

# LOS MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS COMO ELEMENTOS DE JUICIO PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD BIOLOGICA DEL RIO SEGRE (LERIDA, NE ESPAÑA)

A. Palau, A. Palomes

Dpto. Ciencia del Suelo y Climatología. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Lleida.

Palabras claves: Macroinvertebrates, physicochemical, pollution, physiognomy. analysis, comparison.

## ABSTRACT

THE BENTHIC MACROINVERTEBRATES AS FACTS TO FORMULATE AN OPINION FOR THE EVALUATION OF BIOLOGICAL QUALITY IN THE SEGRE RIVER (LERIDA, NE SPAIN)

This work is based on the comparison of the results excerpted from the application of a multivariate analysis (Principal Components Analysis) on independent series of physicochemical and biological data obtained simultaneously during an annual sampling period, in the river Segre (Lerida, NE Spain).

Only the two first resultant components were considered. The percentage accounting for the accumulated variance for each series was very different: 55% for physicochemical data and 33% for biological data. However, the interpretation of the components turned out to be, respectively, homologous: for the components turned out to be, respectively, homologous: for the physicochemical data the first component was the water mineralisation and the second one was the water pollution; for the biological data, the first was the longitudinal gradient of mesological characteristics and the second one was the pollution sensibility.

In spite of the deducible limitations from the systematic level used for the macroinvertebrates determination and to have used the qualitative data, the benthic fauna of the river Segre provide some useful information on the state of the river and their physiognomy.

## INTRODUCCION

Acerca de la utilización de los macroinvertebrados bentónicos como elementos de juicio para la evaluación de la calidad biológica de las aguas, existen una serie de premisas bien compiladas y desarrolladas en Ghetti & Bonazzi, (1981); por otro lado, un buen precedente en torno a la capacidad de estos organismos para revelar las características fisionómicas más importantes de un río, se encuentra en el trabajo de Bournaud et al., (1980).

De la mano de estas dos cualidades, (valor indicador y utilidad descriptiva), atribuibles al macrobentos y tomando como referencia lo que, hoy por hoy, marca los criterios de calidad de las aguas, es decir, la caracterización físico-química basada en una serie de parámetros y variables, el presente artículo tiene

como objetivo básico, el mostrar la utilidad de unos datos biológicos (unidades sistemáticas de macroinvertebrados bentónicos) pertenecientes a un ecosistema concreto (el río Segre; Lérida, NE España), en el marco de su comparación con una serie de datos físico-químicos obtenidos simultáneamente.

La síntesis de información realizada mediante la aplicación de un Análisis de Componentes Principales, se ha revelado como una estrategia útil para poder comparar y reforzar individualmente el alcance y la validez de los dos tipos de datos, así como para poner de manifiesto una serie de matices importantes, que pueden pasar desapercibidos en unas conclusiones derivadas de un estudio físico-químico clásico destinado a la tipificación de la calidad de las aguas de un río.

Limnética 2: 205-215 (1986)

© Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain



## MATERIAL Y METODOS

A partir de un estudio, aún no publicado, realizado sobre el río Segre (Palau & Palomes, 1986) durante un año (7/83 a 6/84) bimensualmente, sobre 19 estaciones de muestreo cuya distribución puede verse en la fig. 1, se obtuvieron una serie de datos, tanto físico-químicos como biológicos, con los que se realizaron sendos Análisis de Componentes Principales.

Los datos físico-químicos tratados se refieren a una serie de parámetros y variables más o menos habituales en los estudios de contaminación de ríos y la metodología de análisis empleada, excepto para el caso de la temperatura, la conductividad, el pH, la turbidez y el oxígeno disuelto que se midieron «in situ» con un equipo portátil HORIBA U-7, puede verse en Margalef *et al.*, (1976) y Rodier, (1981).

Los datos biológicos se refieren a abundancias de las diferentes unidades sistemáticas de macroinvertebrados (Vernaux & Tuffery, 1967), obtenidas según una escala subjetiva de valores (Knopp, 1955). Las muestras del macrobentos se recogieron con un muestreador de fondo («Surber») que cubría una área de 160 cm.<sup>2</sup>, provisto de una red de 250µm de malla; en cada estación de muestreo se realizaron transectos procurando recoger los diferentes tipos de sustrato; las muestras así obtenidas, se fijaron con formol. Las posibles interferencias de carácter cualitativo atribuibles a la deriva, se intentó minimizarlas mediante su estudio en paralelo.

Tanto el muestreo físico-químico como el de los macroinvertebrados bentónicos se centró, siempre que ello fué posible, en zonas con corriente visible de agua y con piedras como sustrato de fondo predominante.

## RESULTADOS

### Obtención de los Componentes Principales para los datos físico-químicos.

Con el fin de poner de manifiesto las relaciones entre los 28 parámetros y variables estudiados y a la vez resaltar las que asumían, individual o colectivamente, un papel más determinante en el río Segre, se aplicó un Análisis de Componentes Principales que permitió, al mismo tiempo y con las mismas referencias, conocer la relación de las 19 estaciones de muestreo establecidas y su propia variación a lo largo del año.

