

## TÉCNICA DE ANÁLISIS DIRECTA DE GRADIENTE EN LA ORDENACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROBENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO TUA

A. Monzón, R.M. Vítor Cortes, T. de Koe & L.H. Melo de Carvalho  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 5000 Vila Real. Portugal.

---

### RESUM

Amb aquest estudi es pretén caracteritzar l'estructura biotipològica del riu Tua (NE Portugal) com també detectar l'efecte que produeixen certs efluentes orgànics i miners sobre les biocenosis aquàtiques.

A través de l'anàlisi de correspondències canònica, es conclou que el conjunt de sals en dissolució, l'ordre i, en menor grau, el pH, MO i O<sub>2</sub> dissolt, són els paràmetres abiòtics que més contribueixen en l'explicació dels canvis estructurals de la comunitat del macrobentos, amb estructura tipològica especialment demarcada en el període estival.

Aquesta anàlisi va permetre únicament reconèixer un grup d'espècies associades a la successió longitudinal i a l'eutrofització, però així, en relació amb la contaminació minera, tot i que les evidències eren d'una reducció en la densitat d'espècies, per la qual cosa es suggereix en aquests casos un enfocament de tipus funcional.

### RESUMEN

Con este estudio se pretende caracterizar la estructura biotipológica del río Tua (NE Portugal) así como detectar el efecto que producen ciertos efluentes orgánicos y mineros sobre las biocenosis acuáticas.

A través del análisis de correspondencias canónico, se concluye que el conjunto de sales disueltas, el orden y, en menor grado, el pH, MO y O<sub>2</sub> disuelto, son los parámetros abióticos que más contribuyen en la explicación de los cambios estructurales acaecidos dentro de la comunidad del macrobentos, cuya estructura tipológica fue especialmente demarcada en el período estival.

Este análisis permitió únicamente reconocer un grupo de especies asociado a la sucesión longitudinal y a la eutrofización, pero así, en relación a la contaminación minera, a pesar de evidenciarse una reducción en la densidad de especies, por lo que se sugiere en estos casos un enfoque de tipo funcional.

### ABSTRACT

The purpose of the present study is the biotipological characterization of Tua river (NE Portugal) and the assessment of several disturbance phenomena, like entrophication and mining on the biocenosis.

Using canonical correspondence analysis (C.C.A.), we concluded that total dissolved salts, order and, into a less degree, pH, MO and OD, were the abiotic parameters that influenced

in a higher extent the benthic community organization. Its biotipology is specially obvious during summertime.

CCA, allows us to define groups of species associated with longitudinal succession and, as well, with sewage discharge, but the same cannot be applied to the effects of mineral pollution, which probably can be better evaluated by functional parameters.

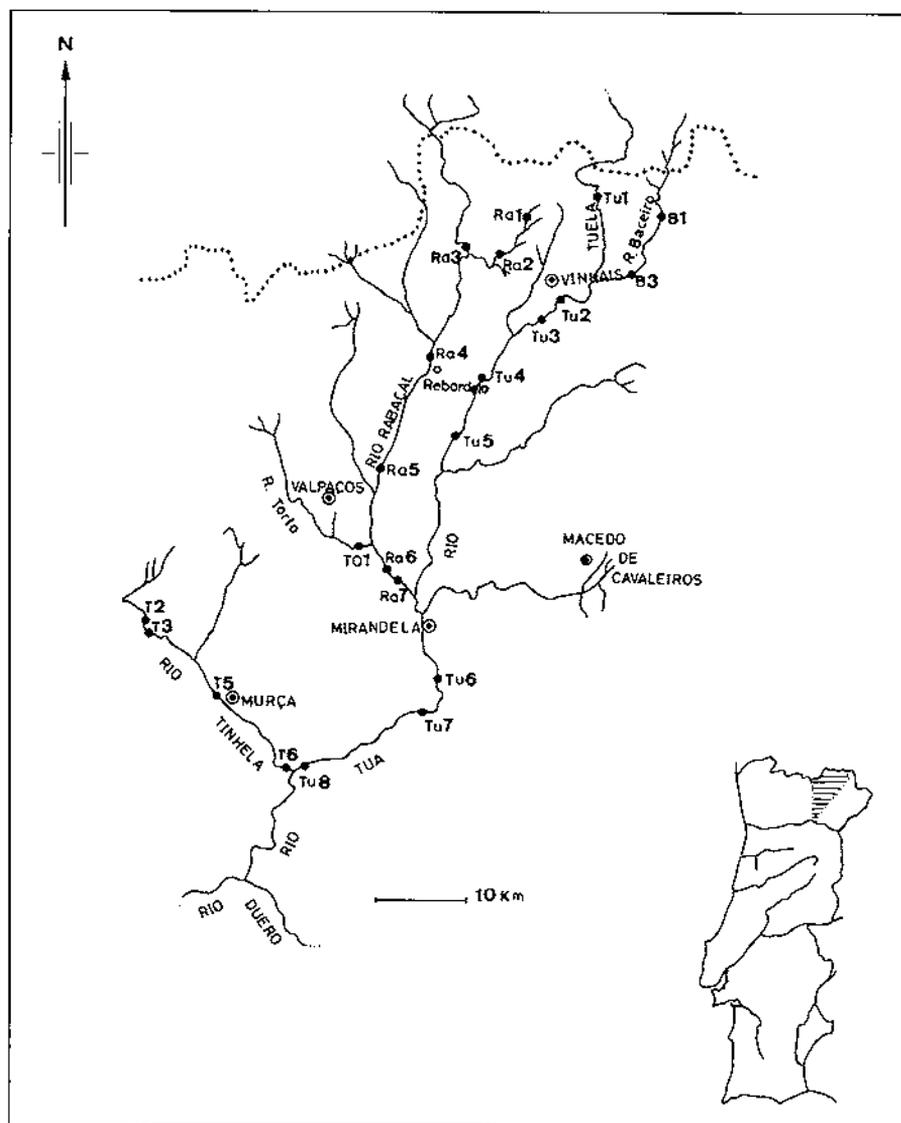


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se presenta como una primera aproximación a la estructura biotipológica de la cuenca perteneciente al río Tua, con una extensión aproximada de 3798 Km<sup>2</sup>, empleándose como sensor al macrobentos fluvial.

El área de estudio se localiza en la región de Trás-os-Montes (NE Portugal) de escaso desarrollo industrial y baja densidad poblacional, lo que le confiere un gran interés desde el punto de vista limnológico.

