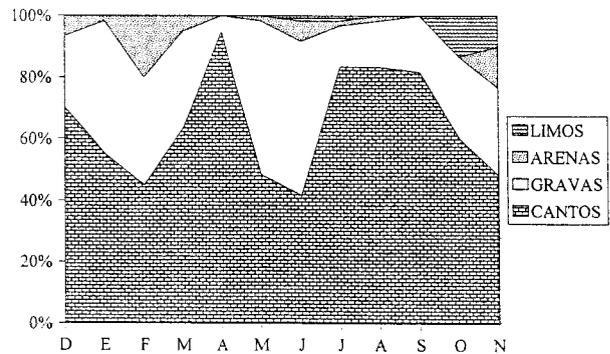


FIGURA 5. Cambios temporales de la composición del sustrato en el río Segura.
FIGURE 5. Temporal changes substrate composition in the Segura river.

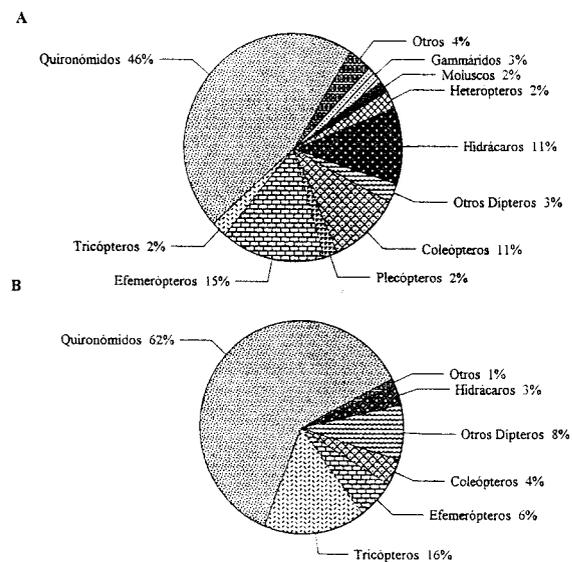


FIGURA 6. Importancia relativa de los taxones dominantes en el bentos (A) del río Mundo y (B) del río Segura.
FIGURE 6. Relative importance of the main benthic taxa (A) in the Mundo river and (B) in the Segura River.

heterópteros a las gravas y, por último, los moluscos a las arenas.

El Análisis de Correspondencias Canónicas en la zona regulada (Fig. 8) se ha llevado a cabo con 8 taxones ya que, por igual motivo que en el caso anterior, se han eliminado los heterópteros y los crustáceos (Gammaridae).

El 71% de la varianza acumulada se explica con los dos primeros ejes del análisis. Tanto el eje I como el eje II separan los sustratos de tamaños medio, gravas y arenas, de los de tamaño mayor (cantos) y menor (limos). Respecto a las

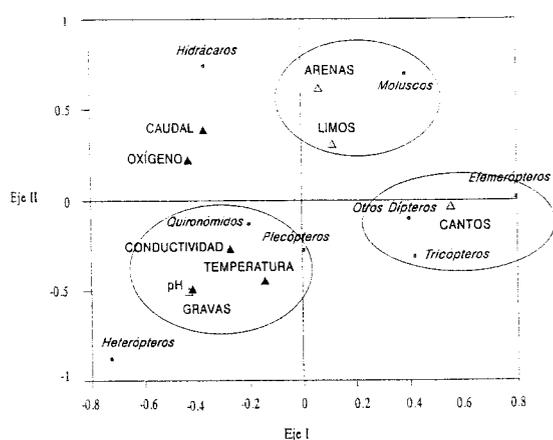


FIGURA 7. Análisis de Correspondencias Canónicas de las muestras del bentos y de las variables físicas y químicas del medio en el río Mundo.
 FIGURE 7. Canonic Correspondence Analysis of both benthic samples and physical and chemical parameters in the mundo river.

variables físico-químicas, ambos ejes separan el oxígeno y el caudal frente a la conductividad. En cuanto a los grupos taxonómicos, no se pueden discriminar asociaciones a ningún tipo de variables excepto en el caso de los efemerópteros, que aparecen asociados con los sustratos de tamaño medio.

DISCUSIÓN

Entre los efectos que la regulación del caudal puede provocar en las variables físico-químicas de un río, se encuentran principalmente una amortiguación estacional de la temperatura del agua y una homogeneización del sustrato (WARD & STANFORD, 1979; WARD, 1984). En cambio, en este estudio se ha observado que en el río regulado la temperatura del agua no aparece amortiguada estacionalmente, sino que, por el contrario, se observa un aumento en su amplitud térmica estacional respecto al río no regulado. Este hecho es debido a que el tipo de regulación no se ajusta a un modelo estable sino que, como ya comentamos, la cantidad de agua desembalsada es muy variable a lo largo del tiempo. Son las necesidades de producción de la central eléctrica las que marcan la discontinuidad de las descargas pudiendo presentar variaciones entre dos días consecutivos de hasta $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. El origen del agua liberada por la dicha central, proveniente principalmente de las capas superficiales del embalse, contribuyen también al efecto mencionado.