Como paso previo al tratamiento multivariante, se llevó a cabo una transformación logarítmica de todas las variables. ( $\log(100x + 1)$ ) a excepción de la presión atmosférica que se cambió de unidades (de mm Hg a decibares) y del pH, la temperatura atmosférica

y del agua, el oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación, el índice de pigmentos ( $D_{430}/D_{665}$ ), la altitud, la distancia al origen y el nº de Orden, que no sufrieron transformación alguna.

De los veintiocho componentes resultantes del análisis realizado, se presentan exclusivamente los dos primeros, que resultaron explicar el 55% de la varianza total. El primero de ellos quedó fuertemente asociado con los parámetros y variables de variación longitudinal más acusada, especialmente los relacionados con la mineralización de las aguas y la morfometría del río que quedaron claramente contrapuestos a la altitud (figura 2). El segundo componente (eje horizontal de la misma figura) se presentó, en sentido estricto, como un gradiente de oxidación; sin embargo, se trata de un eje que puede ser interpretado, en un sentido más amplio, como el que informa de la polución en virtud de la radical oposición que marca entre variables tales como el oxígeno disuelto por un lado y la turbidez, la D.Q.O., el amonio y los fosfatos, fundamentalmente, por otro.

La distribución de las estaciones de muestreo obtenida sobre estos dos componentes, puede verse en la figura 4. Para el primer eje la secuencialidad numérica de las estaciones en la mitad inferior de la figura, sólo se ve interrumpida en la n.º 8 (situada aguas abajo del embalse de Oliana), en la n.º 11 (situada a la salida de un angosto desfiladero donde la influencia humana es prácticamente nula) y en la n.º 13 (muy próxima al embalse de Camarasa y aún bajo sus efectos); en cambio en la mitad superior de la misma figura la secuencia ordinal de las estaciones de muestreo queda totalmente desfigurada debido a los continuos aportes de aguas residuales y a las fluctuaciones de caudal (por afluentes o por gestión directa) que recibe y experimenta el río Segre a su paso por la zona con mayor carga de población humana y actividades derivadas de toda su ribera.

Sobre el segundo eje, la secuencia de estaciones de muestreo va alternando su presencia sobre una y otra de las dos mitades, cruzando el primer componente en los tramos donde existe alguna alteración.

La interpretación conjunta de la figura 4 y la caracterización de cada estación de muestreo, resultan bien sencillas si cada uno de los cuatro cuadrantes se define según los dos semiejes que lo determinan: mineralización creciente hacia la parte positiva del primer componente y polución (o alteración) creciente hacia la parte negativa del segundo componente.

Las variaciones de cada estación de muestreo a lo largo del tiempo se han puesto de manifiesto en las figuras 4 y 5, en forma de segmentos radiales que, partiendo de cada círculo, muestran la amplitud y sentido de la variación de cada una de ellas durante las seis campañas de muestreo realizadas. En este sentido, la mayor o menor permanencia de las estaciones