El régimen hidrológico sigue las pautas de precipitación, observándose un máximo de caudal durante los meses de invierno y un mínimo hacia finales de septiembre.

El sustrato dominante corresponde a rocas metamórficas (pizarras pertenecientes al paleozoico, con algunos núcleos ígneos (granitos) en sus bordes y un conjunto de rocas básicas-ultrabásicas localizadas en la cabecera (NE), todos ellos, en general, de escaso aporte potencial de iones.

Entre los focos de perturbación que inciden sobre los diferentes cursos de agua destacamos: la explotación minera de Jales (T3); la piscifactoría instalada en Ba-ceiro (B3); el complejo agroindustrial de Cachao (TU7); y los vertidos efectuados en la elaboración de aceites, con especial incidencia en el área de Valpaços (TOI).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Desde agosto de 1987 hasta junio de 1989 se recogieron trimestralmente muestras de agua y de macroinvertebrados distribuidas en 22 estaciones (Fig. 1) seleccionadas atendiendo a la variabilidad ambiental presente en la zona y a los focos de perturbación antrópica.

La determinación de las características físico-químicas del agua se realizaron en el campo (pH; Temperatura; Oxígeno disuelto y Conductividad) y las restantes, en el laboratorio por métodos estándar.

Los resultados del análisis de las muestras de agua aparecen en la Tabla 1, expresadas en forma de medias anuales.

Dentro de cada estación y en la facies lítica, se procedió a la captura del macrobentos fluvial mediante el empleo de una red de mano (500 µm de malla) abarcando los diferentes hábitats.

En el tratamiento estadístico de los datos se recurrió al modelo de ordenación de análisis de correspondencias canónico « C.C.A. » (Ter Braak, 1986) que nos permite tratar conjuntamente dos grupos de matrices distintas (variables ambientales-grupos taxonómicos, ambas correlacionadas con las estaciones de muestreo) a partir de los resultados físico-químicos obtenidos y de la abundancia relativa de las especies.

**Tabla 1.** Valor medio anual del conjunto de parámetros físico-químicos del agua.

| Est.. | Cond.  | Alc.  | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Oxid. | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Si    | Cl <sup>-</sup> | Dur.  | Q.D.  | pH   | Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Fe(T) |
|-------|--------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|-----------------|-------|-------|------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-------|
| B1    | 28,30  | 12,80 | 0,02                         | 1,35  | 0,77                         | 0,03                          | 1,32                          | 5,90  | 3,60            | 11,55 | 10,00 | 7,02 | 1,00             | 3,00             | 0,47           | 2,00            | 0,07  |
| B3    | 66,12  | 25,55 | 0,24                         | 1,77  | 0,37                         | 0,55                          | 5,30                          | 8,77  | 4,37            | 26,55 | 10,35 | 7,25 | 3,02             | 5,67             | 0,42           | 3,25            | 0,40  |
| Tu1   | 24,55  | 10,22 | 0,07                         | 1,45  | 0,73                         | 0,00                          | 0,77                          | 5,00  | 4,12            | 8,50  | 11,15 | 7,07 | 0,72             | 2,22             | 0,42           | 2,75            | 0,02  |
| Tu2   | 64,40  | 25,15 | 0,06                         | 1,47  | 0,47                         | 0,65                          | 2,52                          | 7,95  | 4,32            | 25,77 | 10,32 | 7,42 | 3,32             | 4,82             | 0,40           | 2,85            | 0,20  |
| Tu3   | 54,40  | 28,90 | 0,05                         | 4,13  | 0,22                         | 0,00                          | 1,53                          | 9,00  | 1,80            | 21,10 | 11,60 | 7,26 | 2,70             | 3,96             | 0,20           | 2,63            | 0,03  |
| Tu4   | 55,80  | 27,96 | 0,01                         | 2,53  | 0,26                         | 0,00                          | 2,26                          | 9,63  | 1,63            | 21,53 | 10,40 | 7,40 | 2,73             | 4,20             | 0,23           | 2,60            | 0,00  |
| Tu5   | 55,23  | 22,67 | 0,03                         | 0,75  | 0,20                         | 0,02                          | 2,65                          | 9,46  | 4,30            | 20,20 | 9,92  | 7,10 | 2,36             | 4,13             | 0,26           | 2,66            | 0,10  |
| Ra1   | 50,56  | 24,73 | 0,03                         | 1,20  | 2,30                         | 0,01                          | 2,26                          | 10,20 | 2,66            | 16,46 | 10,30 | 7,06 | 1,90             | 3,50             | 0,30           | 4,50            | 0,06  |
| Ra2   | 105,70 | 52,65 | 0,05                         | 1,12  | 0,22                         | 0,00                          | 3,60                          | 11,87 | 4,90            | 43,90 | 10,05 | 7,32 | 4,75             | 9,75             | 0,20           | 4,57            | 0,00  |
| Ra3   | 26,05  | 12,07 | 0,06                         | 1,07  | 0,33                         | 0,06                          | 0,77                          | 3,70  | 4,47            | 9,40  | 9,80  | 7,30 | 0,80             | 2,52             | 0,35           | 3,10            | 0,10  |
| Ra4   | 35,95  | 13,30 | 0,05                         | 1,75  | 0,47                         | 0,20                          | 3,15                          | 6,95  | 4,15            | 11,40 | 9,30  | 7,15 | 1,17             | 2,65             | 0,42           | 5,30            | 0,25  |
| Ra5   | 37,05  | 18,00 | 0,04                         | 1,50  | 0,24                         | 0,01                          | 4,75                          | 6,62  | 6,40            | 17,40 | 10,02 | 6,95 | 1,90             | 3,90             | 1,07           | 3,80            | 0,20  |
| Ra6   | 44,15  | 15,50 | 0,05                         | 1,02  | 0,49                         | 0,00                          | 2,47                          | 7,50  | 5,50            | 11,67 | 9,52  | 7,00 | 1,20             | 2,70             | 0,65           | 4,45            | 0,20  |
| Ra7   | 43,52  | 14,25 | 0,06                         | 1,90  | 0,28                         | 0,00                          | 2,25                          | 7,25  | 6,10            | 10,87 | 10,90 | 7,07 | 1,15             | 2,45             | 0,62           | 4,45            | 0,22  |
| To1   | 70,76  | 28,26 | 0,08                         | 2,53  | 0,78                         | 0,07                          | 8,70                          | 16,40 | 9,16            | 19,90 | 9,83  | 6,96 | 2,10             | 4,60             | 1,93           | 10,46           | 0,36  |
| T2    | 33,00  | 9,55  | 0,04                         | 2,20  | 0,64                         | 0,00                          | 2,20                          | 6,02  | 2,87            | 7,30  | 9,76  | 6,35 | 0,82             | 1,60             | 0,35           | 3,15            | 0,15  |
| T3    | 55,90  | 9,45  | 0,05                         | 1,60  | 0,53                         | 0,01                          | 10,45                         | 5,82  | 3,17            | 13,25 | 12,45 | 6,35 | 1,30             | 3,12             | 0,62           | 4,05            | 0,17  |
| T5    | 49,87  | 13,40 | 0,04                         | 1,20  | 0,53                         | 0,02                          | 7,05                          | 6,90  | 5,75            | 14,27 | 9,16  | 6,77 | 1,50             | 3,22             | 0,65           | 5,15            | 0,12  |
| T6    | 53,97  | 17,50 | 0,05                         | 0,80  | 0,70                         | 0,01                          | 7,07                          | 7,83  | 8,77            | 19,30 | 10,70 | 7,27 | 2,05             | 4,35             | 0,85           | 6,22            | 0,10  |
| Tu6   | 61,62  | 21,77 | 0,05                         | 1,20  | 0,32                         | 0,01                          | 2,47                          | 7,15  | 5,70            | 17,60 | 8,90  | 7,07 | 2,00             | 3,80             | 2,90           | 4,57            | 0,17  |
| Tu7   | 81,32  | 27,80 | 0,06                         | 0,54  | 0,37                         | 0,03                          | 3,70                          | 7,32  | 8,27            | 19,00 | 8,77  | 7,12 | 2,15             | 4,05             | 1,87           | 7,57            | 0,17  |
| Tu8   | 69,25  | 28,52 | 0,04                         | 1,50  | 0,38                         | 0,02                          | 3,90                          | 7,33  | 5,67            | 18,85 | 9,50  | 7,12 | 2,03             | 3,73             | 0,53           | 4,80            | 0,20  |

