

LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS A LO LARGO DEL RIO LLOBREGAT.

Xavier Millet y Narcis Prat

Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona

Palabras Clave: Macroinvertebrate community, species clustering, river zonation

ABSTRACT

MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES ALONG THE LLOBREGAT RIVER

The macroinvertebrate species of the Llobregat river were studied at three different year periods (August 1979, december 1979 and april 1980). The relative abundances of species at 18 sampling sites were used to perform some comparisons. The sampling sites similarity indexes and the species distances were calculated and hierarchically clustered for each of the sampling seasons. A multivariate analysis was also carried out including all the information available.

The cluster analysis for the sampling sites yield the expected spring versus mouth organization, except for some neighbour permutations. The unique and clear alteration in the sites successive ordination was the station 2 in winter due to a pollution effect observed at this station in that period. Anyway, the general grouping in all the seasons can be summarised as follows: An upper group of sampling stations with low similarities, a medium group with the highest similarities (due to the presence of a reduced number of abundant species), and finally, the sites in the lower reaches. At the upper reaches the benthic fauna is diverse and composed by riverine species, in the central reaches the uniformization in macroinvertebrate fauna is produced by a moderate pollution and the scarcity of the fauna in lower sites is a result of the very high pollution.

Based on field observations and on the sorting experience, six groups of species were established in a cluster analysis. The results of species clustering yield some of the groups constant for the three different seasons. These correspond to the spring species, the central reaches species (inhabiting the central uniform zone) and the pollution resistant species (inhabiting the lower part of the river). Other groups are composed either by non significant species (mainly present in the tributaries) or species present in the upper reaches where the community structure is much more complex.

In the principal component analysis (PCA) the three first factors (accounting for 15.5%, 10.5% and 8% of the variance) were analyzed. The first factor is loaded by the abundant species in central reaches and the third one is loaded by the indicator species on any group.

According with this results we believe that neither a continuous model can be stated in the community structure along the river channel nor a discrete one. Although some continuous structure is notice in the upper reaches, in the central and lower part and also in spring zone defined communities can be distinguished. But these defined groups of species are produced either by disturbance introduced by man as pollution (in central and lower reaches) or by a great constancy in some abiotic factors (as temperature in the spring zone).

INTRODUCCION

El uso de macroinvertebrados para la tipificación de los rios (Illies & Botosaneanu, 1963) o para comprender su funcionalismo con respecto al flujo de energía en la cuenca sobre la que discurre el curso de agua (Cummins, 1979) ha mostrado el gran interés que presentan sus comunidades como indicadores globales del conjunto de características físico-químicas y biológicas que son propias de un

determinado tramo. Cada comunidad de animales que viven sobre las piedras en una zona del rio es el resultado de una selección de aquellos organismos capaces de vivir en unas determinadas condiciones en las que debemos incluir variaciones espaciales y temporales.

En la cuenca del río Llobregat conocíamos hasta este momento las condiciones abióticas del medio así como la composición general de la fauna pétrica por los resultados publicados sobre las muestras recogidas

Tabla I.- Situación de las localidades muestreadas en el eje del río. Los números entre paréntesis corresponden a la numeración de las estaciones en el trabajo de Prat. *et al.* (1982). Location of the sampling sites along the Llobregat river. The identification code of the sampling points in brackets refers to the paper of Prat *et al.* (1982).

ESTACION	ALTITUD (M)	AREA DE LA CUENCA (KM2)	DISTANCIA AL ORIGEN (KM)
1 (56)	1369	6,62	0,00
2 (57)	840	93,86	4,00
3 (54)	720	136,32	12,50
4 (53)	650	323,72	16,80
5 (60)	480	549,29	32,7
6 (52)	900	696,18	39,2
7 (67)	320	995,93	48,8
8 (68)	285	1019,62	56,3
9 (103)	225	1559,22	65,8
10 (102)	160	1179,00	79,8
11 (101)	150	3450,00	87,6
12 (97)	140	3490,00	91,10
13 (95)	80	3584,30	104,10
14 (94)	60	3709,76	119,10
15 (91)	45	4718,12	125,00
16 (90)	20	4904,68	135,00
17 (89)	10	4987,88	143,00
18 (106)	3	5003,88	149,90

en más de 70 puntos de muestreo durante cuatro épocas diferentes del año durante 1979 y 1980 (Prat *et al.* 1982, 1983a, 1983b). También conocíamos en el eje del río o para toda la cuenca la ecología particular de algunas especies o grupos de especies (Puig *et al.*, 1981; González *et al.* 1981).

En este trabajo se presentan datos acerca de la composición y tipología de las comunidades en el eje principal del río para lo que se utiliza las muestras recogidas durante septiembre y diciembre de 1979 y las de marzo de 1980. El interés máximo de este trabajo radica en la utilización de la mayoría de los taxones a nivel genérico o específico (incluyendo a los quironómidos) y el establecimiento de comunidades a través de diferentes métodos estadísticos.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el cauce principal que vertebra toda la cuenca del río Llobregat, el cual, nace en la sierra del Cadí a 1.600 m de altitud y recorre 150 Km. hasta llegar a la desembocadura en el Mediterráneo. En él se muestrearon 18 localidades distintas (fig. 1). La altitud de cada uno de los puntos, el área total de

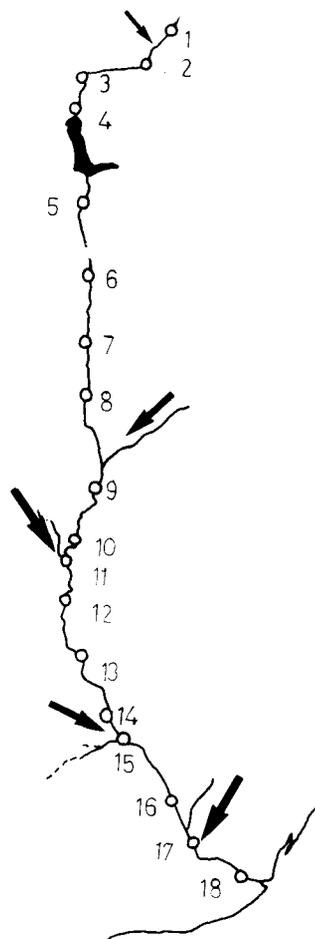


Figura 1 - Localización de los puntos de muestreo en el eje del río Llobregat. Las flechas señalan los puntos donde se realizan entradas importantes de contaminación.

Sampling sites in the Llobregat river. Arrows show the pollution inputs

cuenca hidrográfica y la distancia al punto anterior se reseñan en la Tabla I. La distancia entre puntos oscila entre los 4 y 15 Km. con una media de 8'50. Junto con la numeración correlativa de los puntos desde el nacimiento hasta el mar, se señalan entre paréntesis la numeración original respecto toda la cuenca, lo cual permite conocer detalles de las características de los puntos descritos (ver Prat *et al.*, 1982). Con una flecha se indican los puntos de los vertidos más importantes (fig. 1).