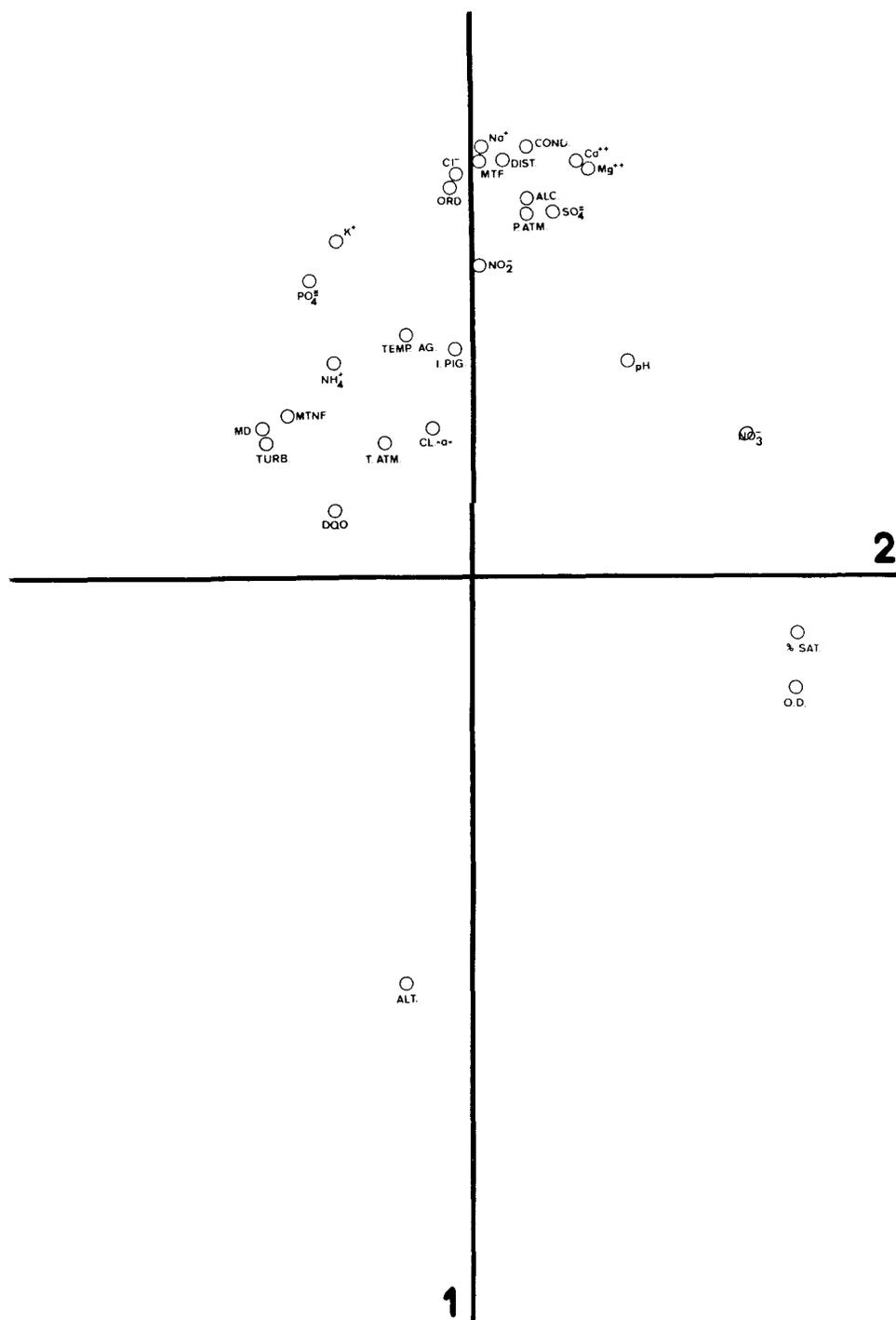


Figura 2.—Distribución de las variables físico-químicas en el espacio definido por los dos primeros ejes del análisis de Componentes Principales realizado con los datos físico-químicos.

Distribution of the physicochemical variables in the space defined by the two first resultant axis of the Principal Components Analysis made with the physicochemical data.

