

# LA COLONIZACION DE SUSTRATOS ARTIFICIALES POR MACROINVERTEBRADOS BENTICOS EN LAS AGUAS DEL ALTO TAJO. COMPARACION DE METODOS DE MUESTREO.

J.M. Herranz Sanz\*, M. González del Tánago\*\*

\*Dpto. de Ecología y Medio Ambiente. Escuela Universitaria Politécnica de Albacete.

\*\*Dpto. de Hidrología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Ciudad Universitaria. Madrid.

Palabras clave: Benthic macroinvertebrates, artificial substrata, Tajo river (Spain).

## ABSTRACT

THE COLONIZATION OF ARTIFICIAL SUBSTRATA BY BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN THE UPPER REACHES OF TAJO BASIN. COMPARISON OF SAMPLING METHODS.

The colonization of artificial substrata by macroinvertebrates is studied in this paper and the results are compared with direct sampling on the river.

62 samplings using handy nets and 189 samplings using artificial substrata, constructed with ceramic bricks and gravel inside, were taken from the upper reaches of the Tajo Basin.

The results have been analyzed comparing taxon numbers, specimen numbers and diversity (Shannon, Margalef, Menhinick and Simpson) and biological quality (Verneaux *et al.*, 1976) indices.

After 4 weeks of exposition, the highest number of taxa and diversity were reached in the substrata.

No significant differences of taxon number in the communities from the river and from the artificial substrata have been observed. Diversity values are slightly smaller in the artificial substratum communities than in the river, because of an increase of the specimen number in the former ones.

The values of the biological quality index used in this paper are similar when using both sampling methods. These results strengthen the validity and interest for using artificial substrata as a standard method in monitoring water quality.

## INTRODUCCION

El sustrato natural que forma el lecho de los ríos, con tal de que sea fácilmente accesible puede ser muestreado directamente sin excesivas dificultades. Sin embargo, en aquellos medios difíciles donde la corriente, profundidad e irregularidad de los fondos no permiten la utilización de técnicas habituales, se hace preciso recurrir al empleo de sustratos artificiales que, depositados en el curso de agua, constituyen un espacio vacío que se ofrece a la colonización por los macroinvertebrados.

Además de obtener información de lugares que no pueden ser muestreados eficazmente por otros me-

dios, los sustratos artificiales permiten la realización de muestreos estandarizados sin ocasionar ningún perjuicio en los hábitats ocupados por la fauna béntica.

Diferentes autores: Beak *et al.* (1973), Khalaf (1975), Verneaux *et al.*, (1978), Hawkes *et al.*, (1979), Thorpe y Williams (1980), han descrito distintos tipos de sustratos artificiales, así como indicado los requisitos que han de reunir para su empleo en trabajos biológicos. La dinámica de colonización de los sustratos artificiales por macroinvertebrados bénticos ha sido estudiada por Dickson y Cairns (1972), Khalaf y Tachet (1977, 1978, 1980), Wise y Molles (1979), Hawkes *et al.*, (1979).

Limnética 2: 163-171 (1986)

O Asociación Española de Limnología. Madrid. Spain

Un antecedente de este tipo de trabajos en nuestro país es el estudio realizado por Presa (1980) en los ríos de León utilizando sustratos artificiales constituidos por gravas de distinto tamaño, encerradas en tela metálica.

## METODOLOGIA

### Metodología general.

La zona de estudio está ubicada en la cuenca del Alto Tajo, incluyendo los ríos Hoz Seca, Cabrillas y Gallo, en toda su longitud, y Tajo desde su nacimiento hasta Trillo. La descripción de la zona de estudio y las especies de macroinvertebrados que la habitan, ha sido objeto de un trabajo anterior (Herranz y González del Tánago, 1985). En la figura 1 se indica la ubicación de las estaciones de muestreo. Entre los meses de enero y julio de 1981 se han realizado 62 muestreos directos y 189 muestreos indirectos con el tipo de sustrato artificial de gravas que se describe más adelante.

Para la realización de los muestreos directos hemos utilizado una red manual efectuando dos réplicas o extracciones por muestreo, en cada una de las cuales se colectaban los organismos existentes en una superficie de lecho de 25 x 30 cm., elegida de forma que captara la heterogeneidad de los hábitats existentes.

Los sustratos se han depositado a profundidades que oscilan entre 30 y 60 cm., con preferencia en aguas corrientes, dadas las características de los ríos estudiados, y eligiendo preferentemente aquellas estaciones de muestreo que presentan un caudal suficiente en todas las épocas del año.

La colocación y retirada de los sustratos artificiales se ha efectuado de forma que los periodos de colonización fuesen variables, a fin de poder evaluar la influencia del tiempo en la estructura de la comunidad que se asentaba sobre aquéllos. Los periodos de colonización utilizados han sido: 1, 2, 3, 4 y 8 semanas.