Las características físicas de la cuenca y su ubicación en una zona densamente poblada, son las causas que determina directamente las condiciones en que vivirán los organismos. Así, a menos de 20 Km. de las fuentes situadas en el macizo calizo del Cadí, el caudal

del río es regulado por el embalse de la Baells. Anteriormente, 10 Km. aguas arriba, se deja notar el efecto de una industria papelera.

Después del embalse, los principales aportes los producen algunas pequeñas poblaciones (Punto 52), aunque su efecto no es muy importante hasta la entrada de los principales afluentes, primero la Gabarresa y poco después el Cardener con los aportes de la ciudad de Manresa y las minas de potasas de Suria y Cardona. En esta zona del cauce ya son muy numerosas las represas que retienen y canalizan parte del caudal que utilizan las industrias textiles situadas a su ribera. A partir de la entrada del afluente más meridional, el Anoia, las condiciones de calidad del agua van disminuyendo y con la entrada de la riera de Rubí, fuertemente polucionada, la escasa fauna existente llega a desaparecer en los dos últimos puntos a pocos Kms. de la desembocadura.

MÉTODOS

La variedad de condiciones que presentan los ambientes fluviales dificulta el muestreo y especialmente su significación estadística. Se hace necesario reducir las fuentes de variación restringiendo el muestreo a un tipo de ambiente que nos permita una cierta uniformidad necesaria cuando interesa establecer comparaciones de tipo general. Las restricciones de muestreo preestablecidas nos limitan la muestra a un tipo de ambiente concreto y la dificultad de tomar réplicas exactas impide la referencia cuantitativa a un área. Las ventajas de este tipo de muestreo se cifran especialmente en una buena representación de todas las especies presentes en el tipo de ambiente seleccionado. En el caso en cuestión la selección del ambiente parece evidente ya que las zonas lóxicas de sustratos pedregosos son las más peculiares y características de los ríos, y además son las que presentan una fauna más diversa (muestreo estratificado en Resh, 1979).

Establecidas estas premisas en el muestreo, la recolección de muestras se hizo rascando las piedras y atrapado con la ayuda de una manga de 250 μm de poro todos los organismos. Una vez separadas las especies presentes en cada una de ellas se contabilizaron sus frecuencias relativas y se confeccionaron los inventarios.

El tratamiento estadístico de estos inventarios se realizó considerando cada muestra como una unidad a

tres niveles diferentes. 1) A nivel de semejanzas entre los inventarios obtenidos en cada punto en las tres épocas muestreadas. 2) A nivel de destacar las diferencias entre las especies presentes en los inventarios y para cada una de las épocas por separado 3) Por último a un nivel más global tomado el total de los 54 inventarios confeccionados en el conjunto de las tres campañas.

1.- Las afinidades entre inventarios por campañas se hizo por el cálculo de las similaridades entre las 18 estaciones de muestreo. El índice de similaridad utilizado es el de Steinhaus (también conocido como el de Motika) (Legendre & Legendre, 1979). Su idoneidad para las muestras que nosotros teníamos estriba en que establece valores de similaridad entre objetos de los cuales los valores de las variables son frecuencias, y en que no se consideran las dobles ausencias. Calculados los valores se agruparon las estaciones de forma jerárquica por el método del mínimo, máximo y media ponderada (UPGMA). Las agrupaciones más satisfactorias así como las correlaciones cofenéticas más altas se obtuvieron con el método de la media.

2.- En las agrupaciones de las especies los grupos se establecieron también de forma jerárquica siguiendo el método de la media ponderada (UPGMA) y para cada época de muestreo por separado. Estos grupos se formaron a partir de una matriz de distancias entre especies en que la distancia es el *arcoseno* de la correlación, que es la más adecuada para datos originales en frecuencias. Una consideración importante a tener presente cuando se establecen grupos es la relación que existe entre las variables a clasificar (especies) y el número de objetos (puntos de muestreo) ya que evidentemente los grupos de especies que podamos establecer tienen que ser siempre menor que el número de puntos.

3.- El otro método utilizado para establecer grupos de especies fue el análisis multivariante de componentes principales. En este caso se utilizó el total de los inventarios, 54, y un número inferior, 53, de especies seleccionadas como las más características entre todas las identificadas. Las abundancias relativas de cada una de las especies eran transformadas previamente al análisis en sus logaritmos.

La selección del índice de similaridad entre estaciones, la distancia calculada entre especies, el método de agrupación y el tipo de análisis multivariante empleados, se han realizado con los métodos descritos ya que con ellos se obtuvieron los

mejores resultados dentro de un grupo mucho más amplio de métodos y combinaciones de los mismos que se probaron.

RESULTADOS

1.- Grupos de estaciones. Estructura **longitudinal**,

Los tres dendrogramas resultantes de la agrupación de las localidades (fig. 2) presentan una imagen similar en las sucesivas épocas. A grandes rasgos distinguiremos tres grupos de localidades. Las localidades de la zona superior (estaciones 1 a 5), las de la zona central (estaciones 6 a 13) y las de la parte inferior (estaciones 14 a 18).

Las localidades que presentan valores de similitud más altos entre sí son las de la zona central (11 y 12 en verano y 9, 11 y 12 en primavera). En invierno las similitudes son en general más bajas y no superan en ningún caso el valor de 0,5 (máximo entre 14 y 16). No parece difícil interpretar esta diferencia ya que en esta época la actividad de los macroinvertebrados se minimiza ya que algunas especies o no se encontraron en el río o eran poco abundantes.

A su vez el dendrograma de la época de invierno es el único en el que la ordenación secuencial se trunca y aparece la localidad n^o 2 agrupada con las estaciones del tramo inferior (fig. 2).

Esta estación se ve afectada por los vertidos de una papelería lo cual parece incidir en la composición de la comunidad de macroinvertebrados especialmente en invierno (Diciembre de 1979) ya que podemos observar como la estación n^o 2 se agrupa junto a las de la parte inferior también polucionadas (fig. 2).

Para los otros dos dendrogramas la ordenación de puntos sigue la secuencia longitudinal con excepción de algunas permutaciones de estaciones contiguas o vicecontiguas.

En el grupo de la zona superior, puntos de la zona alta de la cuenca, presentan valores de similitud bajos. Todas las localidades se emplazan en tramos del río con poca identidad conjunta. En la estación n^o 5 la falta de semejanza con los puntos anteriores y posteriores viene reforzada por el efecto del embalse pocos kilómetros por encima de aquella.