La regulación hídrica en el Río Segura ha provocado una homogeneización del sustrato en determinados meses del año, en los que los sustratos más finos (arenas y limos) han

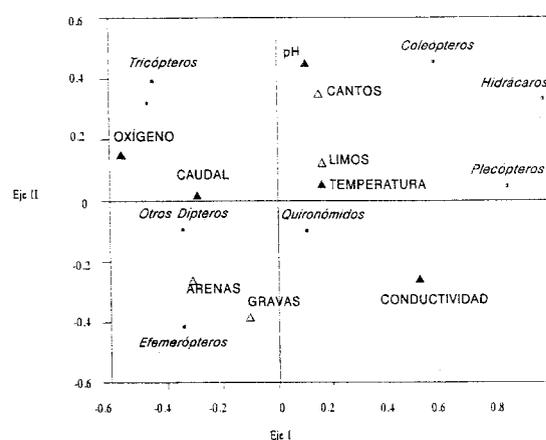


FIGURA 8. Análisis de Correspondencias Canónicas de las muestras del bentos y de las variables físicas y químicas del medio en el río Mundo.
 FIGURE 8. Canonic Correspondence Analysis of both benthic samples and physical and chemical parameters in the mundo river.

desaparecido del cauce al ser arrastrados por el aumento del caudal. Como consecuencia, habitualmente se puede producir una disminución en la variabilidad de los hábitats o nichos disponibles por los macroinvertebrados (DYNESIUS & NILSSON, 1994), observándose un empobrecimiento de la comunidad, siendo menor la diversidad (ARMITAGE, 1977; ARMITAGE *et al.*, 1987; WARD & STANFORD, 1979; WARD, 1984). Estos autores señalan que la regulación conlleva un incremento de la densidad de la población. Sin embargo, este hecho no se cumple en nuestro caso, ya que la zona está sometida a un tipo de descarga que, aunque presente una pauta cíclica, la cantidad de agua desembalsada no es constante a lo largo del tiempo, de manera que la población de macroinvertebrados soporta frecuentes picos de descarga no predecibles e integrables por las citadas poblaciones.

Respecto a la evolución global de la densidad de macroinvertebrados, ha resultado ser notoriamente más uniforme en la comunidad del río Segura, reflejando, en parte, el carácter homogeneizador de su regulación sobre el zoobentos, ya que solo permanecen aquellos que son capaces de soportar grandes oscilaciones del caudal en periodos cortos. Al tiempo que sus densidades están condicionadas por los hábitats que permanecen siempre inundados, los cuales no dependen de los picos de máximos sino del caudal mínimo circulante cuando no se está produciendo energía. Dicho caudal mínimo es muy similar a lo largo de todo el año.

En cuanto a los diferentes grupos de macroinvertebrados, para algunos, como tricópteros, simúlidos y quironómidos, la

TABLA 1. Lista semántica de los taxones que forman parte del macrobentos en el río no regulado.

TABLE 1. Sismatic of macrobenthic taxa no regulated river.

REINO ANIMALIA

- Phylum Arthropoda
 - Subphylum Uniramia
 - Clase Insecta
 - Orden Diptera
 - Familia Chironomidae
 - Familia Simuliidae
 - Familia Empididae
 - Familia Tipulidae
 - Familia Ceratopogonidae
 - Orden Ephemeroptera
 - Familia Caenidae
 - Familia Baetidae
 - Familia Heptageniidae
 - Familia Ephemerellidae
 - Familia Oligoneuriidae
 - Familia Potamanthidae
 - Orden Plecoptera
 - Familia Leuctridae
 - Orden Trichoptera
 - Familia Philopotamidae
 - Familia Hydropsychidae
 - Familia Hydroptilidae
 - Familia Rhyacophilidae
 - Orden Coleoptera
 - Familia Elmidae
 - Orden Hemiptera
 - Familia Corixidae
 - Subphylum Crustacea
 - Clase Malacostraca
 - Orden Amphipoda
 - Familia Gammaridae
 - Subphylum Chelicerata
 - Clase Aracnida
 - Orden Acarida
 - Familia Hydachnidae
 - Phylum Mollusca
 - Clase Gastropoda
 - Phylum Annelida
 - Clase Oligochaeta
 - Phylum Platyhelminthes
 - Clase Turbellaria
 - Orden Tricladida

TABLA 2. Lista semántica de los taxones que forman parte del macrobentos en el río regulado.