## RESULTADOS

A la vista de los datos expuestos en la Tabla 1, podemos considerar el área de estudio como una zona de mineralización débil, con aguas bien oxigenadas y bajos contenidos en nutrientes.

En aquellas zonas que presentan algún tipo de perturbación introducida por el hombre, se detecta un aumento tenue en la concentración de determinados parámetros relacionados con éstas, que en general dan lugar a una polución que en todos los casos hemos considerado de moderada.

La estación Ra2 presenta unos valores relativamente más elevados en conductividad, alcalinidad y dureza, al localizarse en una zona de rocas básicas-ultrabásicas.

Desde este marco general, pasamos a analizar por separado, los resultados de los cuatro períodos considerados:

### Primavera

La ordenación CCA referente al período primaveral, englobando 22 estaciones de muestreo, 113 especies y 20 variables ambientales, presentó para los dos vectores

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación de Pearson de las variables ambientales con los dos primeros ejes de ordenación de las especies (Sxi), para cada período considerado.

| Variables                     | Primavera |         | Verano  |         | Otoño   |         | Invierno |         |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
|                               | Sx1       | Sx2     | Sx1     | Sx2     | Sx1     | Sx2     | Sx1      | Sx2     |
| Cond.                         | -0,0655   | 0,5005  | -0,2317 | 0,2721  | 0,1667  | 0,3444  | -0,4676  | 0,0343  |
| Alc.                          | -0,1657   | 0,3163  | -0,3116 | 0,0253  | 0,1190  | 0,5067  | -0,3022  | -0,2126 |
| Dur.                          | -0,0004   | 0,3408  | -0,3008 | -0,2446 | 0,2170  | 0,4782  | -0,2617  | -0,2249 |
| pH                            | -0,5982   | -0,3757 | -0,5935 | 0,0994  | -0,0592 | -0,0737 | -0,3804  | -0,6422 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,1186    | 0,4658  |         |         | -0,2987 | 0,3653  | 0,0671   | 0,1114  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | -0,1267   | -0,0019 | 0,3563  | 0,0657  | 0,2931  | 0,0291  | 0,1359   | 0,2061  |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | -0,0246   | 0,4832  | -0,1694 | -0,1136 | -0,0663 | 0,5684  | -0,4969  | 0,3354  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 0,1945    | 0,4064  | 0,2654  | -0,1104 | 0,1567  | 0,3042  | -0,1282  | 0,4075  |
| Si                            | 0,0211    | 0,4910  | 0,5460  | -0,1397 | -0,0252 | 0,6010  | -0,5307  | -0,1489 |
| Cl <sup>-</sup>               | -0,1496   | 0,1829  | -0,7829 | 0,2819  | -0,1862 | 0,5870  | -0,3667  | 0,2640  |
| Num. Orden                    | 0,4005    | -0,1838 | -0,4366 | 0,6441  | -0,7582 | 0,2998  | -0,5796  | -0,0831 |
| O.D.                          | 0,3783    | -0,2493 | -0,9531 | -0,0944 | -0,5213 | -0,2168 | -0,2711  | -0,2662 |
| Oxid.                         | 0,0444    | -0,1332 | 0,9831  | 0,0881  | -0,4760 | 0,3453  | -0,3697  | 0,0141  |
| D.Q.O.                        | -0,2706   | 0,3333  |         |         |         |         | 0,3176   | 0,0171  |
| B.O.D.                        | -0,7559   | 0,1076  |         |         |         |         | 0,1462   | 0,1663  |
| Mg <sup>2+</sup>              | -0,0276   | 0,3653  | -0,2138 | -0,1523 | 0,1418  | 0,3908  | -0,2955  | -0,2779 |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0,0283    | 0,3186  | -0,2768 | -0,3075 | 0,2548  | 0,5373  | -0,1928  | -0,1751 |
| K <sup>+</sup>                | -0,3274   | 0,1995  | -0,2689 | 0,6629  | -0,1190 | 0,4778  | -0,4193  | 0,3213  |
| Na <sup>+</sup>               | -0,1865   | 0,4429  | -0,1613 | 0,4154  | -0,1080 | 0,6344  | -0,3465  | 0,1204  |
| Fe(T)                         | 0,0929    | 0,5226  |         |         | -0,4102 | 0,4334  |          |         |

principales los valores propios respectivos de : 0,47484 y 0,33936, correspondiéndose ambos a un total del 31,3% de la varianza total absorbida. (Fig. 2)

Los valores de varianza de inflación (VIF), presentaron para las variables Cond., Alc., Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Dur., y Fe (total), valores nitidamente mayores a 20, indicando que las mismas no tienen una contribución única en la ecuación de regresión múltiple, es decir, se encuentran correlacionadas entre sí. Este hecho es natural, dado que el aumento en sales disueltas conduce paralelamente a un incremento del conjunto de variables referidas anteriormente. Según Ter Braak (1986), en estas situaciones de multicolinealidad, los respectivos coeficientes canónicos son inestables, disminuyendo el grado de explicación.