El grupo central de estaciones, (de la 6 a la 13 inclusive) lo podemos dividir a su vez en dos. Los puntos 6, 7 y 8 se agrupan en verano con los cinco restantes reforzando el grupo de la zona central

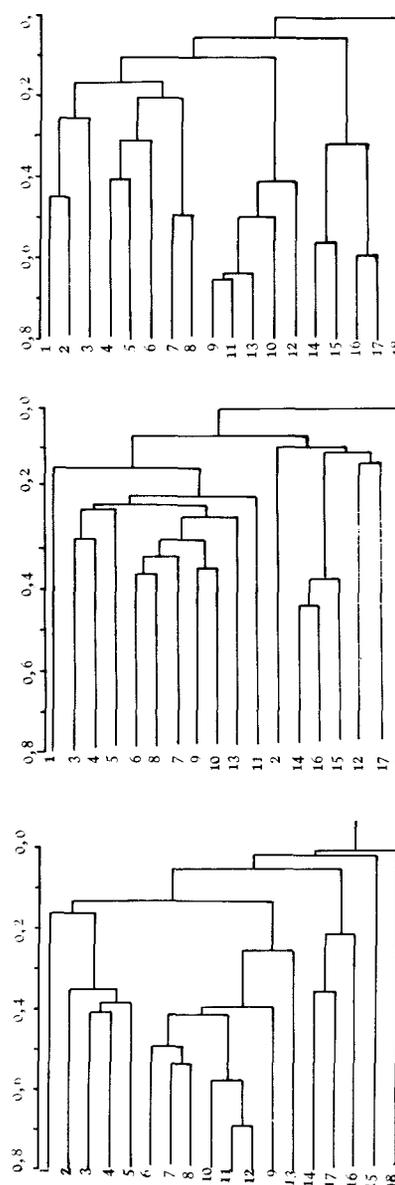


Figura 2.- Dendrogramas obtenidos para las agrupaciones jerárquicas de las localidades de muestreo. De abajo a arriba, verano (Agosto de 1979), invierno (Diciembre de 1979) y primavera (Abril de 1980). Clustering of sampling points. From top to bottom: summer (August, 1979); winter: (December 1979) and spring (April 1980).

mientras que en primavera pasan a formar parte del grupo de cabecera. Este grupo central siempre se asociará al de la parte superior antes que al de la parte inferior (fig. 2). Estas diferencias pueden dar idea del cambio global de las comunidades según las épocas del año.

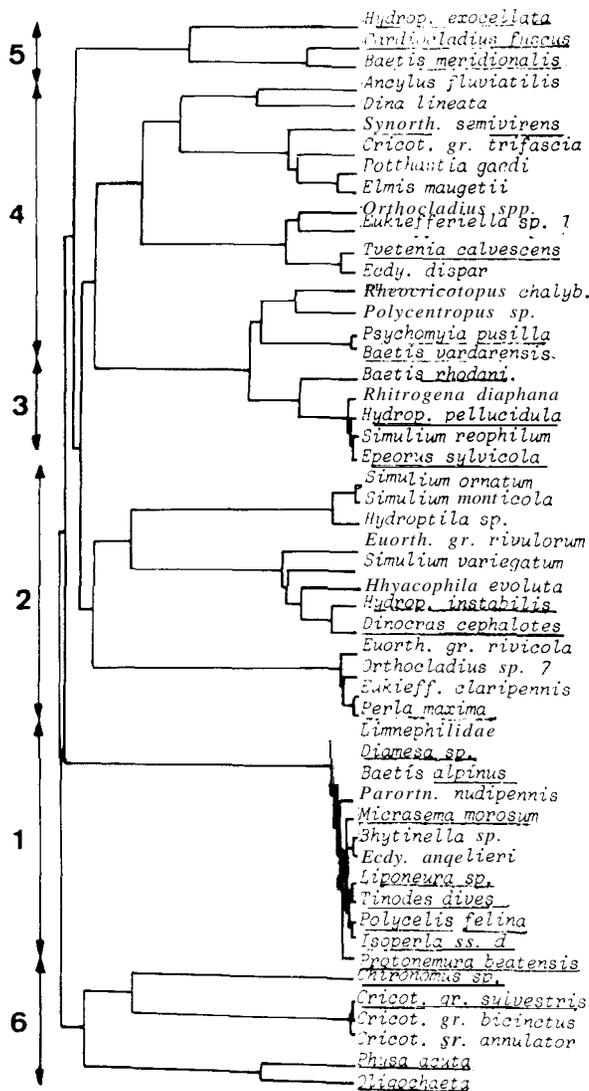


Figura 3.- Agrupaciones obtenidas para los inventarios de especies presentes en verano. Los números se refieren a los grupos de especies comentados en el texto. Subrayadas figuran las especies que son más características dentro de cada grupo tal como figuran en la tabla II. Clustering of species composition in summer. The number refers to the species groups (see the text), the characteristic species of each group are underlined (see also table II).

Los puntos que hemos considerado parte inferior (de nº 14 en adelante) también presentan valores de similitud bajos entre sí excepto en primavera (Abril 1980). Si recordamos lo que se ha comentado cuando se ha descrito las condiciones generales del eje principal del cauce del río Llobregat, y concretamente la importancia de los aportes contaminantes de estas zonas, éstos son los que generan diferencias tan notables en la fauna de puntos sucesivos lo que se traduce en índices de afinidad muy bajos.

Del análisis de los dendrogramas resultantes para las tres campañas podemos describir una estructura [secuencia] del eje del río Llobregat compuesta de tres o cuatro facies. La superior (puntos 1 a 5), la central superior donde las dimensiones del cauce aumentan y las condiciones se uniformizan (puntos 6 a 8), la faes central inferior (puntos 9 a 13) más uniforme y poco diversificada debido básicamente a aportes salinos y vertidos urbanos y finalmente la facies inferior (puntos 14 a 18) o zona de mayor stress por la mayor polución.

Las mayores similitudes se dan siempre en la zona intermedia de composición mas estable en las tres épocas diferentes. Las menores similitudes entre los puntos de la parte superior de la cuenca entre sí y entre estos y los de la parte inferior pueden atribuirse al efecto de la mayor importancia de factores locales (sustrato o temporalidad en las partes altas y polución en las partes bajas).

2.- Grupos de especies. Comunidades distinguibles con un método de ordenación jerárquica.

Las agrupaciones de especies se calcularon a partir de los 17 inventarios de cada una de las tres épocas por separado. Las especies o grupos localizados una única vez fueron omitidos cuando eran considerados como poco indicadores. Por ejemplo en el caso de los quironómidos las larvas de especies no identificadas, de escasa frecuencia y poco abundantes se omitieron. En las diferentes épocas de muestreo (Septiembre 79, Diciembre 79, Abril 80) se han utilizado las tablas de inventarios con 65, 54 y 70 especies respectivamente para establecer los grupos y una importante proporción de estas especies aunque agrupadas no pueden interpretarse de manera simple. Así los grupos que pueden delimitarse claramente son aquellos formados por especies indicadoras de condiciones concretas cuya asociación se mantiene para las tres épocas estudiadas. Con este criterio tres grupos aparecen como más claramente definidos: el de las especies que viven sólo cerca de la fuente (grupo 1) el de las especies abundantes en el cauce central (grupo 5) y el de las especies resistentes a la polución (grupo 6).