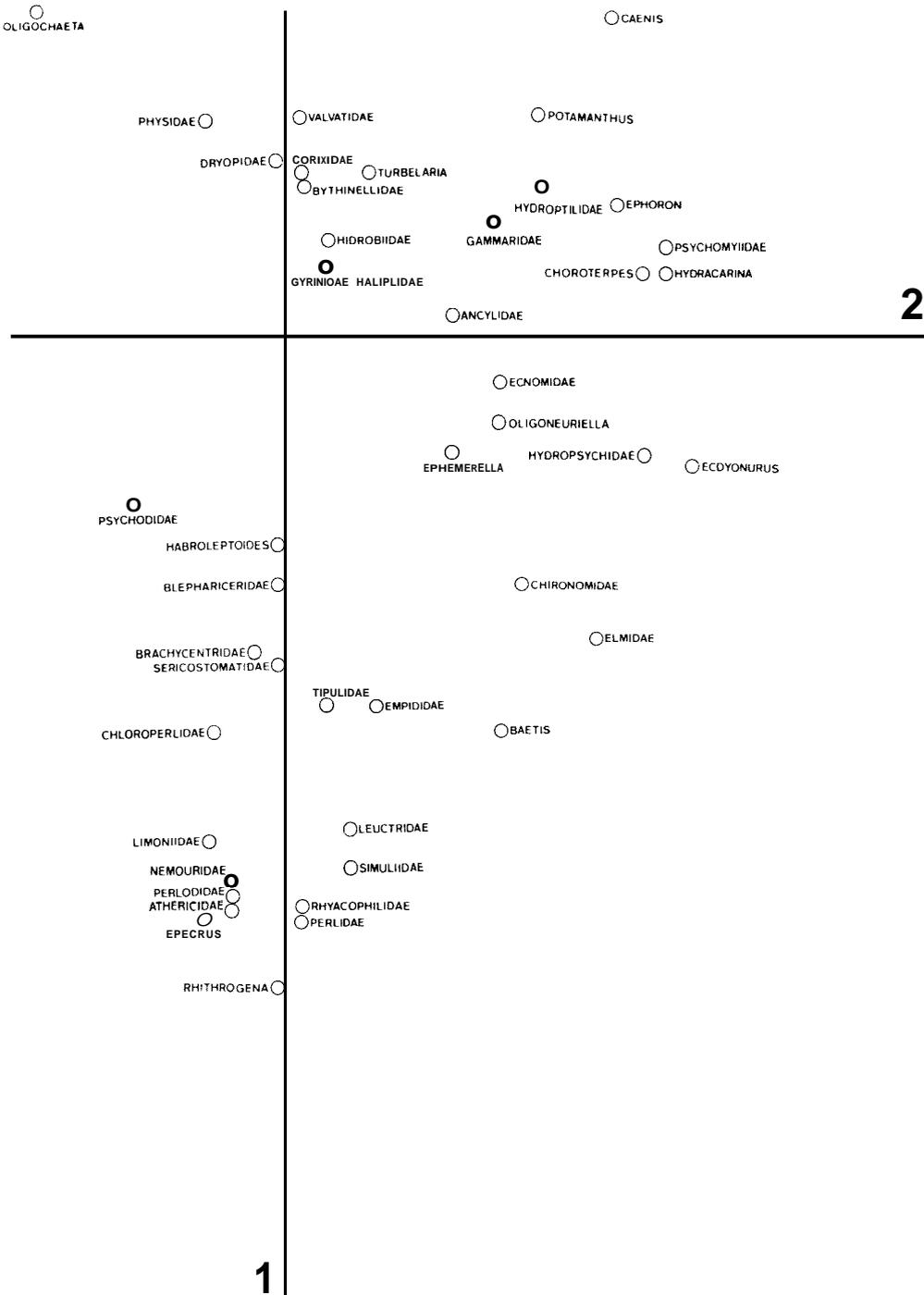


Figura 3.-Distribución de los grupos de macroinvertebrados en el espacio definido por los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales.  
 Distribution of the units of macroinvertebrates in the space defined by the two first resultant axis of the Principal Components Analysis made with the biological data.

de muestreo en uno y otro cuadrante es explicable en cada caso a partir de la estabilidad natural o inestabilidad provocada de cada una de ellas y de los caudales o cambios cíclicos generales experimentados por el río; por otro lado, tal y como muestra la figura n.º 4, no se observa una tendencia de variación dominante (u orientación preferencial de los segmentos radiales) respecto a ninguno de los dos ejes.

### **Obtención de los Componentes principales para los datos biológicos.**

La elaboración previa de los datos biológicos para la realización del Análisis de Componentes Principales, fue sensiblemente diferente de la llevada a cabo para los datos físico-químicos.

En primer lugar, no se tuvieron en cuenta todas las unidades sistemáticas diferentes encontradas en el río Segre sino tan solo las que resultaron ser más significativas después de la aplicación de un coeficiente de ocupación (Palau & Palomes, 1986) que tenía en cuenta, para cada una de ellas, su abundancia más frecuente y el n.º de estaciones de muestreo en las que se presentaba respecto al total. Por otro lado, se tuvo en cuenta el valor indicador de cada unidad sistemática y algunas de ellas se agruparon con el fin de reforzar la presencia de algún grupo en un espacio determinado del río, como *Habroleptoides* sp. y *Habrophlebia* sp., dentro de los Efemerópteros de distribución más altitudinal, Gyrinidae y Haliplidae para matizar la presencia de los Coleópteros en la parte media del río, o las agrupaciones de los géneros de Plecópteros por familias, con el conocimiento de su valor indicador semejante, para centralizar su dispersión.

El análisis de Componentes Principales así realizado, sobre las cuarenta y cuatro unidades sistemáticas seleccionadas, resultó explicar con los dos primeros ejes, el 33% de la varianza total (figura 3).

Sobre el primer componente quedaron opuestos los grupos y unidades sistemáticas de distribución más altitudinal como los Plecópteros, los Efemerópteros de la familia Heptageniidae (excepto *Ecdynorus* sp.), y los Tricópteros de la familia Rhyacophilidae, frente a los Oligoquetos y a algunas unidades sistemáticas de Efemerópteros, Moluscos, Heterópteros y Turbellarios todas ellas vinculadas por su presencia común en los tramos medio-inferiores del río. Este primer eje no ofreció dudas en cuanto a su interpretación como el componente sobre el que quedaban establecidos los gradientes de variación longitudinal de las características mesológicas; conceptualmente, tenía un significado comparable al del primer componente obtenido con los datos físico-químicos.

El significado del segundo componente, aludía a la

respuesta de los macroinvertebrados frente a los motivos de alteración en general y de polución en particular: se trataba de un gradiente de sensibilidad, entendiéndose que un organismo es sensible frente a un determinado factor cuando éste es capaz de modificar su presencia y/o su abundancia en el medio, tanto negativa como positivamente. Así sobre este segundo eje quedaron contrapuestas, por un lado las unidades sistemáticas con abundancias y/o distribuciones o bien poco modificadas por la polución (constantes prácticamente a lo largo de todo el río) como Hydropsychidae, Chironomidae, *Caenis* sp., *Ecdynorus* sp., Hidracarina, etc., o bien relegadas a los tramos medios del río (*Choroterpes* sp., *Ephoron* sp.), lo que en otros términos y en el río Segre, significa permanecer al margen de la polución al no asumir un papel importante ni en los tramos más alterados (finales) ni en los que apenas lo están (superiores) y por tanto quedar en una situación de insensibilidad aparente frente a la polución. En el lado opuesto de la contraposición establecida sobre este segundo eje, quedaron las unidades sistemáticas más sensibles a la polución: en la parte superior, las que se veían favorecidas por ella (Oligochaeta, Physidae) y en la inferior, las que desaparecen con ella (Plecópteros, Tricópteros con estuche, etc.).

La distribución de las estaciones de muestreo sobre los dos ejes definidos a partir de los datos biológicos, se muestra en la figura n.º 5. Sobre el primer eje la secuencia natural de las estaciones de muestreo se conserva hasta la n.º 15, salvo para la estación n.º 9 cuya posición puede deberse a la readquisición de importancia en el río de unidades sistemáticas como *Iso-perla* sp., *Ecdynorus* sp., etc., después del vacío que para el macrobentos reófilo representa el embalse de Oliana.