El cuadro siguiente (Tabla 2) presenta los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables ambientales con los dos primeros ejes de ordenación de las especies (Sxi).

Los ejes ambientales no están correlacionados entre sí, característica de los análisis directos de gradiente del que el CCA forma parte.

Como se puede analizar, tanto por los referidos coeficientes de correlación, como por los vectores ambientales del biplot con las estaciones (vectores proporcionales a la contribución de cada variable en la ordenación), el eje I del CCA está

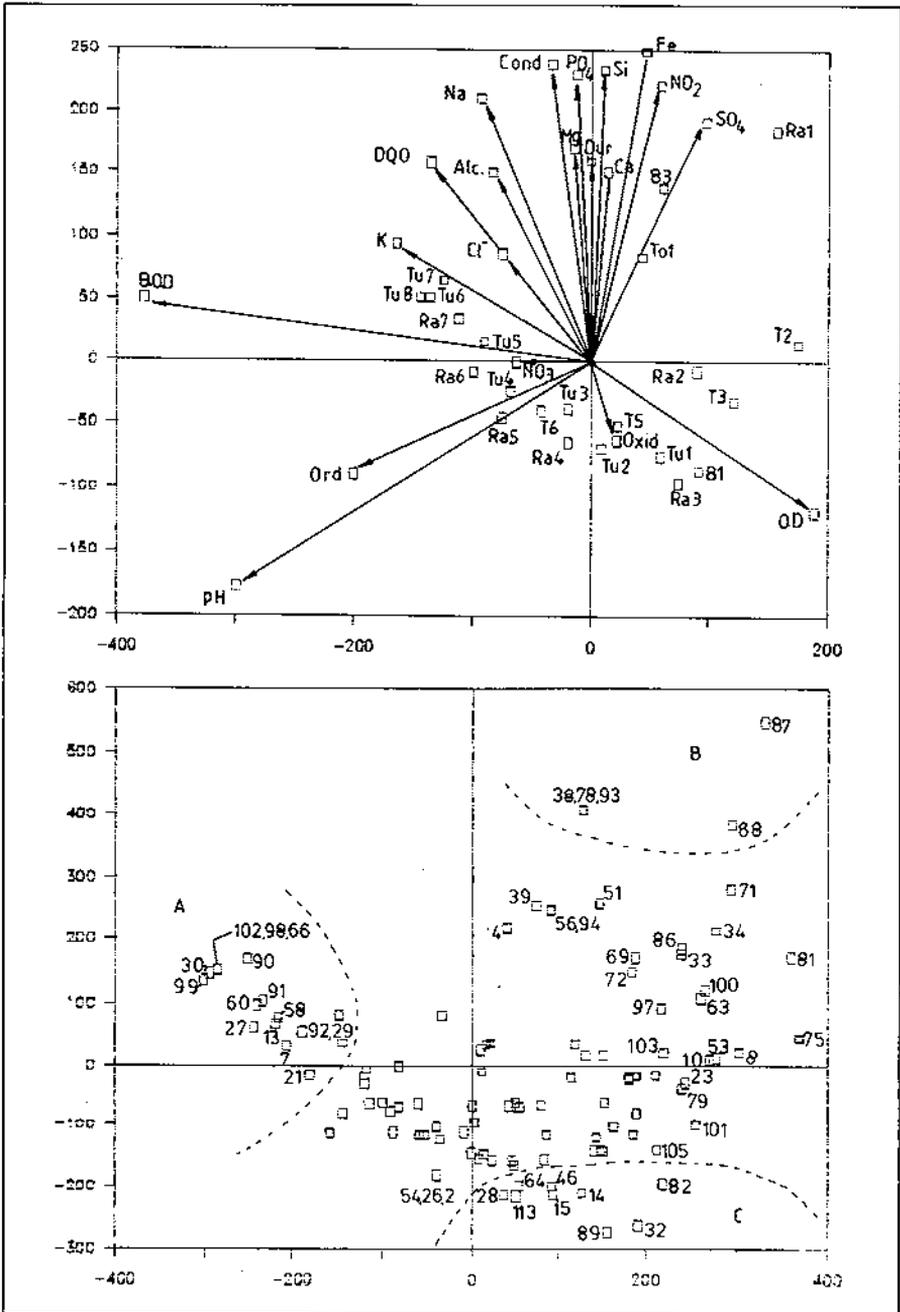


Figura 2. Vectores ambientales-estaciones de muestreo y ordenación de las especies en los dos primeros ejes resultantes del análisis CCA en el período primaveral.

fundamentalmente relacionado con BOD y pH y el eje II, con las sales disueltas. En función de esto, discriminamos los siguientes grupos de comunidades:

—Grupo A (estaciones Tu6, Tu7 y Tu8) con taxones ligados a altas concentraciones en M.O. y elevado pH, es decir, representativos de un potamon moderadamente eutrofizado: *Setodes arentipunctellus* (92); *Hydropsyche excellata* (58); *Hydropsyche lobata* (60); *Psychomyia pusilla* (90); *Rhyacophila lusitanica* (66); *Centroptilum pulchrum* (29); *Oligoneuriella duerensis* (21); *Baetis fuscatus* (13); *Choroterpes picteti* (27); *Ephoron virgo* (30); *Parapoynx stagnata* (102); *Physa acuta* (98) y *Unio elongatulus* (99).

—Grupo B (est. B3 y Ra1) con especies ligadas a altas concentraciones en sales: *Plectrocnemia geniculata* (87); *Philopotamus montanus* (88); *Lepidostoma hirtum* (93); *Anomalopterygella chauviniana* (78) y *Perla marginata* (38).