Los otros grupos (2, 3 y 4) que se han establecido en los dendrogramas (Figs. 3, 4 y 5) presentan unas variaciones mayores en las especies que las componen, variaciones que pueden entenderse como fluctuaciones estacionales en las distribuciones de las especies. Estos grupos, que los dendrogramas no permiten más que intuir, comprenden por una parte las especies que

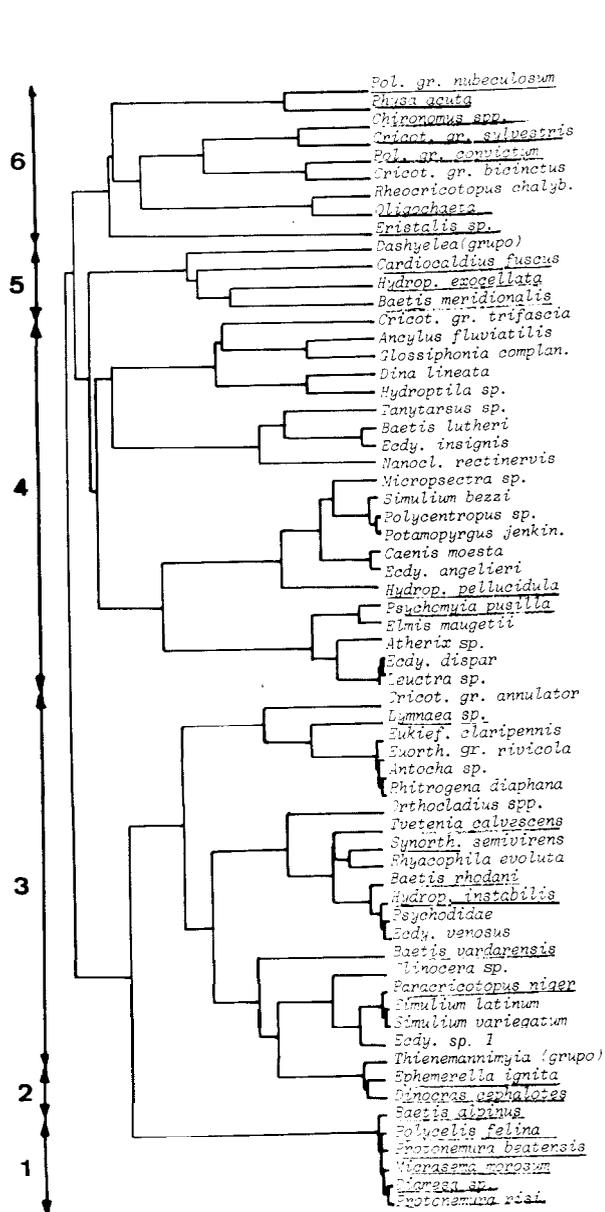


Figura 4.- Agrupaciones resultantes para los inventarios de las especies de invierno. Los números y el subrayado tienen el mismo sentido que en la figura 3.

Clustering of species composition in winter. The numbers and the underlined species as in fig. 3.

encontramos en la parte alta de la cuenca con una distribución más amplia aguas abajo (Grupo 2, especies de zonas de cabecera Figs. 3, 4 y 5) por otra las especies de la zona alta e intermedia con una distribución más amplia (Grupo 3, figs. 3, 4 y 5) y finalmente las especies presentes en pocas estaciones con una distribución amplia pero con frecuencias bajas (la ma-

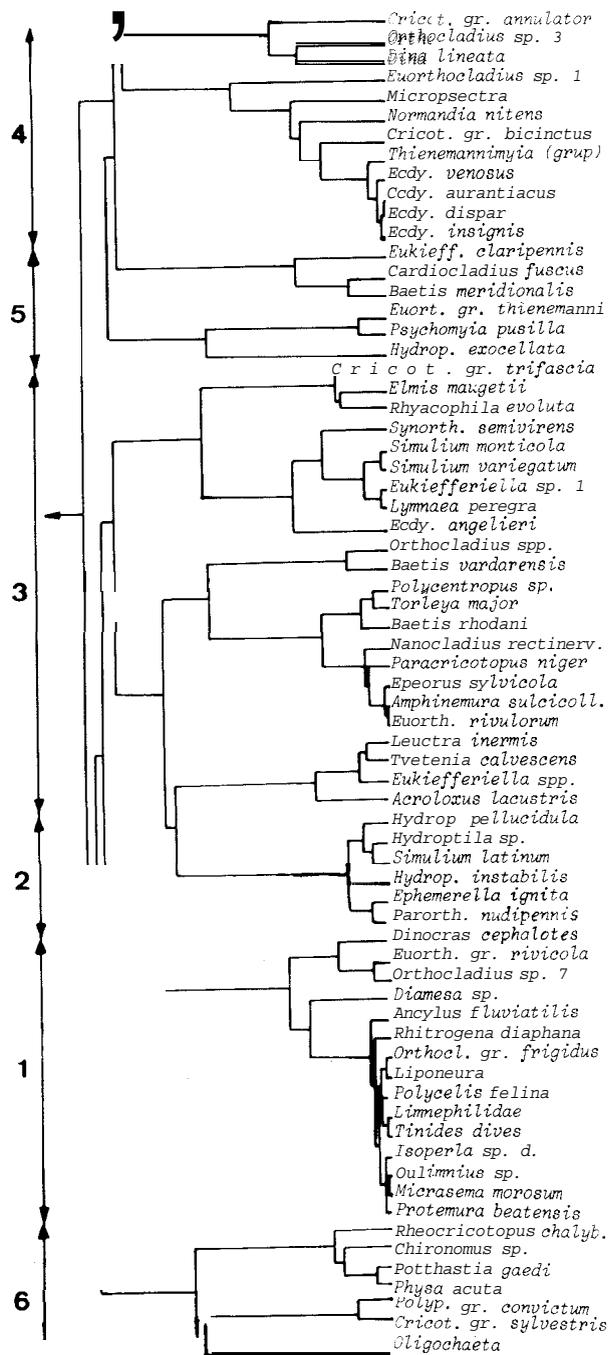


Figura 5.- Agrupaciones de especies obtenidas con los inventarios del eje del Llobregat para las muestras de primavera. Observese el mayor número de especies presentes. Se indican los grupos que se comentan en el texto aunque se ha omitido el subrayado para no complicar la figura. Compárese con la Tabla II.

Clustering of species composition in spring. Note more species were present at this time. Species groups are indicated (see also table II).

yoría de ellos depredadores) (Grupo 4, figs. 3, 4 y 5).