A partir de la estación n.º 15 y siguiendo con el eje vertical como referencia, la secuencia natural de las estaciones de muestreo se desfigura de acuerdo con la mayor similitud de las características mesológicas, consecuencia de la mayor uniformidad global de los tramos inferiores del río y de la menor separación media entre estaciones de muestreo: en este sentido es interesante observar los dobletes de estaciones que se establecen: la n.º 11 y la n.º 13; la n.º 14 y la n.º 16; la n.º 15 y la n.º 20; la n.º 18 y la n.º 21; la n.º 22 y la n.º 23.

Sobre el segundo componente las estaciones de muestreo se distribuyen según el grado de modificación sufrido por el macrobentos. Los dobletes de estaciones con características semejantes para el primer eje, se discriminan correctamente sobre el segundo componente mostrando un menor grado de alteración las que, dentro de cada par, están situadas más hacia la parte positiva del eje horizontal.

Para la interpretación por cuadrantes de la figura 5

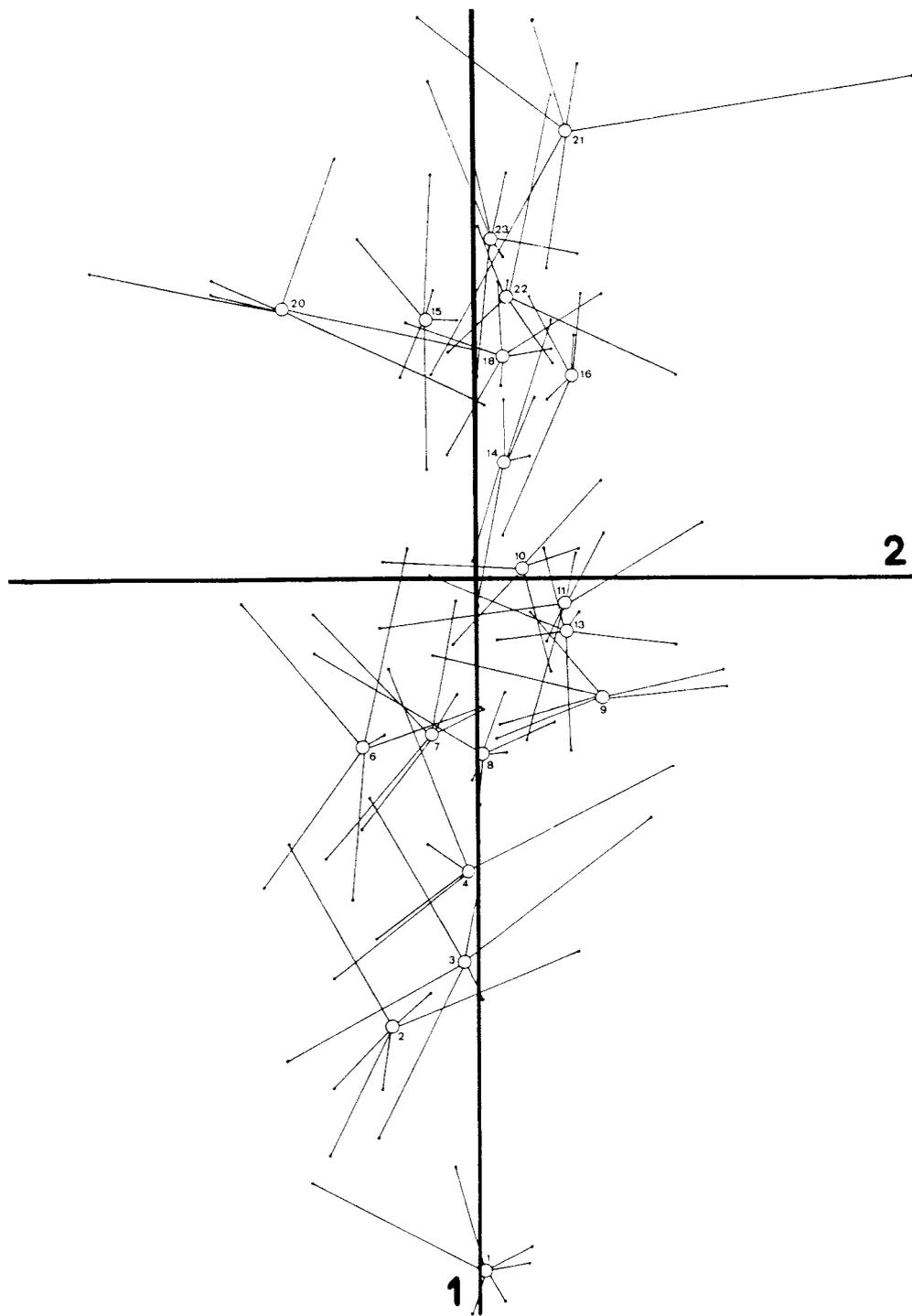


Figura 4.-Distribución de las estaciones de muestreo, según los datos físico-químicos sobre los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales.