Las comunidades de macroinvertebrados recogidas con ocasión de cada muestreo se han caracterizado por una serie de parámetros que definen la estructura de aquéllas permitiendo efectuar comparaciones entre los muestreos directos y los muestreos indirectos con sustratos artificiales. Dichos parámetros han sido: número de taxones, número de individuos, índices de diversidad (Shannon, Margalef, Menhinick, Simpson), y el índice de calidad biológica potencial de Verneaux *et al.*, (1978).

Como han puesto de manifiesto anteriormente Dickson y Cairns (1972), Khalaf y Tachet (1977), y Wise y Molles (1979), la evolución del número de taxones y de la diversidad específica de las comunidades que habitan los sustratos son de gran utilidad para la comprensión de la dinámica de colonización

de estos. En nuestro caso, hemos estudiado dicha evolución por medio de un análisis de varianza.

Para realizar los análisis de varianza se ha comprobado previamente que tanto los valores del parámetro «número de taxones» como los de los diferentes índices de diversidad siguen una distribución normal, comprobación que se ha verificado aplicando un test de homogeneidad mediante la  $X^2$  de Pearson.

### Descripción de los sustratos utilizados.

Inicialmente utilizamos dos tipos de sustrato artificial para, posteriormente, elegir el más apropiado para la colonización por macroinvertebrados, a la vista de los valores tomados por los parámetros que caracterizaban a las poblaciones colonizadoras.

A ambos tipos de sustratos artificiales utilizados los denominaremos sustrato plástico y sustrato de gravas.

El sustrato plástico ha sido empleado anteriormente por Hawkes *et al.*, (1979). Está formado por 14 piezas cilíndricas, cada una de ellas con orificios rectangulares y elementos transversales en su interior, dispuestas en dos pisos de siete piezas cada uno, de tal forma que en cada piso hay un cilindro central y 6 de perímetro. Cada cilindro tiene cinco cm. de diámetro por cinco cm. de lado y están convenientemente atados entre ellos. La base en contacto con el lecho del río se cubría con una red para evitar la huída de los organismos en el momento de la retirada del sustrato.

El sustrato de gravas consiste en un ladrillo de cerámica, de los empleados normalmente en construcción, de dimensiones exteriores 8 x 12 x 25 cm. y con 6 huecos de dimensiones 2,5 x 3 x 25 cm., cuatro de dichos huecos rellenos con grava de 1-1,5 cm. de diámetro, precisando para ello 20 cantos por hueco. Para evitar la salida de los cantos rodados, sin dificultar la libre entrada y salida de los posibles organismos colonizadores, se taparon los extremos del ladrillo con tela plástica de malla cuadrangular de 1 cm. de lado y las rejillas plásticas se ataron entre sí con hilo de nylon. El tamaño de las gravas utilizadas parece hallarse dentro del rango más conveniente de acuerdo con los trabajos de Wisse y Molles (1979) y Khalaf y Tachet (1980).

### Elección del tipo de sustrato

Para elegir el sustrato artificial más apropiado para la colonización por los macroinvertebrados, se realizaron unos muestreos previos, depositando uno de cada uno de los tipos de sustrato descritos anteriormente en 8 lugares diferentes, procediendo a su retirada al cabo de 4-5 semanas. Cada sustrato de gravas era atado a un sustrato plástico por medio de un hilo de nylon, evitándose así que este último fuera arrasado por las aguas y quedando de esta forma los dos tipos de sustrato artificial sometidos a las mismas condiciones del entorno.

Como resultado de dichos muestreos previos pudimos comprobar que, para un mismo tiempo de colo-