Está claro que estos grupos no son más que una

interpretación subjetiva de la ordenación que produce el dendrograma basado en el conocimiento de la autoecología de las diferentes especies. Un resumen de las especies características de cada grupo junto a una indicación de su importancia estacional] puede verse en la tabla II.

Las especies en los tramos altos y centrales del río las encontramos, casi siempre, con frecuencias relativas bajas y variando en su presencia de forma sucesiva y gradacional. Estas especies aparecen en los puntos de muestreo que presentan unos valores del índice de diversidad mayor (Prat, 1983 *et. al.*) y podríamos decir que es donde las comunidades presentan la reofilia más estricta.

Mientras que las condiciones más extremas (en la cabecera por el efecto de las temperaturas o en las partes bajas del río por el de la polución) seleccionan un grupo de especies características que se mantendrán a lo largo del año (grupos 1,5 y 6, tabla II y figs. 3 a 5), condiciones del medio más cercanas a media anual (temperatura, composición química, flujo ...) parecen generar comunidades con mayor riqueza específica en las que la presencia o la dominancia de determinadas especies se ve muy afectada por los cambios estacionales. Así en la zona central del río la mayoría de especies características se hallan bien distribuidas pero su fluctuación de arriba abajo es importante. Esto se ve reflejado en las variaciones en los grupos definidos en esta zona del río (Grupos 2 y 3, tabla II).

3.- Uso del análisis multivariante en la generación de comunidades.

Paralelamente a las agrupaciones obtenidas a partir de los inventarios y resumidas en los dendrogramas (Figs. 3, 4 y 5), se tomaron los tres inventarios como uno a fin de disponer de suficiente información para efectuar una aproximación multivariante con un número de especies que fuera lo más representativo posible. Las especies seleccionadas se presentan en la Tabla III con un número identificador que corresponde al de la figura 6. En esta figura se indica con un signo la pertenencia de cada especie a uno de los 6 grupos definidos en el apartado anterior.

La interpretación de los tres primeros ejes del análisis de componentes principales efectuado recoge un total del 43% de la varianza. El primer eje explica el 15,5% de la varianza y sobre él cargan principalmente especies de la zona alta y de la central superior como *Rhyacophila evoluta* (nº 27), *Elmis*

Tabla II.- Especies características de los grupos definidos en las agrupaciones.

Characteristic species of the species-groups defined by the similarity index (see also figs. 3, 4 and 5).

CON CARACTER PERMANENTE	CON CARACTER ESTACIONAL
GRUPO I (Especies localizadas sólo o preferentemente en la estación 1 o sea cerca de las fuentes del Llobregat).	
<i>Protonemura beatensis</i>	<i>Tinoder dives</i>
<i>Polycelis felina</i>	<i>Protonemura risi</i>
<i>Isoperla rp.</i>	<i>Blepharoceridae</i>
<i>Baetis alpinus</i>	
<i>Micrasema morosum</i>	
<i>Diamesa spp</i>	
GRUPO II (Especies de la zona de cabecera).	
<i>Dinocras cephalotes</i>	<i>Ephemera ignita</i>
	<i>Perla maxima</i>
	<i>Hydropsyche instabilis</i>
GRUPO III (Especies de la zona intermedia, antes de la polución salina).	
<i>Baetis rhodani</i>	<i>Hydropsyche pellucidula</i>
<i>Lymnaea peregra</i>	<i>Paracricotopus niger</i>
	<i>Baetis vardarensis</i>
	<i>Synorthocladius semivirens</i>
	<i>Tvetenia calvescens</i>
	<i>Epeorus sylvicola</i>
GRUPO IV (Especies poco frecuentes de distribución amplia, incluyendo a muchos depredadores y otras especies frecuentes en los afluentes del río pero poco abundantes en el eje central del mismo)	
GRUPO V (Especies de la zona central con polución salina y vertidos urbanos e industriales importantes)	
<i>Baetis meridionalis</i>	<i>Psychomyia pusilla</i>
<i>Hydropsyche exocellata</i>	
<i>Cardiocladius fuscus</i>	
GRUPO VI (Especies de la zona baja con mucha polución en el agua).	
Tubificidae	<i>Eristalis rpp.</i>
<i>Physa acuta</i>	<i>Polypedilum gr. convictum</i>
<i>Chironomus rpp.</i>	
<i>Cricotopus gr. sylvestris</i>	

maugeti (nº 26), *Baetis vardarensis* (nº 14) y de forma negativa algunas especies de quironómidos (nº 44-49) y un molusco (nº 53) *Physa acuta*. El segundo eje explica el 10,5% de la varianza total y también está forzado por dos grupos de especies que ya se han mencionado. Positivamente las especies abundantes

Tabla III.- Especies usadas en el análisis de componentes principales, el número corresponde al de la figura 6.

Species used in the principal component analysis (PCA). The identification number is the same as in fig. 6.

1- <i>Polycelis felina</i>	30- <i>Simulium</i> (S.) <i>monticola</i>
2- <i>Oligochaeta</i>	31- <i>Diamesa</i> spp.
3- <i>Dinu lineata</i>	32- <i>Cardiocladius fuscus</i>
4- <i>Protonemura beatensis</i>	33- <i>Tvetenia calvescens</i>
6- <i>Dinocras cephalotes</i>	34- <i>Eukiefferiella</i> sp. 1
8- <i>Rhithrogena diaphana</i>	35- <i>Eukiefferiella claripennis</i>
9- <i>Ecdyonurus angelieri</i>	36- <i>Nanocladius rectinervis</i>
10- <i>Ecdyonurus dispar</i>	37- <i>Parorthocladius nudipennis</i>
11- <i>Ecdyonurus insignis</i>	38- <i>Synorthocladius semivirens</i>
13- <i>Baetis rhodani</i>	39- <i>Paracricotopus niger</i>
14- <i>Baetis vardarensis</i>	40- <i>Rheocricotopus chalybeatus</i>
15- <i>Baetis meridionalis</i>	41- <i>Cricotopus</i> (C.) gr. <i>annulator</i>
16- <i>Ephemera ignita</i>	42- <i>Cricotopus</i> (C.) gr. <i>bicinctus</i>
17- <i>Rhyacophila evoluta</i>	43- <i>Cricotopus</i> (C.) gr. <i>trifascia</i>
18- <i>Hydroptila</i> spp.	44- <i>Cricotopus</i> (<i>Isocladius</i>) gr. <i>sylvestris</i>
19- <i>Psychomyia pusilla</i>	45- <i>Orthocladius</i> (<i>Euorthocladius</i>)
21- <i>Polycentropus flavomaculatus</i>	gr. <i>rivulorum</i>
22- <i>Hydropsyche instabilis</i>	47- <i>Orthocladius</i> (<i>Orthocladius</i>) spp.
23- <i>Hydropsyche pellucidula</i>	48- <i>Polypedilum</i> gr. <i>convictum</i>
24- <i>Hydropsyche exocellata</i>	49- <i>Chironomus</i> spp.
26- <i>Elmis maugeti</i>	50- <i>Micropsectra</i> spp.
27- <i>Liponeura</i> sp	51- <i>Ancylus fluvialis</i>
28- <i>Simulium</i> (<i>Odag.</i>) <i>ornatum</i>	52- <i>Lymnaea peregrina</i>
29- <i>Simulium</i> (S.) <i>variegatum</i>	53- <i>Physa acuta</i>