Distribution of the sampling stations depending the physicochemical data, on the two first axis of the Principal Components Analysis.

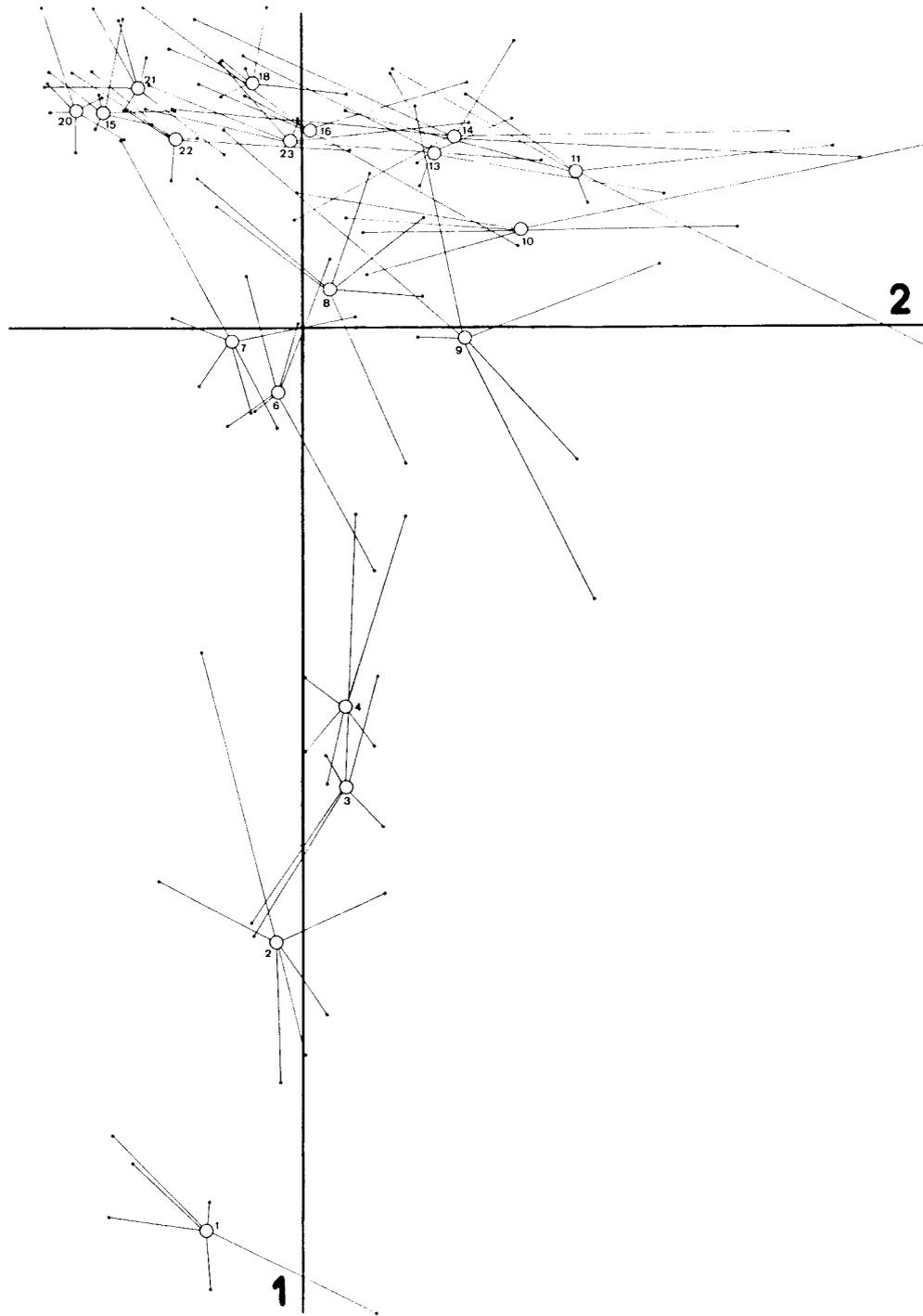


Figura 5.—Distribución de las estaciones de muestreo, según los datos biológicos, sobre los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales.

Distribution of the sampling stations depending the biological data, on the two first axis of the Principal Components Analysis.

|              | Comp. 1.º FQ  | Comp. 2.º FQ | Comp. 1.º B  | Comp. 2.º B   |
|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Comp. 1.º FQ |               | 0.19<br>(5%) | 0.82<br>(1%) | -0.08<br>(NS) |
| Comp. 2.º FQ | 0.19<br>(5%)  |              | 0.20<br>(5%) | 0.19<br>(5%)  |
| Comp. 1.º B  | 0.82<br>(1%)  | 0.20<br>(5%) |              | 0.00<br>(NS)  |
| Comp. 2.º B  | -0.08<br>(NS) | 0.19<br>(5%) | 0.00<br>(NS) |               |

Tabla 1.-Coeficientes de correlación entre los componentes de FQ y B; entre paréntesis figura el nivel de significación. (NS = No Significativo).  
Coefficients of correlation between the components of FQ and B; in brackets appears the level of significance. (NS = No Significative).

puede procederse del mismo modo que para la figura 4.