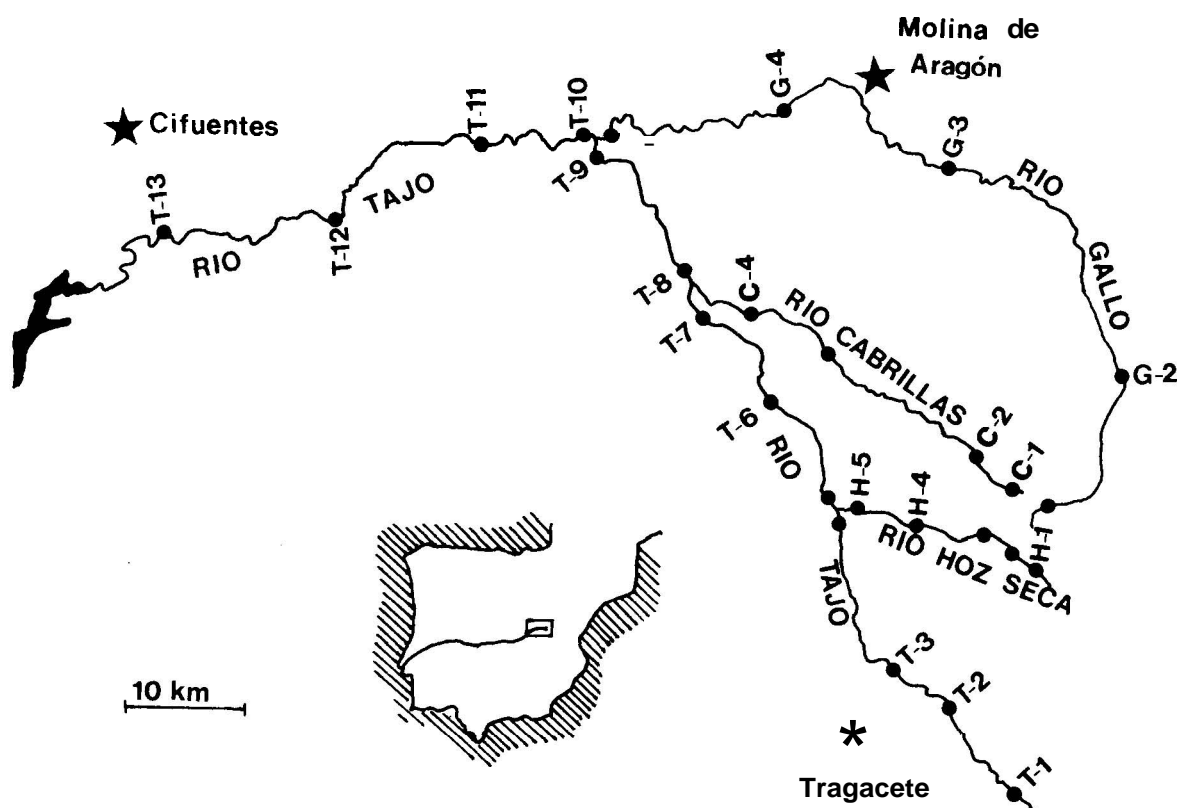


Figura 1.—Cuenca del Alto Tajo. Ubicación de las estaciones de muestreo. Studied localities in the Upper reaches of the Tajo Basin (Central Spain).

nización en el sustrato de gravas se obtenían valores más altos del número de taxones e índices de diversidad que en el sustrato plástico con un número de individuos inferior (Fig. 2). Por otra parte, el sustrato plástico resultó más selectivo, no siendo habitado por las formas petricolas de los órdenes *Ephemeroptera* y *Plecoptera*: *Epeorus torrentium*, *Rhythrogena gr.*, *semicolorata*, *Heptagnia sulphurea* y *Perla marginata*, presentes en el sustrato de gravas.

El hecho de que el sustrato de gravas sea menos selectivo que el sustrato plástico, albergando mayor número de taxones que éste, siendo además las comunidades de macroinvertebrados que lo colonizan más «diversas», unido a otras ventajas como su fácil construcción, no ser arrastrado por la corriente en épocas de aguas normales y pasar desapercibido sobre el lecho del río, determinó su elección para las etapas posteriores del trabajo.

En lo sucesivo todas las menciones que hagamos a los sustratos artificiales utilizados en este trabajo se entenderán referidas a los sustratos de gravas.

## RESULTADOS

### Dinámica de colonización de los sustratos artificiales.

Para estudiar este aspecto hemos analizado la variación del número de taxones y del índice de diversidad de Shannon de las comunidades recolectadas por medio de sustratos artificiales. Para ello hemos realizado un análisis de varianza de clasificación doble, siguiendo la metodología expuesta por Nortes (1977), y tomando como factores de variación las estaciones de muestreo y el tiempo de colonización de los sustratos.

El análisis de varianza lo hemos limitado a 6 estaciones del río Tajo (T-6 a T-12) comprendidas entre los 770 y 1.100 m. de altitud, a partir de los datos obtenidos en 63 sustratos artificiales extraídos de dichas estaciones.

En dicho análisis de varianza ha resultado que tanto la variación del número de taxones como la de la diversidad es muy significativa entre estaciones de muestreo (nivel del 0,01); sin embargo, las variaciones de los parámetros indicados anteriormente no llegan a ser muy significativas en función del tiempo de