—Grupo C (B1, Ba3 y Tu1) con taxones característicos de rhithron elevado, en aguas poco mineralizadas y bien oxigenadas: *Baetis alpinus* (15), *Ephemera danica* (32); *Serratella albai* (28); *Dolichopodidae* (46); *Rhyacophila relicta* (64); *Lype auripilis* (89) *Athripsodes sp.* (82) y *Orectochilus sp.* (113).

## Verano

La ordenación referente al período estival presentó para los dos vectores principales los valores propios respectivos de 0,72156 y 0,61805 correspondiendo al 28,9 % de la varianza total. Los valores VIF más elevados fueron los de Dur., Alc., Oxid., Ca<sup>2+</sup> indicando alguna multicolinearidad. (Fig. 3)

A partir de las correlaciones de Pearson (Tabla 2) y de los vectores de biplot variables ambientales-estacionales, concluimos que el primer eje CCA está fundamentalmente relacionado con OD y Oxidabilidad (de modo inverso) e incluso con Cl<sup>-</sup>. El segundo eje depende principalmente del número de orden y K<sup>+</sup>.

Las estaciones T2 y T3, con especies características de epi-metarhithron, aparecen nítidamente separadas en el eje I, a pesar de no ser eutrofizadas sus aguas, al contrario de lo que se podría suponer por su posición espacial en los ejes considerados. Su comunidad (grupo C) viene caracterizada por:

—*Tanypodinae* (39); *Chironomini* (40); *Mystacides azurea* (81); *Plectrocnemia geniculata* (90); *Halesus radiatus* (96); *Platycnemis sp.* (12); *Pisidium casertanum / personatum* (103); *Sialis lutaria* (98) y *Sialis fuliginosa* (97).

En el segundo eje, que como vimos se encuentra ligado a la estructura tipológica, pueden ser reconocidos los siguientes grupos:

—Grupo B (estaciones B1, Ra2 y Tu1) definido faunísticamente por:

*Cordulegaster bidentatus* (10); *Centroptilum luteolum* (20); *Hadrophlebia fusca* (29); *Paraleptophlebia cincta* (30); *Rhyacophila obliterated* (64); y *Deronectes sp.* (125).

—Grupo A2 (metarhithron/epipotamon):

*Stelenis canaliculata* (105); *Choroterpes picteti* (28); *Hydropsyche lobata* (59) e *Hydropsyche exocellata* (61).

—Grupo A1 (potamon eutrofizado):

*Pyrrhosoma nymphula* (9); *Chironomus gr. plumosus y thumni* (56,57); *Physa*

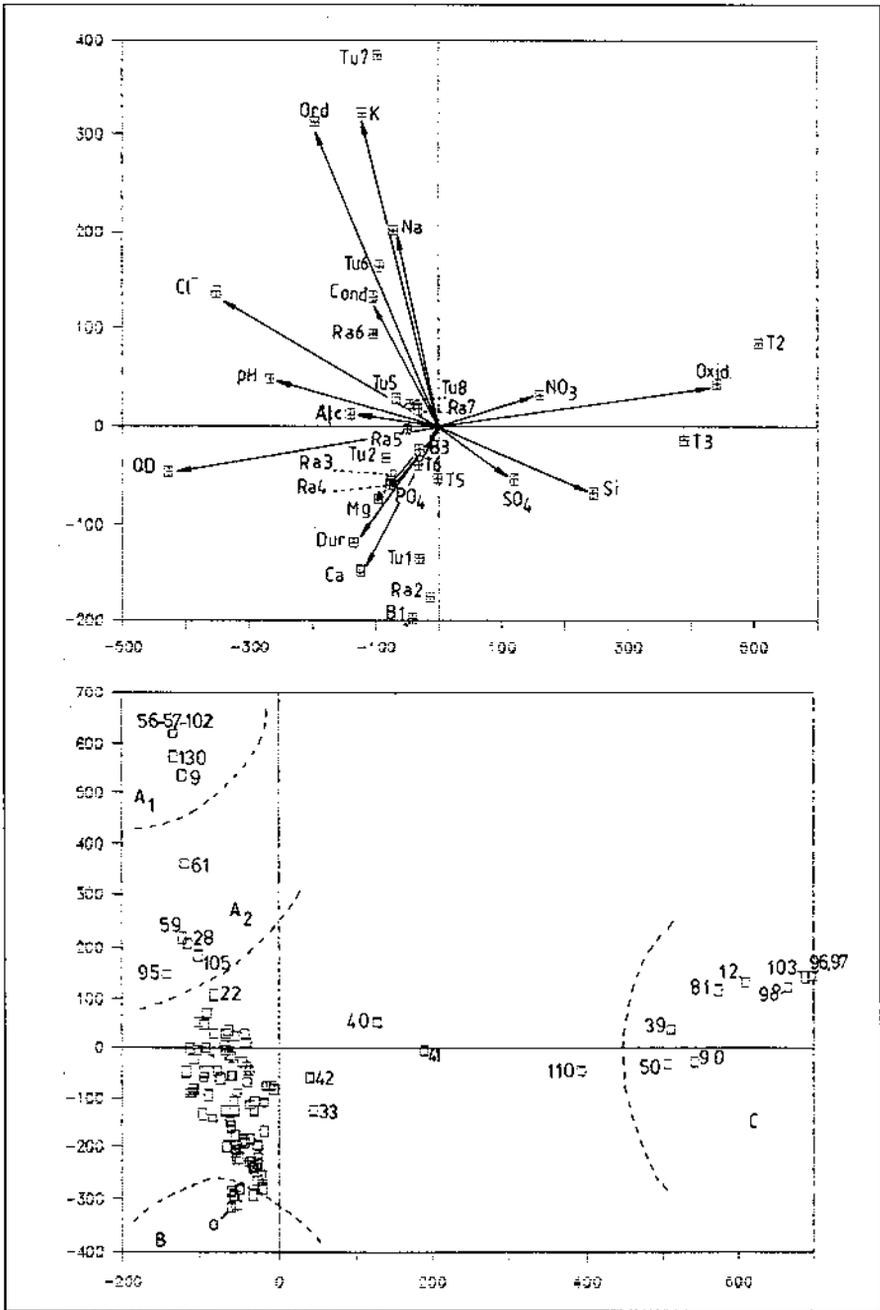


Figura 3. Vectores ambientales-estaciones de muestreo y ordenación de las especies en los dos primeros ejes resultantes del análisis CCA en el período estival.

*acuta* (102) y *Stenelmis* sp. (130). Este último grupo, ligado a Tu7, representa una eutrofización moderada, detectada más por la composición faunística que por la composición química. Los efectos de la polución minera no son resaltados, situación ésta idéntica a la de primavera.