en el tramo central (grupo 5 de los dendrogramas de las figs. 3, 4 y 5) y cargando negativamente todas las especies del nacimiento del río (grupo 1 en aquellas figuras). El tercer factor explica el 8% de la varianza total y en él cargan una pléyade de especies destacando la importancia de las especies del nacimiento y de las especies de la zona baja y polucionada. Con un rango menor también cargan positivamente en este eje las especies de la zona salina central (grupo 5 en la agrupación de especies). El sentido de este eje queda más claro cuando tomamos en consideración todas aquellas especies que son neutras para el mismo que son precisamente las del grupo de amplia distribución (Grupo 4). Todas o la inmensa mayoría de las especies que cargan en este tercer factor son aquellas que denominaríamos indicadoras, y las más importantes en este sentido son las especies que aparecen en condiciones extremas tanto en las fuentes del nacimiento como en las partes más bajas fuertemente polucionadas (grupos 1 y 6).

Los grupos de especies que ya se habían conseguido establecer para cada época en los dendrogramas aparecen por ello aquí también delimitados; la dificultad

persiste en la diferenciación de las especies de la zona alta e intermedia de las especies de amplia distribución (los grupos 2, 3 y 4 fig. 6). Los scores para cada eje estimados en este modelo factorial (fig. 7) han sido representados sobre las localidades con sus valores en intervalos lo que permite comprender de forma sinóptica la estructura de las comunidades a lo largo del río. La primera fuente de variación viene dada por la gradación longitudinal del río de las partes altas a las bajas (factor I). Las tres primeras estaciones, una vez el río ya tiene una cierta entidad, se contraponen a las medio-inferiores (sometidas a un cierto stress) y los inferiores (con mucha alteración). Estamos describiendo la oposición más clara a lo largo de un cauce: nacimiento/desembocadura agrandado por el aumento de la polución aguas abajo. El segundo factor es el negativo del primero (fig. 7), valores negativos tanto en las estaciones iniciales como en las inferiores y valores positivos en la zona superior central. Esta imagen refleja donde las comunidades son más ricas; los lugares donde las condiciones para el establecimiento de una comunidad diversa sobre las piedras son las mejores.

El tercer factor nos muestra las localidades donde el número de especies más indicadoras de condiciones concretas es mayor. En las fuentes, después del embalse y en las estaciones de la parte inferior castigadas por la polución. Como ya se ha señalado anteriormente en el nacimiento las condiciones peculiares (especialmente la constancia térmica, todo el año alrededor de 10°C) permiten que aparezca determinadas especies características, que en los dendrogramas formaban el grupo de especies de cabecera (Grupo 1, figs. 3, 4 y 5). El efecto del embalse produce un cambio cualitativo en las comunidades con especies que ya no encontraremos aguas abajo. La paulatina carga de aportes que sufren las aguas del río producen, especialmente a partir de la entrada del río Anoia, la sucesiva simplificación de la comunidad de macroinvertebrados con la presencia tan sólo de unas pocas especies indicadoras.

El análisis de componentes pone de manifiesto una característica peculiar de las comunidades de los animales de los cauces fluviales. Si no consideramos los casos extremos (nacimiento y zona baja polucionada) nos encontraremos con importantes dificultades para establecer grupos de especies en las sucesivas zonas del cauce. En condiciones ambientales sin alteraciones provocadas por el hombre la distribución de las especies, sigue un continuo y la suplantación es paula-