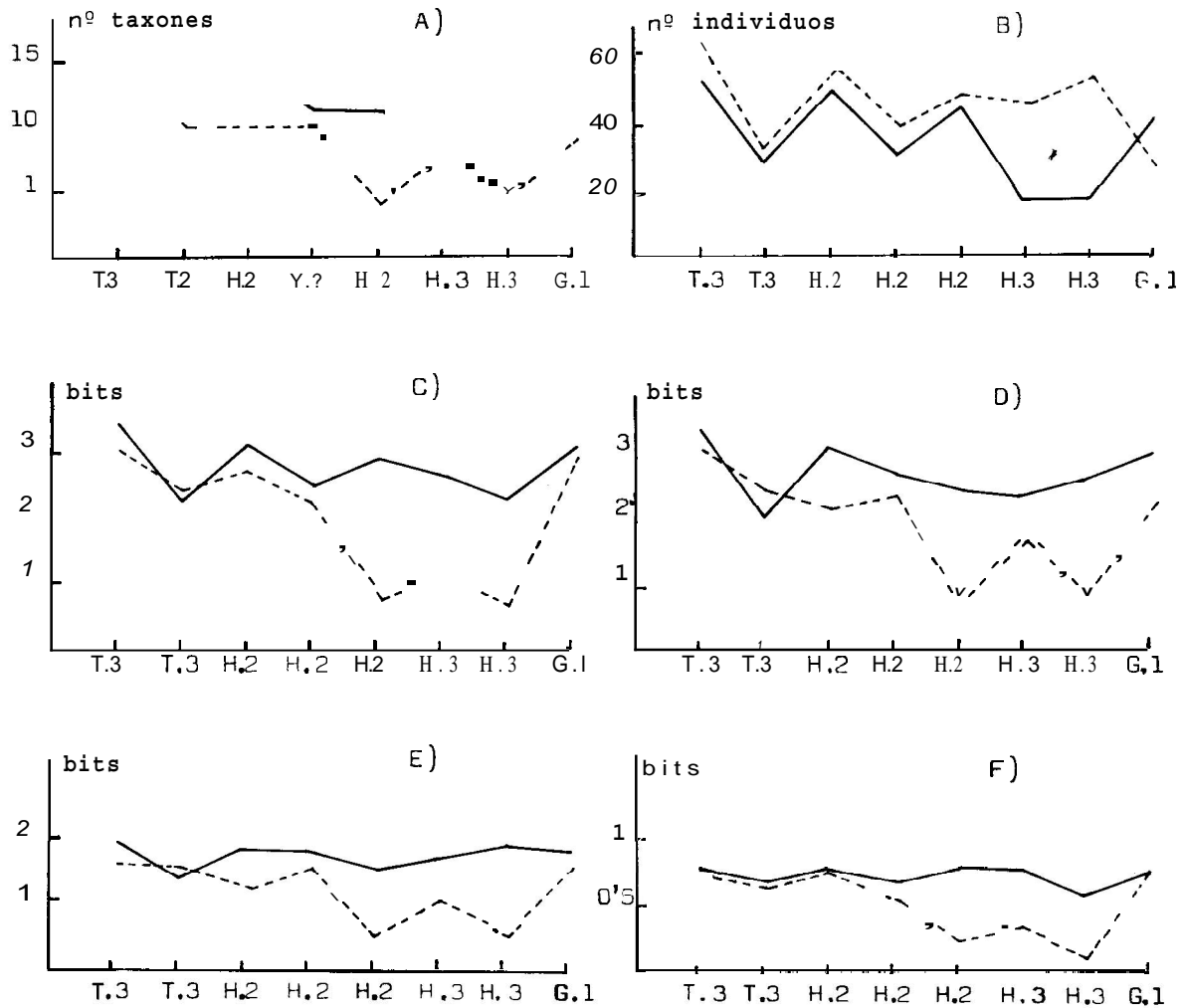


Figura 2.—Resultados obtenidos con sustratos de gravas — y con sustratos plásticos - - - en las distintas estaciones de muestreo, de los siguientes parámetros: A) Número de taxones. B) Número de individuos. C) Índice de diversidad de Shannon. D) Índice de diversidad de Margalef. E) Índice de diversidad de Menhinick. F) Índice de diversidad de Simpson.

Results obtained from samplers using grave artificial substrata — and plastic substrata - - - in different localities, referred to A) Taxon number. B) Specimen number. C) Shannon-Weaver diversity index. D) Margalef diversity index. E) Menhinick diversity index; II and F) Simpson diversity index:

colonización. Aunque el número de taxones y diversidad más altos se obtienen cuando se retiran los sustratos del río a las cuatro semanas de exposición a la colonización, la mayor parte del proceso de colonización se completa durante la primera semana de exposición.

En la figura 3 se ha representado la variación del número de taxones respecto al tiempo de exposición a la colonización, resultando que el número medio de taxones por sustrato aumenta paulatinamente hasta llegar a su valor óptimo a las cuatro semanas, instan-

te a partir del cual comienza a decrecer hasta llegar a valores análogos a los iniciales.

Asimismo, en la figura 4 se ha representado la variación del índice de diversidad de Shannon en función del tiempo de colonización, resultando también que los valores medios de la diversidad más altos se obtienen retirando los sustratos del río a las cuatro semanas.

La evolución del número total de individuos que colonizan los sustratos artificiales en función de los diferentes periodos de exposición de estos, no se ha