## Otoño

Los dos vectores principales resultantes de la ordenación correspondiente al período otoñal presentan, respectivamente, los siguientes valores propios: 0,41662 y 0,34410 que contribuyen al 36,1% de la varianza total explicada. (Fig. 4)

Valores elevados de VIF, altas concentraciones, fueron encontrados para la Con., Alc.,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Si, Cl-, Dur.,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , Fe (total).

En el cuadro II se indican para Sxi las correlaciones de Pearson con las variables ambientales.

Podemos observar, a partir de estas correlaciones y del conjunto vectores ambientales-estaciones de muestreo, que el primer eje de la ordenación está relacionado con el orden y OD, mientras que el segundo eje está ligado al conjunto de sales disueltas.

En relación al eje II diferenciamos dos comunidades:

—Grupo A, especies ligadas a eutrofización (estaciones TO1, Tu7): *Halipus* sp. (130); *Agabus* sp. (129); *Chironomus* gr. *plumosos* (131); *Orthocladinae* (45); *Baetis fuscatus* (19); cuyo origen se localiza en los vertidos procedentes de la elaboración de aceites y del complejo agroindustrial de Cachao.

—Grupo B, especies ligadas a un aumento en la dureza de las aguas, por factores litológicos (Estación Ra2): *Elmis aenea* (105); *Esolus parallelepipedus* (118); *Ephemera glaucops* (30); *Ephemera danica* (26); *Lymnaea peregra* (99); *Lymnaea truncatula* (100); *Micrasema togatum* (93); *Hydroptila* sp. (79); *Atalantinae* (60); *Cordulegaster bidentatus* (12); *Platycnemis* sp. (14).

El eje I, asociado al parámetro orden, es responsable de la ordenación de las estaciones en el eje longitudinal, separando así a la comunidad característica de rhithron, de la de hiporhithron-potamon, sin implicar en este caso un aumento de sales disueltas en el sentido cabecera desembocadura.

—Grupo C, comunidades de rhithron (Estaciones BI, B3, T2, T3, y Ra1.): *Tremma tellae* (86); *Rhyacophila adjuncta* (70); *Normandia* sp. (120); *Agapetus* sp. (86); *Hydropsyche tibialis* (63); *Wormaldia* sp. (88); *Psychodidae* (48); *Prosimulium* sp. (44); *Hydrocyphon* sp. (124); *Elmis rioloides* (106); *Oulimnius bertrandi* (109); *Limnobia* sp. (122); *Oulimnius tuberculatus perezii* (111); (112); *Leuctra* sp. (33); *Siphonoperla torrentium* (40); *Amphinemura* (41); *Rithrogena* sp. (31); *Paraleptophlebia cincta* (29); *Habrophlebia fusca* (32).

—Grupo D, comunidad del hiporhithron-potamon (Ra5, Ra6, Ra 7, T6, Tu5, Tu6 y Tu8): *Physa acuta* (98); *Unio elongatulus* (97); *Hydropsyche exocellata* (66); *Hydropsyche lobata* (65); *Cheumatopsyche lepida* (67); *Dryops* sp. (127); *Stenelmis canaliculata* (116); *Brachyptera risi* (37); *Libellulidae* (11); *Gomphus vulgatissimus* (9); *Onychogomphus forcipatus unguiculatus* (8).

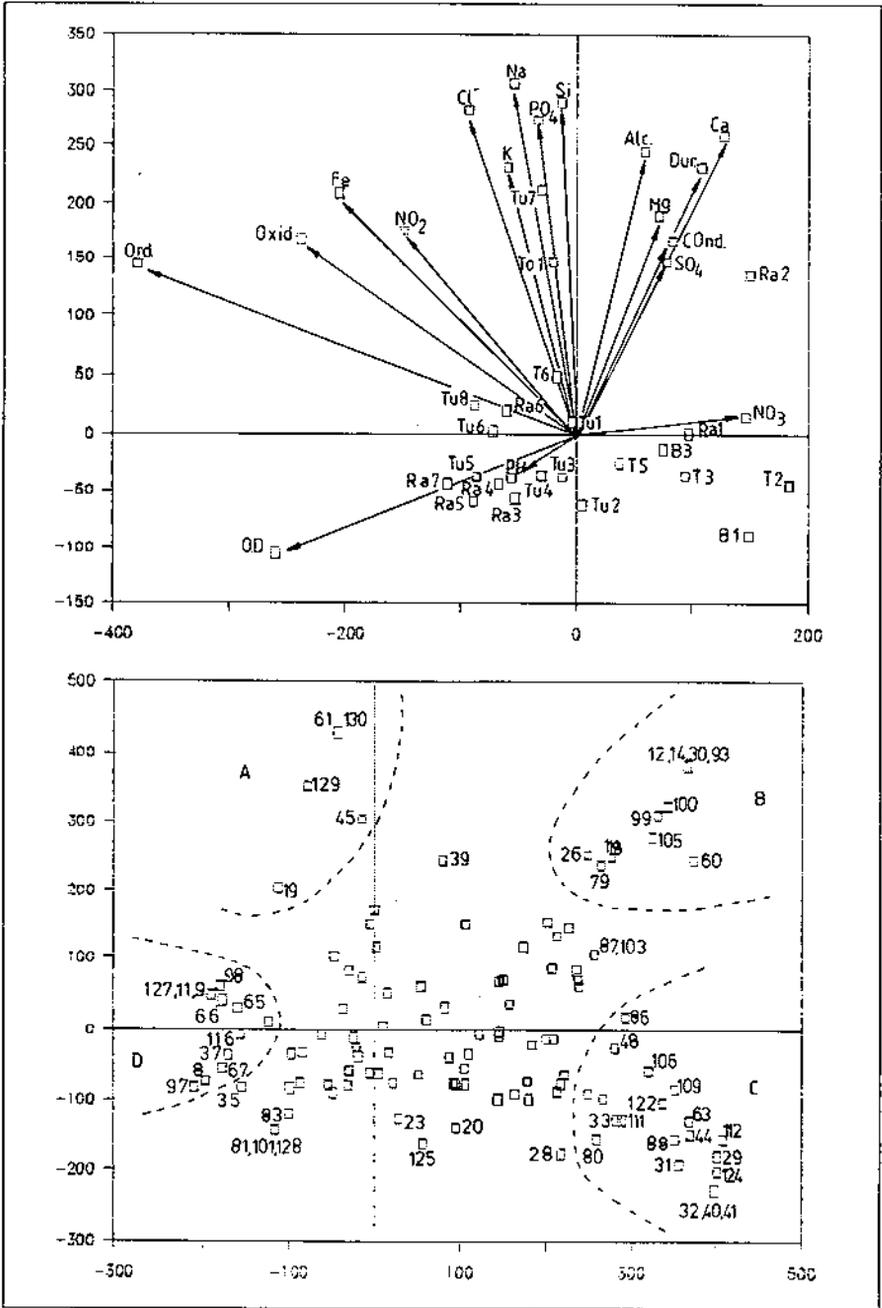


Figura 4. Vectores ambientales-estaciones de muestreo y ordenación de las especies en los dos primeros ejes resultantes del análisis CCA en el período otoñal.