En cuanto a la variación temporal, expresada igualmente como en la figura 4 mediante seis líneas radiales (una por campaña de muestreo realizada o menos, en el caso de coincidencia entre campañas), que parten de cada círculo o estación de muestreo, ésta acusa una cierta direccionalidad preferencial interpretable según el propio significado de los ejes sobre los que ocurre la máxima variación. En las primeras estaciones de muestreo tiene un carácter netamente vertical (sobre el primer eje), observándose una incipiente tendencia hacia la dispersión horizontal, que ocurre bruscamente a partir de la estación n.º 9.

## DISCUSION

Las conclusiones que se deducen del presente trabajo giran fundamentalmente en torno a la utilidad de la técnica estadística aplicada sobre una serie de datos cualitativos del macrobentos del río Segre, complementada comparativamente con un tipo de información semejante obtenida a partir de datos físico-químicos. Todo y que no se aportan deducciones especialmente novedosas desde un punto de vista teórico, se ha conseguido poner de manifiesto de un modo pragmático, algunas consideraciones referidas a la caracterización fisionómica del río Segre a partir de los macroinvertebrados bentónicos, aspecto que mayoritariamente se ha planteado en sentido inverso, es decir, caracterizando los grupos del macrobentos a partir de los parámetros físico-descriptivos de un río, llegándose a unos resultados que coinciden básicamente con los obtenidos por Bounaud et al., (1980);

por otro lado, se ha reafirmado la valencia de algunos grupos del macrobentos en conjunto como indicadores no sólo de la calidad de las aguas (Ghetti & Bonazzi, 1981; Prat et al., 1983), sino de la calidad integral del medio que ocupan, la cual ha quedado reducida en su tipificación a la consideración de dos Únicos factores de variación, en este caso el gradiente longitudinal y los motivos de alteración locales (polución), consiguiéndose por ejemplo prescindir del factor «tiempo» que ha quedado enmascarado como elemento de organización de segundo orden dentro de las variaciones locales.

Si en la figura 3 se agrupan las unidades sistemáticas por Ordenes taxonómicos, cada grupo resalta uno u otro aspecto de la fisionomía del río. Los Tricópteros, por ejemplo, caracterizan ajustadamente los factores «velocidad de la corriente» y «tipo de sustrato» mediante el gradiente de familias establecido sobre el eje vertical, que sigue, en paralelo, a la variación de estos dos factores. Los Coleópteros, a través de sus tres familias consideradas, quedan dispuestos sobre una recta casi perfecta en diagonal a los dos ejes sobre la que se obtiene una división de unidades sistemáticas bastante semejante a la zonación deducida en un estudio de los macroinvertebrados bentónicos del río Segre (Palau & Palomes, 1986). Los Plecópteros y sobre todo los Efemerópteros, que en general presentan una distribución mas amplia, se proyectan sobre el semieje negativo del segundo componente en los puntos donde existe algún tipo de alteración, como por ejemplo, en los propios tramos superiores del río; la permanencia de Efemerópteros en la parte positiva del eje horizontal y del eje vertical, coordinado con la presencia incuestionable de polución en los tramos finales del río, da pie a dos posibles conclusiones no

excluyentes: o bien la polución es de una naturaleza asequible a los mecanismos de autodepuración del río, o bien los puntos de entrada de vertidos polucionantes están lo suficientemente distantes entre sí para permitir entre ellos una cierta recuperación del río, independientemente de que ésta sea o no suficiente. Los crustáceos, los Heterópteros, los Hidrácara y los Turbelarios informan de un modo general, de la importancia del desarrollo de vegetación acuática (macrofitos), del entretamiento de la velocidad y pérdida de turbulencia del agua, etc. Otros grupos como los Dípteros y muy posiblemente los Moluscos, aparecen insuficientemente definidos por falta de una mayor precisión sistemática.

La comparación entre la figura 4 y la 5, también fundamenta la validez de los macroinvertebrados bentónicos como elementos de juicio para la evaluación de la calidad de las aguas. En ambas figuras, a las que se hará referencia a partir de ahora mediante las siglas FQ (figura 4) y B (figura 5) para facilitar alusiones, el significado de los dos ejes no es idéntico pero sí homologable: en FQ el primer componente se refiere, fundamentalmente, a un efecto (la mineralización), mientras que en B es una causa (las características de variación longitudinal) y el segundo componente en FQ es una causa (la polución) y en B un efecto (la sensibilidad a la polución).

La distribución de las estaciones y por tanto su tipificación en cuanto a características fisionómicas y calidad del agua del río, es semejante en FQ y en B; sin embargo hay algunas semejanzas y diferencias interesantes de matizar.

El origen de coordenadas no es el mismo en ambas figuras; a diferencia de FQ en B este punto, que debe representar una división intuitiva del río, está entre las estaciones n.º 7 y n.º 8, precisamente donde se encuentra el embalse de Oliana que, sin duda, y por el simple efecto de la regulación de caudales debe considerarse como un punto de ruptura.