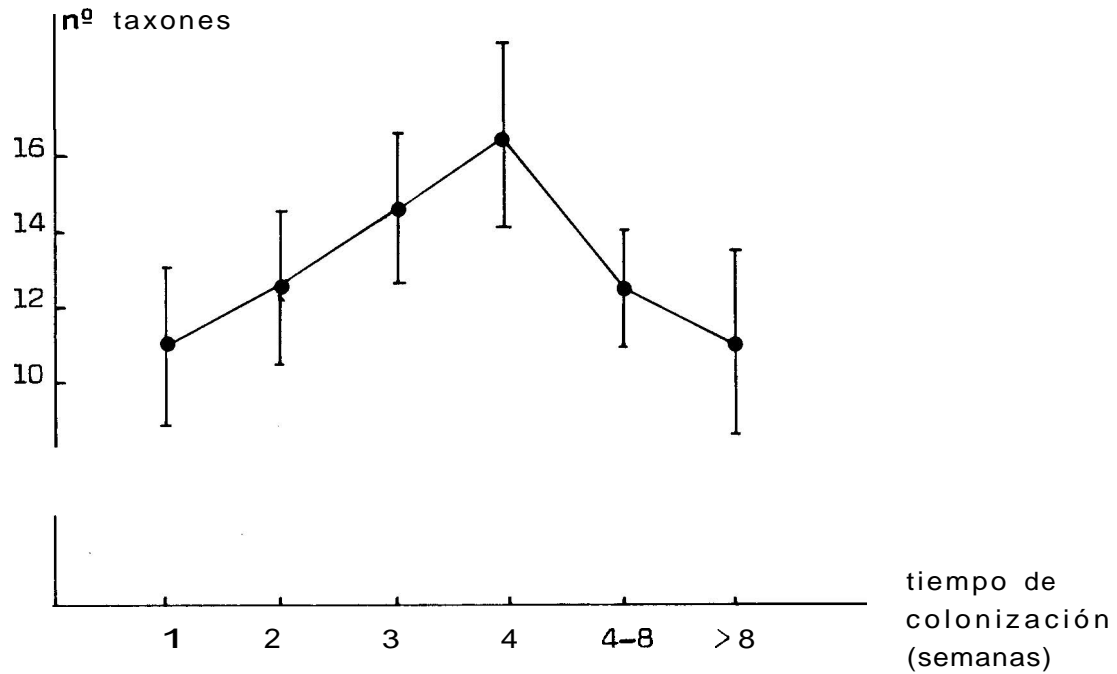


Figura 3.-Evolución del número de taxones (valor medio y desviación típica) que colonizan los sustratos artificiales en función del tiempo de exposición expresado en semanas.

Taxon number (average values and standard deviation) of macroinvertebrate communities colonizing artificial substrata in different periods (weeks).

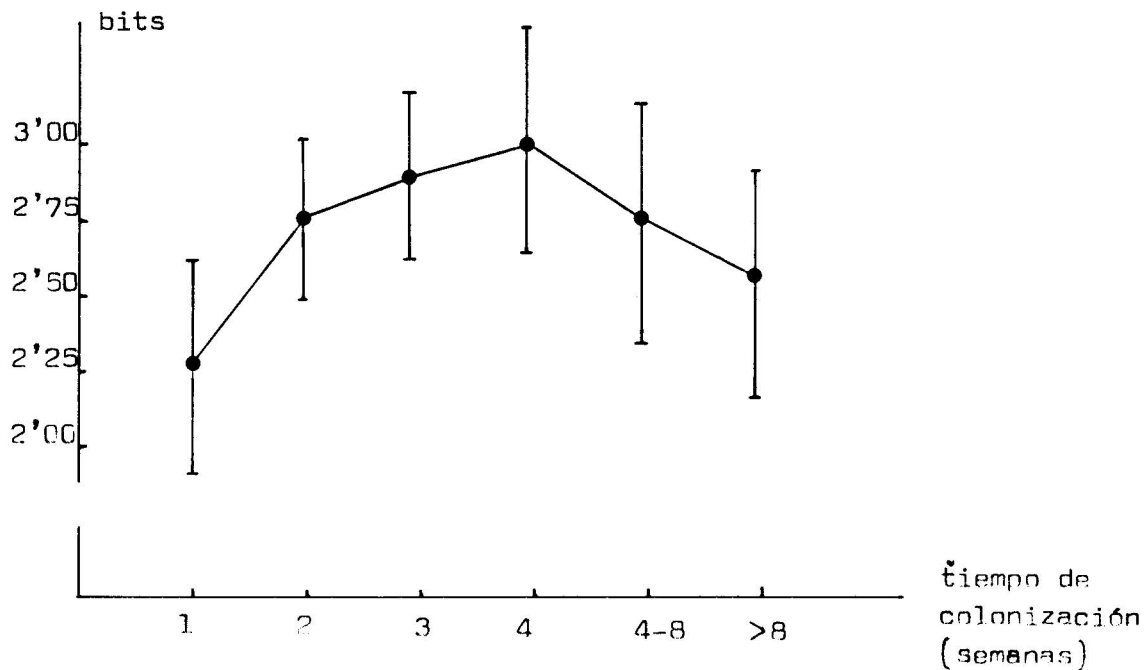


Figura 4.-Evolución del índice de diversidad de Shannon (valor medio y desviación típica de las comunidades de macroinvertebrados colonizadoras de los sustratos artificiales en función del tiempo de exposición expresado en semanas.

Shannon-Weaver diversity index (average values and standard deviations) of macroinvertebrate communities colonizing artificial substrata in different periods (weeks).

estudiado por medio de un análisis de varianza al no seguir la distribución del número total de individuos capturados en los diferentes sustratos artificiales una ley normal.