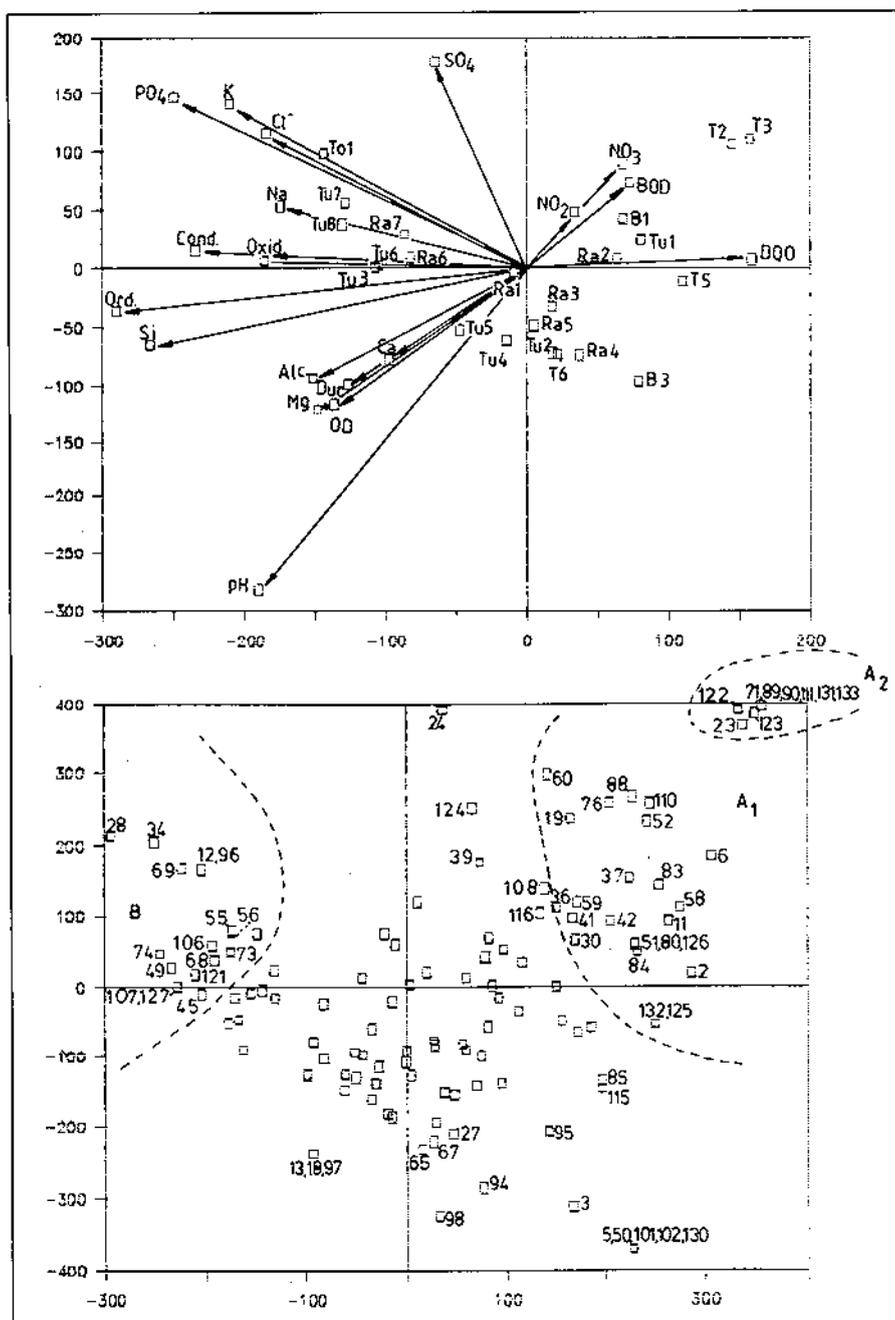


Figura 5. Vectores ambientales-estaciones de muestreo y ordenación de las especies en los dos primeros ejes resultantes del análisis CCA en el período invernal.

## Invierno

El CCA presenta para los dos primeros vectores correspondientes al período invernal, los respectivos valores propios: 0,43621 y 0,25265 representando un total del 30,5% de la varianza explicada. (Fig. 5)

Se presentan valores elevados del VIF para aquellos parámetros más relacionados con la mineralización del agua (Cond., Alc., Cl<sup>-</sup>, Dur., Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>).

El primer eje responde al parámetro orden asociado a un aumento en sales disueltas, siendo el principal factor en la ordenación tipológica de las especies, quedando el efecto de la eutrofización desvanecido.

—Grupo A1, comunidad de rhithron (Est. T2, T3, T5, B1, B3, Tu1, Ra1 y Ra2): *Baetis alpinus* (19); *Rhyacophila adjunta* (76); *Micrasema terpsichore* (80); *Wormandia* sp. (88); *Micrasema longutum* (84); *Micrasema minimum* (83); *Boyeria irene* (11); *Glossiphonia heteroclita* (2); *Dugesia* sp. (6); *Normandia* sp. (126); *Elmis rioloides* (110); *Siphonoperla torrentium* (36); *Amphineura* sp. (37); *Brachyptera arcuata* (41); *Brachyptera seticornis* (42); *Brachyptera braueri* (51).

—Grupo B, comunidad de potamon (Est. Ra5, Ra6, Ra7, Tu5, Tu6, Tu7, Tu8 y To1): *Baetis fuscatus* (28); *Siphonurus* sp. (34); *Calopteryx splendens* (12); *Ceraclea* sp. (96); *Hydropsyche exocellata* (74); *Hydropsyche lobata* (73); *Physa acuta* (107); *Unio elongatulus* (106); *Stenelmis canaliculata* (127); *Oulimnius rivularis* (121); *Tanytarsini* (55); *Chironomini* (56); *Ceratopogonidae* (69); *Corynoneurinae* (68).