El aumento de homogeneidad o la pérdida de heterogeneidad esperables hacia la desembocadura, en la organización longitudinal del río, queda mucho mejor expresada mediante la distribución obtenida en B, con las estaciones de muestreo de la parte baja del río dispuestas en paralelo al segundo eje.

Ambas figuras coinciden en resaltar la importancia del significado del primer componente en el río Segre a través de la configuración predominantemente estratificada sobre el primer eje, de las dos nubes de puntos; sin embargo, mientras que en FQ la nube de puntos es más bien elíptica, en B adquiere una configuración de triángulo invertido induciendo así a pensar que la mayor variación sobre el segundo componente o dicho de otra forma, que las mayores alteraciones provocadas por la polución, ocurren en la parte final del río, lo cual es realmente cierto.

En cuanto a la distribución de las estaciones propiamente conviene resaltar, para poner en evidencia el valor restringido de algunos resultados físico-químicos como, algunas estaciones (n.º 18, n.º 21, n.º 22 y n.º 23) que aparecen en FQ entre las poco polucionadas debido a las elevadas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua registradas en ellas, cambian de cuadrante en B y aparecen junto con las más degradadas (n.º 15 y n.º 20). El hecho de que en estas estaciones la elevada concentración de oxígeno, habitualmente registrada, fuera producto de su eutrofia, no consigue «engañar» al macrobentos que sin duda es conocedor, entre otras cosas, del déficit de oxígeno que debe ocurrir durante la noche; en el mismo sentido, estaciones de muestreo como la n.º 14, que siempre se muestrearon a primera hora de la mañana, aún bajo los efectos del consumo nocturno de oxígeno, aparecen en FQ como en peor estado que en B.

Respecto a la variabilidad a lo largo del tiempo si para cada estación se suman las longitudes de los segmentos radiales que parten de ellas se obtiene que, en conjunto, la dispersión en FQ y B es similar; sin embargo, en FQ muy pocas estaciones muestran una dirección de variación preferencial.

Por último el cálculo de los coeficientes de correlación entre las coordenadas de las 19 estaciones de muestreo sobre cada uno de los cuatro componentes o ejes (dos de FQ y dos de B), se da en la tabla I. La matriz expuesta muestra como los coeficientes son positivos y significativos entre los dos pares de ejes homólogos (1º eje de FQ y 1º eje de B; 2º eje de FQ y 2º eje de B), confirmando la homologación propuesta entre ellos, así como su superponibilidad y posibilidad de complementación.

La correlación también se mantiene a un nivel de significación del 5% entre el 2º componente de FQ y el 1º de B, lo que puede interpretarse en base a la relación común existente entre la gradación de las características mesológicas y el incremento también longitudinal, de la carga de polución presente en el río, a través de parámetros físico-químicos tales como los relacionados con el grado de mineralización de las aguas, que aumenta paralelamente, aunque con distinta magnitud, tanto en el discurrir propio del río como a partir de la polución.

La ausencia de correlación entre el 1º componente del FQ y el segundo componente de B es deducible de la falta de causalidad directa entre el perfil físico-químico longitudinal del río y la respuesta (sensibilidad) de los macroinvertebrados bentónicos que integran tanto las características de variación longitudinal natural, como las definidas por los diferentes grados de alteración a los que está sometido el río Segre. En última instancia, es interesante notar la ausencia de correlación entre los dos ejes de B que si ocurre con FQ; ello sirve para ver cómo el macrobentos, por si

solo puede discriminar la polución aún cuando esta coincida con el gradiente natural del río, como en el caso del río Segre.

#### BIBLIOGRAFIA

**Bournaud, M.; Keck, G. & Richoux, P. 1980.** Les prelevements de Macroinvertèbres Benthiques en tant que revelateurs de la physionomie d'une rivière. *Annls. Limnol.* 16(1): 55-75.

**Ghetti, P.F. & Bonazzi, G. 1981.** I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. C.N.R. Roma. 175 pp.

**Knopp, H. 1955.** Grundsätzliches zur Frage biologischer Vorfluteruntersuchungen. erläutert an einem Gütelängsschnitt des Mains. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 22, 363-368.

**Margalef, R.; Planas, D.; Armengol, J.; Vidal, A.; Prat, N.; Guiset, A.; Toja, J. & Estrada, M. 1976.**

Limnología de los embalses españoles. Serv. Public. Direc. Gral. Obras Hidráulicas (M.O.P.). Madrid. 422 pp.

**Palau, A. & Palomes, A. 1986.** Diagnóstico Físico-Químico y Biológico del río Segre. Dpto. Ciencia del Suelo y Climatología. y Dpto. de Microbiología de la E.T.S.I.A. Lérida. 500 pp.

**Prat, N.; Puig, M.A.; González, G. 1983.** «Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Llobregat. II: El poblament faunistic i la seva relació amb la qualitat de les aigües». *Estudis i Monografies.* 9. Servei del Medi Ambient de la Diputació Provincial de Barcelona. 164 pp.

**Rodier, J. 1981.** Análisis de las aguas. Ed. Oniega. Barcelona. 1.059 pp.

**Vernaux, J.; Tuffery, G. 1967.** «Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques». *Annls. scient. Univ. Besançon. Zoologie.* 3. 79-90.