No obstante, en una serie de estaciones de muestreo hemos observado la variación del número total de individuos capturados a medida que aumentaba el tiempo de exposición de los sustratos, no habiendo encontrado ninguna pauta de colonización, en lo que a este respecto se refiere, que se pueda generalizar. Asimismo, hemos estudiado también la evolución del número de individuos de los taxones más abundantes en función del tiempo de colonización de los sustratos, sucediendo que dicha evolución para un determinado taxón, varía sensiblemente de una estación de muestreo a otra.

### **Comparación de los muestreos directos con los de sustratos artificiales.**

#### *Selectividad*

Los sustratos artificiales han de ser, aparte de reunir otras propiedades, lo menos selectivos posible para ser capaces de albergar la mayor parte posible de la fauna macroinvertebrada autóctona del lugar en que se instalan.

En la cuenca del Alto Tajo, con los 251 muestreos de macroinvertebrados realizados durante 1981. 62 directos y 189 con sustratos artificiales de gravas, se capturaron 141 taxones, 115 en muestreo directo y 115 con sustratos artificiales de gravas, si bien obviamente no se trata de los mismos taxones y la coincidencia numérica puede deberse al azar. De los 141 taxones colectados, 89 son comunes a ambas formas de muestreo y 26 son específicos de cada una de ellas.

El hecho de que existen 26 taxones que solamente se han recolectado muestreando de forma directa y no colonizando sustratos artificiales, parece estar más relacionado con la escasez de dichos taxones, que con el rechazo por parte de estos al nuevo hábitat que se les ofrece para su colonización. La baja abundancia de dichos taxones llevaría consigo una probabilidad también baja para colonizar los sustratos artificiales, frente a otros taxones más abundantes. De muchos de dichos taxones solamente se ha capturado un solo individuo en el total de los inventarios efectuados, por lo que el hecho de que dichos taxones no estén presentes en los sustratos artificiales tiene escasa significación.

Por ello se puede pensar que los sustratos artificiales de gravas descritos y utilizados en el presente trabajo, no han resultado selectivos para capturar macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del Alto Tajo, permitiendo recolectar un número de taxones tan alto como los muestreos realizados directamente con red manual

#### *Composición y estructura de las comunidades.*

En la tabla 1 figuran los valores medios -desviaciones típicas de los diferentes parámetros que caracterizan a las comunidades colonizadoras de los sustratos artificiales de gravas y a las comunidades recolectadas muestreando directamente.

En total disponemos de los valores que toman dichos parámetros en 62 muestreos directos, 36 en facies Iótica y 26 en facies léntica, y en 189 muestreos con sustratos artificiales de gravas. de ellos 129 en facies Iótica y 60 en facies léntica.

A continuación comentamos los valores de dichos parámetros: En lo que respecta al número de taxones por muestreo resulta que, en facies Iótica, el número medio de taxones recolectados muestreando directamente, es ligeramente superior al obtenido muestreando con sustratos artificiales de gravas, 15,50 frente a 12,92 respectivamente. En cambio, en facies léntica los valores medios que se obtienen con ambas formas de muestreo son del mismo orden de magnitud. Teniendo en cuenta el total de los muestreos resulta que muestreando directamente se captura, aproximadamente, 1 taxón más por muestreo, que cuando éste se efectúa con sustratos.

El número total de individuos por muestreo presenta valores más altos cuando se muestrea con sustratos artificiales. No obstante, dada la gran desviación típica que presenta este parámetro, hay que interpretarlo con cierta cautela.

Los diferentes índices de diversidad considerados alcanzan valores más altos en comunidades recolectadas muestreando en facies Iótica que en facies léntica. Asimismo, aunque dentro del mismo orden de magnitud, se observan valores ligeramente más altos de la diversidad en comunidades recolectadas muestreando directamente frente a las recolectadas empleando sustratos artificiales. Este hecho es debido al mayor número de individuos recolectados en los sustratos artificiales y al menor número de taxones de los mismos, lo que hace que descienda la diversidad.

En lo que se refiere al índice de calidad biológica potencial hemos calculado el propuesto por Verneaux *et al.*, (1978), con el fin de comparar sus valores en muestreos directos y en muestreos realizados por medio de sustratos artificiales. Como puede observarse en la tabla 1, en facies Iótica se obtienen valores medios muy parecidos del índice de calidad biológica citado, tanto si se muestrea directamente como por medio de sustratos artificiales; este hecho plantea una vez más la hipótesis de que, con frecuencia, la ausencia de muchos taxones de la facies léntica y, por consiguiente, un valor bajo del índice biótico utilizado, está determinada por la ausencia de un sustrato apropiado para los mismos, con independencia de la calidad de las aguas.