TABLE 2. Sismatic list of macrobenthic taxa in the regulated river.

REINO ANIMALIA

- Phylum Arthropoda
 - Subphylum Uniramia
 - Clase Insecta
 - Orden Diptera
 - Familia Chironomidae
 - Familia Simuliidae
 - Familia Limoniidae
 - Orden Ephemeroptera
 - Familia Caenidae
 - Familia Baetidae
 - Familia Heptageniidae
 - Familia Ephemerellidae
 - Familia Oligoneuriidae
 - Familia Potamanthidae
 - Orden Plecoptera
 - Familia Leuctridae
 - Orden Trichoptera
 - Familia Hydropsychidae
 - Familia Hydroptilidae
 - Familia Philopotamidae
 - Familia Rhyacophilidae
 - Familia Psychomyiidae
 - Orden Coleoptera
 - Familia Elmidae
 - Subphylum Crustacea
 - Clase Malacostraca
 - Orden Amphipoda
 - Familia Gammaridae
 - Subphylum Chelicerata
 - Clase Aracnida
 - Orden Acarida
 - Familia Hydachnidae

regulación parece producir un efecto positivo, como su importancia relativa nos indica, debido a que se aumentan las características reófilas de la zona. Para otros, como efemerópteros, coleópteros, hidrácaros y plecópteros, el efecto de la regulación es el contrario, siendo sus abundancias mayores en el río no regulado. El que los simúlidos se vean favorecidos por la regulación es un hecho señalado por ARMITAGE (1977), siendo también observado para los tricópteros por WEVERS & WISSEMAN (1987). Los hábitos filtradores de parte de ambos grupos justifican esta respuesta. No obstante, WARD (1987) señala una disminución de los taxones al nivel de especie, así como de la contribución al total del zoobentos, en el grupo de los tricópteros.

La heterogeneidad del sustrato favorece del aumento de las densidades y la diversidad de quironómidos (GRZYBKOWSKA & WITCZAK, 1990; MALO, 1993); así, la importancia relativa que la población de los quironómidos mantiene en ambos ríos, ya que es el grupo dominante, en relación a la regulación, es manifiesta. Esta afirmación es acorde con lo observado por ARMITAGE & BALCKBURN (1986).

Por el contrario, la severa reducción de plecópteros en el zoobentos del río regulado pone de manifiesto la escasa tolerancia de este grupo en cuanto al tipo de hábitat y, en particular, a las condiciones hidrológicas que requiere (WARD & SHORT, 1978). Los efemerópteros también sufren una regresión en la contribución que representan respecto al total de la comunidad; BRITAIN & SALTVEIT (1989) apuntan que las comunidades de efemerópteros pueden sufrir grandes cambios como resultado de la regulación de un río. Así pueden

ser afectadas en la composición, la diversidad, e incluso en la densidad, revelando, por tanto, que los efemerópteros muestran ciertas preferencias y limitaciones en relación a las condiciones hidráulicas (GORE, 1978; GASCHIGNARD & BERLY, 1987). WARD (1976) afirma que son pocas las especies de este taxón las que pueden adaptarse a grandes variaciones diarias en el caudal motivando, éstas, una disminución de su densidad.

El tamaño de grano del sustrato es un factor muy importante en la distribución de los efemerópteros (JOWETT & RICHARDSON, 1990; JOWETT *et al.*, 1991). Así, en el río no regulado este taxón ha aparecido asociado a sustratos tipo cantos y relacionado negativamente con los porcentajes de gravas y arenas (MALO, 1993). Los tricópteros también se ven muy influenciados por el tipo de sustrato disponible (MINSHALL, 1984; OSBORNE & HERRICKS, 1987); en las condiciones que hemos considerado naturales, los tricópteros muestran una asociación con los sustratos de tamaño intermedio, en oposición a los sustratos de tamaño pequeño (arenas y limos). Así, nuestras observaciones son acordes con lo apuntado por WEVERS & WISSEMAN (1987).

Para finalizar, podemos concluir que la diversidad y la densidad de las comunidades de macroinvertebrados son diferentes si se encuentran sometidos los ríos a regulación hídrica, o no. De una manera complementaria, sería muy interesante un estudio a lo largo del río para observar si, como indican VOELZ & WARD (1991), existe una recuperación de la diversidad y la densidad de las comunidades conforme nos alejamos de la presa.