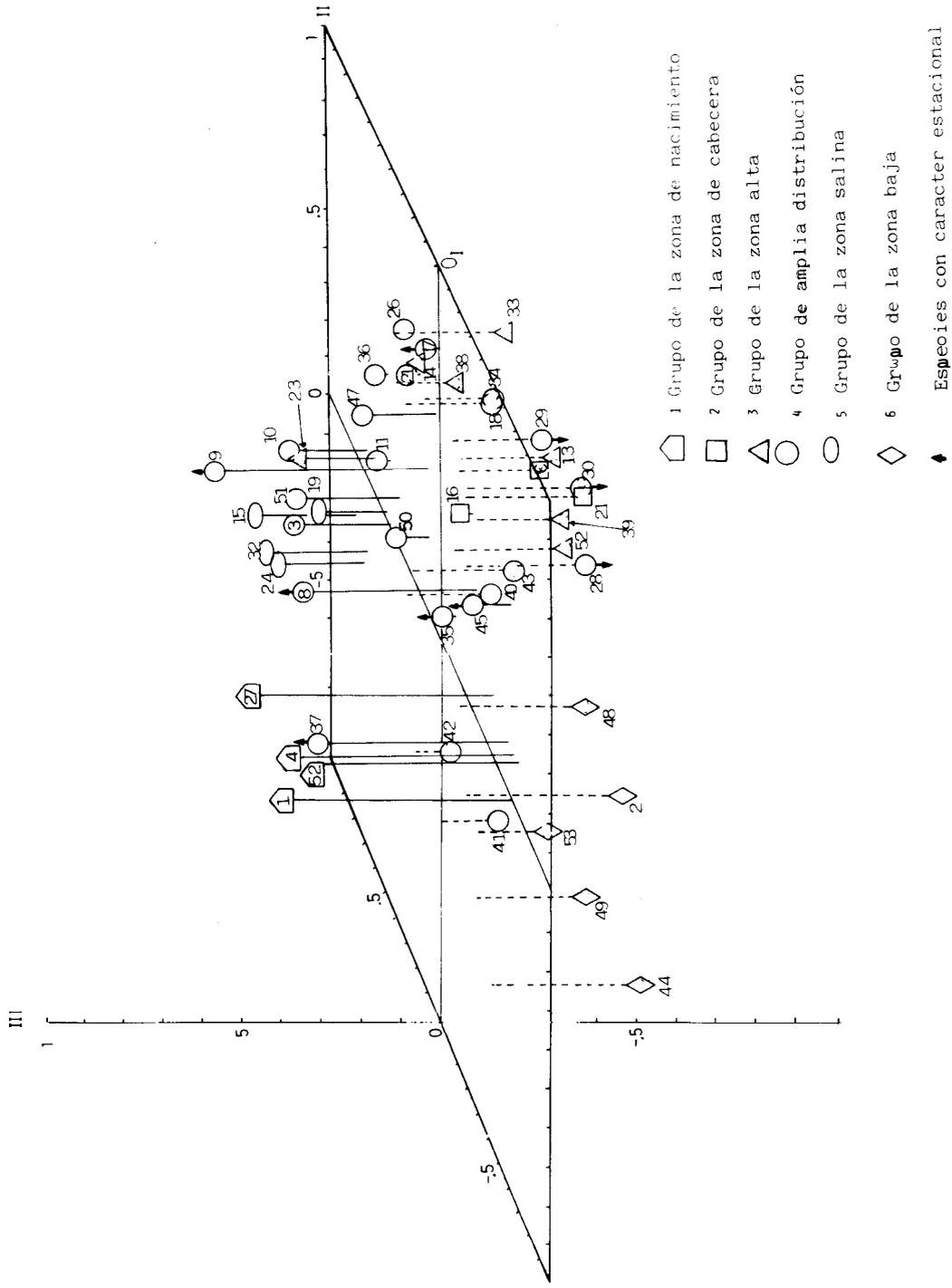


Figura 6.- Representación de la situación de las especies en el espacio definido por los tres primeros ejes del análisis de componentes principales. El número corresponde al de las especies detalladas en la tabla III. La pertenencia de cada especie a alguno de los seis grupos definidos en la agrupación específica (ver Tabla II) se señala también como un signo diferente para cada grupo.
 Species situation in the space of the first three axis of the PCA. Numbers refer to the species as indicated in Table III. The six species groups indicated with a different mark. Each species has a mark corresponding to its group.

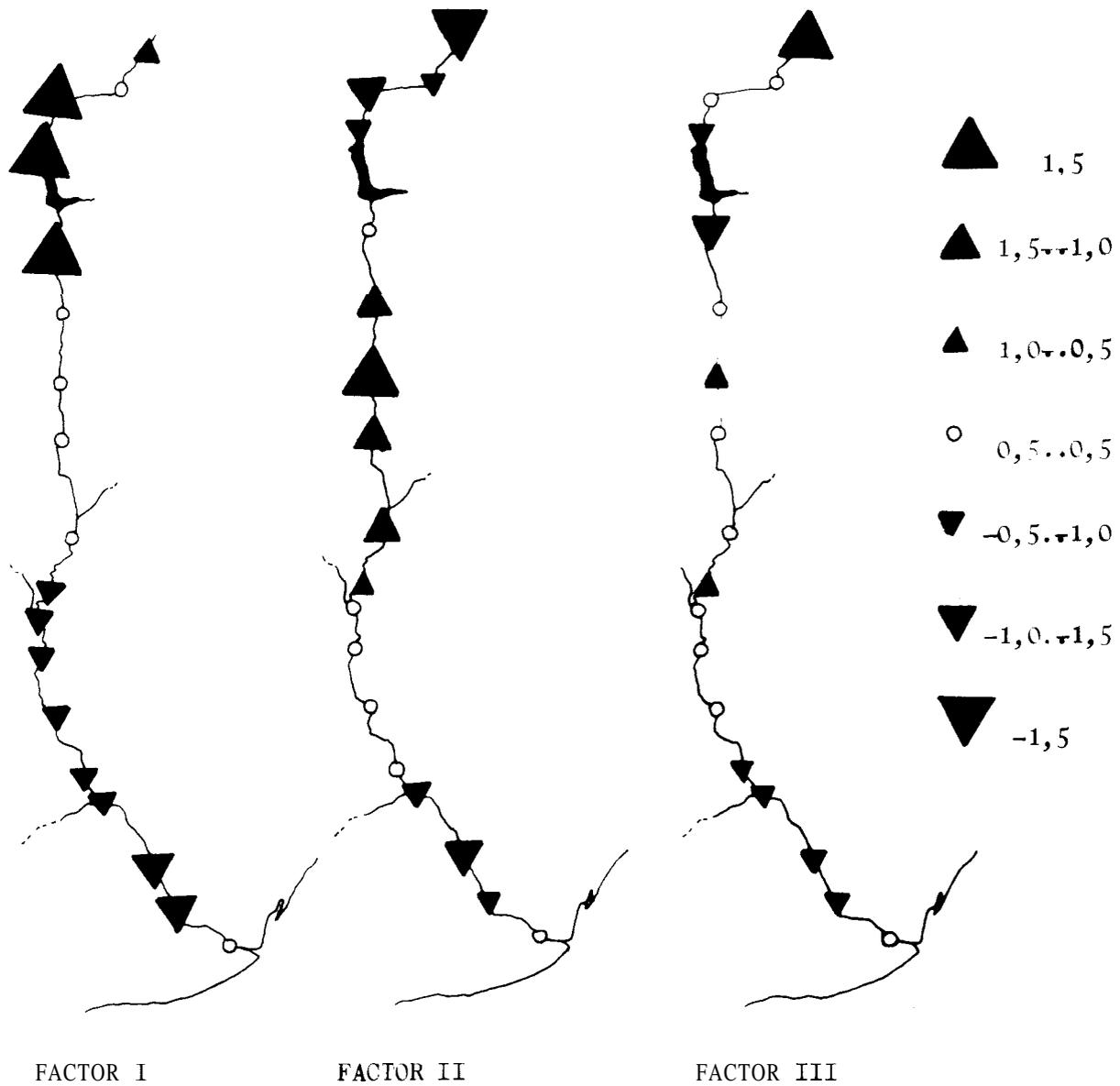


Figura 7.- Representación por intervalos y para cada punto de muestreo de los "scores" calculados para cada uno de los tres primeros ejes del análisis de componentes principales cuya significación se comenta en el texto.
Factor score for each of the first three principal components in each sampling point. Scores are arranged in intervals.

tina (Vannote *et al.* 1981). Bajo este esquema la delimitación de fronteras es imposible, y en la representación se destaca un ligamiento entre especies que describe el efecto de continuo que existe en la muestras.

Este efecto de continuo es más obvio en la zona

superior del río que no en la central, en la inferior o cerca de la fuente donde las comunidades y la importancia relativa de las especies es más uniforme en el tiempo y el espacio; lo cual, podría dar lugar a la distinción de comunidades características de tramos relativamente amplios del río en concordancia con la idea

de Illies & Botosaneanu (1963) tal como las hemos descrito en otro trabajo (Prat, en prensa).