De ahí el gran interés que presentan los sustratos

	FACIES LOTICA		FACIES LENTICA		TOTAL DE LOS MUESTREOS	
	Muestreo directo	Muestreo con sustratos artificiales	Muestreo directo	Muestreo con sustratos artificiales	Muestreo directo	Muestreo con sustratos artificiales
NQ DE TAXONES POR MUESTREO	15'50-4'45	12'92-4'22	9'50-4'60	9'71-3'78	12'98-5'40	11'90-4'35
NQ DE INOIVOUOS POR MUESTREO	72'61-36'41	84'97-62'54	38'53-26'66	73'25-69'42	58'32-36'75	81'25-65'03
I. DIVERSIDAD DE SHANNON	3'24-0'60	2'70-0'71	2'60-0'65	2'20-0'93	2'97-0'70	2'54-0'82
I. DIVERSIDAD DE MARGALEF	3'43-0'89	2'84-0'83	2'39-0'93	2'28-0'94	3'00-1'04	2'67-0'92
I. DIVERSIDAD DE MENHINICK	1'89-0'46	1'62-0'52	1'61-0'50	1'43-0'63	1'77-0'49	1'56-0'57
I. DIVERSIDAD DE SIMPSON	0'89-0'11	0'74-0'16	0'76-0'11	0'63-0'24	0'80-0'12	0'70-0'20
I. DE CALIDAD BIOLÓG. POTENCIAL	15'19-1'64	14'79-2'02	10'65-3'11	12'63-3'13	13'29-3'26	14'00-2'69

Tabla 1.-Valores medios y desviaciones típicas de los diferentes parámetros que caracterizan a las comunidades colonizadoras de los sustratos artificiales y a las recolectadas muestreando directamente con red manual. Average values and standard deviations of different parameters characterizing macroinvertebrate communities from artificial substrate and from the river.

artificiales cuando se trata de estimar la calidad biológica de las aguas. Como señala Mason (1984): «Si la finalidad de un estudio es evaluar la calidad del agua más que estudiar la macrofauna local, los sustratos artificiales son entonces muy recomendables, porque incluso si la muestra recogida es más rica que la típica del lecho contiguo, como suele ocurrir con los sustratos artificiales cuando se colocan en lechos de depósito, queda demostrado que una fauna muy variada es capaz de vivir en tales condiciones».

## DISCUSION DE RESULTADOS

Diferentes autores (Dickson y Cairns, 1972; Khalaf y Tachet, 1977; Wisse y Molles, 1979) que se han ocupado anteriormente del tema consideran que el tiempo de exposición a la colonización de los sustratos artificiales es aquel que permite la captura de comunidades con mayor número de taxones y valores de la diversidad más altos.

En nuestro caso, siguiendo este mismo criterio, el

tiempo óptimo de colonización de los sustratos de gravas ha resultado ser de 4 semanas. Sin embargo, si comparamos los valores medios de los parámetros «número de taxones» e «índice de diversidad de Shannon» obtenidos a partir de comunidades colonizadoras de sustratos artificiales que han estado depositados en el río durante cuatro semanas (16,6 taxones y 3,03 bits, respectivamente) se observa que la parte más importante del proceso de colonización se completa durante la primera semana.

Estos resultados explican que diferentes autores que han estudiado la colonización de sustratos artificiales por macroinvertebrados benticos obtengan tiempos óptimos de colonización que oscilan entre los nueve días, aconsejados por Wisse y Molles (1979) y los 42 días indicados por Dickson y Cairns (1972). No obstante, diferentes autores que han utilizado sustratos artificiales para muestreo indirecto de macroinvertebrados los han sometido a periodos de colonización de 4 semanas. Así, Hawkes et al., (1979), comparando el número de taxones obtenidos a las 2, 4, 6 y 8 semanas de colonización de los sustratos artificiales,

señalan que no compensa exceder un periodo de colonización de cuatro semanas. En el mismo sentido se han manifestado anteriormente, Roux *et al.*, (1976) y Rabeni y Gibbs (1978).

Otros autores en cambio, obtienen tiempos de colonización distintos de cuatro semanas. Así: Verneaux *et al.*, (1978) hacen constatar que «la duración útil de exposición de los sustratos artificiales, que corresponde a la instalación y mantenimiento de una fauna béntica diversificada, parece ser de 15 días, más allá de este periodo parece que la diversidad tiende a disminuir paralelamente al aumento de la abundancia de ciertas especies».

Khalaf y Tachet (1977) a partir de los datos obtenidos en una estación de muestreo del río Ardiere (cuenca del Ródano) hacen constar que el número de taxones crece de una manera rápida durante los cuatro primeros días de exposición de los sustratos artificiales, continúa aumentando paulatinamente hasta el día 16 y después decrece lentamente, considerando al periodo de 2-3 semanas el tiempo óptimo de colonización.

Wisse y Molles (1979) observaron en los estudios que realizaron en una estación de muestreo del río San Antonio de Nuevo México (USA) utilizando sustratos artificiales construidos con cajas de alambres llenas de gravas, que el número de taxones aumentaba hasta el día 9 de colonización de los sustratos artificiales para después estabilizarse o experimentar un ligero descenso, considerando 9 días el tiempo óptimo de colonización.