El segundo eje de ordenación, ligado al pH, condiciona la posición más alejada del centro de coordenadas de las estaciones T2, y T3, con bajos valores de pH (6,4 - 6,3), de cuya comunidad resaltan un conjunto de especies de distribución restringida a este sector (Grupo A2) tales como:

—*Oulimnius bertrandi* (122); *Oulimnius tuberculatus perezii* (123); *Elmis mangetii* (111); *Paraleptophlebia cincta* (23); *Hydropsyche tibialis* (71); *Tinodes* sp. (90); *Ptilocolepus* sp. (89); *Hydrocyphon* sp. (131); *Parapopynx stagnata* (133).

## CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

A partir de los inventarios realizados, constatamos algunas características generalizables para el conjunto de períodos considerados:

—Definición de una estructura tipológica, especialmente evidenciada en el período estival, con gran dinamismo temporal.

—Eutrofización muy moderada que, con todo, pudo ser destacada, excepto para el período invernal.

—Ausencia de evidencia, a través del análisis CCA, de contaminación originada por la industria minera, a pesar de la rarefacción de la fauna béntica.

En relación al primer aspecto, sucesión longitudinal, concluimos que los factores abióticos que más contribuyen a la ordenación de las estaciones son el conjunto de sales disueltas y el número de orden, y en menor medida el pH, la concentración de materia orgánica y el oxígeno disuelto.

A pesar de que es posible constatar la preponderancia de los factores abióticos en la estructuración de las comunidades a lo largo del eje longitudinal (en concordancia con Vannote et al., 1980), existe una alternancia de la importancia relativa de estos factores y una profunda alteración en la ordenación de las comunidades siguiendo al gradiente temporal, debido ciertamente a factores estocásticos ligados a la variabilidad del régimen hidrológico, con el consecuente predominio de comunidades oportunistas que proporcionan un equilibrio no interactivo, esto es, independiente de la densidad (Minshall et al., 1985).

Los taxones que se nos muestran como más característicos del rhithron son: *Paraleptophlebia cincta*; *Hadrophlebia fusca*; *Baetis alpinus*; *Serratella albai*; *Siphonoperla torrentium*; *Amphinemura* sp., *Anomalopterygella chauviniana*; *Thremma tellae*; *Rhyacophila adjuncta*; *Rhyacophila relictata*; *Rhyacophila oblitterata*; *Micrasema minimum* y *Micrasema longulum*. El potamon es definido esencialmente por: *Onychogomphus fordipatus*; *Choroterpes picteti*; *Cheumatopsyche lepida*; *Stenelmis canaliculata* y *Unio elongatulus*.

En lo que respecta al enriquecimiento orgánico, el grupo de taxones más representativos de la moderada eutrofización, está integrado por individuos considerados tradicionalmente como tolerantes, *Chironomus* gr. *plumosos* y *thummi*, *Physa acuta* (Hynes, 1960), como también *Baetis fuscatus*, especie muy plástica, posible consecuencia del elevado número de variedades (Muller-Liebenau, 1974) e *Hydropsyche* sp. cuya abundancia en locales sujetos a inputs orgánicos se debe a la capacidad de las larvas en tejer redes para la captura de MO en suspensión y su posterior alteración (Merrit & Wallace, 1981).

La contaminación minera parece provocar una reducida substitución de especies, cuyos efectos más notorios son evidenciados apenas por la substancial reducción de la productividad primaria (perifiton y macrófitos) y secundaria, hecho que ya fue constatado para el río Tinhela, a nivel de macroinvertebrados (Cortes et al., 1986) y de la ictiofauna (Cortes et al. 1988).

Consideramos por tanto, que las técnicas de análisis multivariante para detectar las transformaciones en las biocenosis motivadas por poluciones tóxicas, no son las más adecuadas, debiendo ser complementadas con métodos que evalúen el funcionamiento del ecosistema, como por ejemplo, determinaciones de productividad y recirculación de nutrientes. En este sentido, también Burton et al., (1985) y Fjelheim & Raddum (1988) resaltan que uno de los efectos más importantes para el ecosistema consiste en la disminución de la MO particulada proveniente de la materia alóctona, derivada de la inhibición bacteriana.

## Bibliografía

- BURTON, T.M.; STANFORD, R.M. & ALLAN, J.W. (1985). Acidification effects on stream biota and organic matter processing. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.* 42; 669-675.
- CORTÉS, R.M.V.; KOE, T. & MOLLES, M. (1986). Comparison of the effects of organic versus mineral pollution on the macroinvertebrate communities of two rivers in Northern Portugal. *Poc. 3rd European Congress of Entomology. Part 1.* Ed. H.H.W. Velthuis, 79 - 82. *Nederlands Entomologische Vereniging, Amsterdam.*

- CORTÉS, R.M.V.; CARVALHO, L.H.M. & AZEBEDO, J.C. (1988). Productividade piscícola e estrutura das populações do peixes na Bacia do Tua. Col. Luso-Espanhol Ecol. Bacias Hidrog. Rec. Zool. Porto.
- FJELHEIM, A. & RADDUM, G.G. (1988). Birch leaf processing and associated macro-invertebrates in an acidified stream subjected to liming. *Hydrobiologia*. 157; 89-94.
- HYNES, H.B.N. (1960). The biology of polluted waters. *Liverpool University Press*. Liverpool. 200pp.
- MERRIT, R.W. & WALLACE, J.B. (1981). Insectos filtradores. *Investigación y Ciencia*. 57; 275-285.
- MINSHALL, G.W.; CUMMIS, K.W.; PETERSEN, R.C.; CUSHING, C.E.; BRUNS, D.A.; SEDELL, J.R. & VANNOTE, R.L. (1985). Developments in stream ecosystem theory. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 42: 1045-1055.
- MULLER-LIEBENAU, I. (1974). Baetidae aus Sudfrankreich, Spanien und Portugal (insecta, Ephemeroptera). *Gewasser und Adwasser*. 53/54: 7-42.
- TER BRAANK, C.Y.F. (1986). Canonical correspondence Analysis: a new Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology*, 67(5): 1167-1179.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.M.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. (1981). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* (37) pp. 130-137.