CONCLUSIONES

La delimitación de comunidades y la posibilidad de su discretización a lo largo del río en unidades características o su distribución en continuo es un tema de fuerte controversia en limnología desde los trabajos de Illies (1952) y Illies & Botosaneanu (1963) hasta los más recientes de Vanotte *et al.* (1981). Se ha afirmado que la presencia de comunidades concretas y separables son tan sólo un reflejo de la fuerte alteración de las comunidades (Hawkes, 1975), y que en ríos absolutamente desprovistos de la acción de perturbación humana no existe posibilidad de encontrar grupos discretos utilizando la metodología de Illies, mientras que se puede hallar una buena respuesta a la distribución gradual de las diferentes especies aplicando las ideas del río como un continuo (Vanotte *et al.* 1981, Cummins, 1979) siempre que se considere éste como un "continuo funcional" (Margalef, 1983).

Dentro de este contexto, los resultados que hemos expuesto, confirman la importancia de las perturbaciones externas como creadoras de comunidades más claramente distinguibles. Pero estas comunidades pueden distinguirse también como consecuencia de condiciones naturales extremas (las fuentes del Llobregat en este caso, estación 1). Todo ello hace que resulte relativamente fácil separar las estaciones de la parte alta y baja por las diferentes comunidades que existen (grupos 1, 5 y 6 de las figs. 3 a 5).

Por otro lado la imagen del río como un continuo funcional nos la encontramos a lo largo de la zona central y superior (estaciones 4 a 7). Aquí la situación es mucho más confusa cuando pretendemos establecer diferencias. Los grupos que "a priori" podemos establecer tienen pocas especies que se mantengan en él en las tres épocas, tal como puede observarse en la tabla 2 y en las figs. 3 y 4.

Cuando tratamos toda la información en conjunto (análisis de componentes, fig. 6) los grupos extremos se mantienen, y según la dimensión se aproximan, mientras que sigue siendo difícil distinguir zonas en la parte central del río (estaciones 4 a 7). El efecto del continuo queda reflejado en el conjunto del análisis por la sucesión paulatina dentro del espacio de los tres

ejes, de las especies que lo constituyen (fig. 6). La delimitación en el espacio de estos tres grupos queda reducida a tres zonas del cauce: la cabecera, la zona central del continuo y la inferior de uniformización, como reflejan los "scores" calculados en el análisis.

Como conclusión, en el Llobregat mediante la aplicación de algunas técnicas estadísticas a inventarios cuyos datos son frecuencias relativas, también pueden diferenciarse comunidades a lo largo del eje que en suma coinciden con aquellas que por métodos más sencillos (ej. Illies, 1952; Prat en prensa) también pueden visualizarse. Las zonas más problemáticas de definir son las mismas en todas las metodologías. El origen de las fronteras en el Llobregat es producto de la acción del hombre (presas, polución) pero cabe preguntarse si en algunos ríos donde existan condiciones cambiantes en espacios reducidos (cambios de pendientes, afluentes de diferente naturaleza que se juntan) no habrá también cambios naturales del continuo (de un continuo a otro) con sustitución rápida (en pocos kilómetros) de unas especies por otras. Este es un aspecto poco estudiado por aquellos que en estos últimos años abogan por la teoría del río como un continuo aunque la comparación de ríos similares en áreas geográficas algo diferentes está arrojando bastante luz sobre ello; especialmente cuando se conoce el flujo de energía (Minshall *et al.* 1983). Sin embargo, aun en estos casos bien conocidos, la presencia de afluentes importantes introduce perturbaciones en la composición de la comunidad de macroinvertebrados que en ocasiones van en sentido contrario a la predicción de la teoría del río como un continuo y tienen que ver con el tipo de transporte de material particulado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se podría haber realizado sin la intervención decisiva en la toma, separación, conteo y clasificación de los organismos de M. Angels Puig y Gloria González a quienes agradecemos asimismo sus comentarios y ayuda de todo tipo.

BIBLIOGRAFIA

- Cummins, K.W. 1979. The natural stream ecosystem. In: J. V. Ward & J. V. Stanford (eds.): *The ecology of regulated streams*. pags: 7-24. Plenum press.
- Gonzalez, G.; Puig, M. A.; Tort, M. J. & Prat, N. 1981. Distribución de *Potamopyrgus jenkinsii* Smith (Gastropoda,

Hydrobiidae) en la cuenca de los rios Besós y Llobregat. (NE. España). *Iberus*, 1: 61-66.

Gonzalez, G.; Millet, X.; Puig, M.A. & Prat, N. (en prensa) Patterns of macroinvertebrate distributions in the Llobregat river basin. *Verh. int. verein. Limnol.*, 23

Hawkes, H. A. 1975. River zonation and classification. In: B. A. Whitton (ed.). *River Ecology*. pags.: 313-374. Blackwell: Oxford.

Illies, J. 1952. *Die Molle*. Faunistisch-okologische Untersuchungen an einen Forellenbach im Lipper Bergland. *Arch Hydrobiol.* 46: 424-612

Illies J. & Botosaneanu, L., 1963. Problemes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt int. verein. Limnol.*, 12: 1-57.

Legendre, & Legendre, P. 1979. *Ecologie numérique*. Masson-Paris.

Margalef, R. 1983. *Limnologia Omega*. Barcelona

Minshall, G.W.; Petersen, **R.C.**; Cummins, K.W.; Bott, T.L.; Sedell, J.R.; Cushing, C.E. & **Vannote, R.L.** 1983. Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics *Ecol Monographs*, 51: 1-25

Prat, N.; Puig, M.A.; **González, G.** & Tort, M.J. 1982. Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Llobregat i Besós. I. Els Factors físics i químics del medi. *Monografies*. 6:1-206. Servei del Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.

Prat, **N.**; Puig, M. A. & González, G. 1983. Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besos i Llobregat. II. El poblament faunistic i la seva relació amb la qualitat de les aigües. *Monografies*, 9: 1-164 Servei del Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. Prat, **N.**; González, G.; Millet, X. & Puig, M. A. 1983. Chironomid longitudinal distribution and macroinvertebrate diversity along the river Llobregat (NE Spain). *Mem. Amer. Ent. Soc.*, 14: 267-278.

Prat, N. (en prensa). Los rios Curso Fundamentos de Limnologia Murcia. Abril 1983.

Prat, N.; Puig, M.A.; González, G.; Tort, M.J. & Estrada, M. 1983. The Llobregat: A mediterranean river fed by the Pyrenées. In: *The ecology of european rivers*. B A. Whitton (ed.). *Studies in ecology*. pags. 527-552. Blackwell.

Puig, M. A.; **Bautista, M.I.**; Tort, M.J. & Prat, N. 1981. Les larves de trichopteres de la riviere Llobregat (Catalogne, Espagne). *Distriburion longitudinale et relation avec la qualité de l'eau*. *Series Entomológica*, 20: 303-309. Dr.W Junk publish.

Resh, **V.H.** 1979. *Sampling variability and the life story features: basic considerations in the design of aquatic insect studies*. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 290-311.

Vannote, R.L.; **Mishall, G.M.**; **Cummins, K.W.**; **Sedell, J.R.** & Cushing, C.E. 1981. The river continuum concept. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.