Aún los autores que obtienen periodos de colonización más amplios, como Dickson y Cairns (1972) están de acuerdo en afirmar que la parte más importante del proceso de colonización se completa durante la primera semana. Así, Dickson y Cairns (1972), en sustratos artificiales depositados en el río durante una semana obtuvieron valores medios del número de taxones e índice de diversidad de Shannon de 13 y 2,59, respectivamente, frente a valores de 21,6 y 2,57, retirando los sustratos artificiales a las cinco semanas de colonización.

Las razones por las cuales los distintos autores obtienen tiempos óptimos de colonización algo diferentes, creemos que son debidas, principalmente, a la utilización de diferentes tipos de sustratos artificiales o a las diferentes características de los ríos.

En lo que se refiere a la selectividad, los sustratos artificiales utilizados en el presente trabajo no han resultado selectivos en cuanto a su colonización por los macroinvertebrados bénticos.

Dichos sustratos permiten la captura de comunidades de macroinvertebrados que poseen un número de taxones similar al de las comunidades recolectadas muestreando directamente con red manual, y dando

además, valores análogos a estas últimas cuando se trata de evaluar la calidad biológica de las aguas.

Los distintos índices de diversidad utilizados presentan valores medios más bajos, del orden de un 15%, en comunidades recolectadas muestreando con sustratos artificiales con respecto a las capturadas muestreando directamente. Este hecho está relacionado con el mayor número de individuos que se capturaron en los sustratos artificiales aquí descritos.

## BIBLIOGRAFIA

- Beak, T.W.; Griffing, T.C. y Appleby, A.G. 1973.** «Use of artificial substrate samplers to assess water pollution». En *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*. ASTM spec. Tech. Publ. 528, 227-241.
- Dickson, K.L. y Cairns, J. 1972.** The relationship of fresh-water macroinvertebrate communities collected by floating artificial substrates to the Mac Arthur-Wilson equilibrium model. *Am. Midl. Natur.*, Vol. 88, 68-75.
- Hawkes, H.A.; Williams, J.L.; Macready, J.; Girtton, C., Thorpe, M.W. y Nickolds, G.D. 1979.** *Biological methods for the surveillance of river water quality*. Department of Biological Sciences. University of Aston in Birmingham. Contract. D.G.R. /480/100.
- Herranz, J.M. y González del Tánago, M. 1985.** Ephemeropteros, Plecópteros y Tricópteros de la cuenca del Alto Tajo (Guadalajara). *Bol. Asoc. Esp. Entomol.*, Vol. 9, 35-53.
- Khalaf, G. 1975.** *Utilisation de substrats artificiels en eau courante, pour l'étude de la répartition et de la dynamique de colonisation des macroinvertebrés benthique*. These Doct. Spéc. Lyon., 91 p.
- Khalaf, G.; Tachet, H. 1977.** La dynamique de colonisation des sustrats artificiels par les macroinvertebrés d'un cour d'eau. *Annls. Linnol.* 13 (2). 169-190.
- Khalaf, G.; Tachet, H. 1978.** Un problème d'actualité: revue des travaux en matière d'utilisation des sustrats artificiels pour l'échantillonnage des macroinvertebrés des eaux courantes. *Bull. Ecol.* 9: 29-38.
- Khalaf, G. y Tachet, H. 1980.** Colonization of artificial substrata by macroinvertebrates in a stream and variations according to stone size. *Freshwater Biology.* 10: 475-482.
- Mason, C.F. 1984.** *Biología de la contaminación del agua dulce*. Ed. Alhambra. Madrid. 289 p.
- Nortes, A. 1977.** *Estadística teórica y aplicada*. Ed. Rodríguez S.A. Burgos. 765 p.
- Presas, Y. 1980.** *Estudio de las comunidades de macroinvertebrados como indicadores de los impactos de la ciudad de León en los ríos Bernesga y Torío*. Tesis de Licenciatura. Univ. León. 139 p.



**Rabeni, C.F. y Gibbs, K.E. 1978.** Comparison of two methods used by divers for sampling benthic invertebrates in deep rivers. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 332-336.

**Roux, A.L.; Tachet, H. y Neyron, M. 1976.** Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut Rhone français. III. Une technique simple et peu onéreuse por l'étude des macroinvertébrés benthiques des grands fleuves. *Bull. Ecol.* T. 7, 493-496.

**Thorpe, M.W. y Williams, I.L. 1980** A guide to the

*use of algae for the biological surveillance of rivers.* Technical Memorandum. N.º 20.

**Verneaux, J.; Faessel, B. y Malesieux, G. 1978.** Note préliminaire a la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. Centre Hydrobiol. Univ. Besançon. 14 p.

**Wise, D.H. y Molles, M.C. 1979.** Colonization of artificial substrate by stream insects: influence of substrate, size and diversity. *Hydrobiología* 65, 69-74.