BIBLIOGRAFÍA

- ARMITAGE, P. D. 1977. Invertebrate drift in the regulated river Tees, and unregulated tributary Maize beck, below Cow Green dam. *Freshwat. Biol.*, 7: 167-183.
- ARMITAGE, P. D., R. J. M. GUNN, M. T. FURSE, J. F. WRIGHT & D. MOSS. 1987. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. *Hydrobiologia*, 144: 25-32.
- ARMITAGE, P. D. & J. H. BLACKBUM. 1986. Environmental stability and communities of Chironomidae (Diptera) in regulated river. *Regul. Rivers*, 5: 319-328.
- BOVEE, K. D. 1986. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. *U.S. Fish. Serv. Biol. Rep.*, 86 (7). 235pp.
- BRITAIN, J. E. & S. J. SALTVEIT. 1989. A review of the effect of river regulation on mayflies (Ephemeroptera). *Regul. Rivers*, 3: 191-204.
- DYNESIUS, M. & C. NILSSON. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the Northern Third of the world. *Science*, 266: 753-762.
- GASCHIGNARD, O. & A. BERLY. 1987. Impact of large discharge fluctuations on the macroinvertebrate population downstream of a dam. In: *Regulated Streams* (J.F. CRAIG & J. B. KEMPER, ed). Plenum Publishing. New York.
- GORE, J. A. 1978. A technique for predicting in stream flow requirements for benthic macroinvertebrates. *Freshwat. Biol.*, 8: 141-151.
- GRZYBKOWSKA, M. & J. WITCZAK. 1990. Distribution and production of Chironomidae (Diptera) in the lower course of the Grabia river (Central Poland). *Freshwat. Biol.*, 24: 519-531.
- JOWETT, I. G. & J. RICHARDSON. 1990. Microhabitat preferences of benthic invertebrates in New Zealand river and the development of in-stream flow-habitat models for *Deleatidium* spp. *N. Z. J. Marine Freshwater Res.*, 24: 19-30.
- JOWETT, I. G., J. RICHARDSON, B. F. BIGGS, C. W. HICKEY & J. M. QUINN. 1991. Microhabitat preferences of benthic invertebrates and the development of generalised *Deleatidium* spp. habitat suitability curves, applied to four New Zealand rivers. *N.Z.J. Marine Freshwater Res.*, 25: 187-199.
- MALO, J. 1993. *Comunidades bentónicas de ríos Mediterráneos*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 238 pp.
- MARGALEF, R. 1980. *Ecología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 951 pp.
- MINSHALL, G. W. 1984. Aquatic insect-substratum relationships. In: *The ecology of aquatic insects* (RESH, V. H. & D. M. ROSENBERG, ed.): 358-400. Praeger Publishers. New York.
- OSBORNE, L. L. & E. E. HERRICKS. 1987. Microhabitat characteristics of *Hydropsyche* (Trichoptera-Hydropsychidae) and the importance of body size. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 6: 115-124.
- PEÑAZ, M., F. KUBICEK, P. MARVAN & M. ZELINKA. 1968. Influence of the Vir Valley Reservoir on the hydrobiological and ichthyological conditions in the River Svratka. *Acta Sci. Nat. Brno*, 2: 1-60.
- TER BRAAK, C. J. F. 1988. CANOCO a-FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by Correspondence Analysis, TNO Institute of Applied Computer Science, Wageningen.
- VOELZ, N. J. & J. V. WARD. 1991. Biotic responses along the recovery gradient of a regulated stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 2477-2490.
- WARD, J. V. 1976. Effects of flow patterns below large dams on stream benthos: a review. In: *Instream Flow Needs Symposium 2*. *Am. Fish. Soc.* Orsborn, (J. F. & C. H. ALLAM, ed.) 235-253. Bethesda. Maryland.
- WARD, J. V. 1984. Stream regulation of the upper Colorado river: channel configuration and thermal heterogeneity. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 1862-1866.
- WARD, J. V. 1987. Trichoptera of regulated rocky mountain streams. In: *Proceedings of 5th International Symposium on Trichoptera* (M. BOURNAD & H. TACCHET, ed.) 375-380. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht.
- WARD, J. V. & R. A. SHORT. 1978. Macroinvertebrate community structure of four special lotic habitats in Colorado, U.S.A. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 1382-1387.
- WARD, J. V. & J. A. STANFORD. 1979. Ecological factors controlling stream zoobentos with emphasis on thermal modification of regulated streams. In: *The Ecology of Regulated Streams* (J. V. WARD & J. A. STANFORD, ed) 35-55. Plenum Publishing. New York.
- WEVERS, M. J. & R. W. WISSEMAN. 1987. Larval development, substrate preference, and feeding habits of *Polycentropus variegatus*, Milne, in model stream channels (Trichoptera: Polycentropodidae). In: *Proceedings of 5th International Symposium on Trichoptera* (M. BOURNAUD & H. TACCHET, ed.) 263-267. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht.