

## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL PORMA (LEÓN)

M. del C. Fernández Aláez, E. Luis & M. Fernández Aláez

Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de León.

---

### RESUM

S'ha realitzat un estudi de la conca hidrogràfica del Porma des del punt de vista físic-químic, i s'han avaluat els canvis espaciotemporals que experimenta la composició de l'aigua. Al mateix temps, s'ha determinat la influència de l'embassament del Porma sobre la dinàmica de les variables físiques i químiques, i s'han comparat els resultats obtinguts en aquest riu amb els del seu principal afluent, el Curueño, que no està regulat. Amb aquest fi, s'ha aplicat una anàlisi de components principals a la informació obtinguda en 24 estacions, que foren mostrejades al maig i juliol de 1987 i al febrer de 1988. La combinació dels dos primers components ha permès definir una organització espacial en el Curueño, basada en la mineralització alcalina, més evident a l'estiu. La regulació del Porma interromp el gradient al llarg del perfil longitudinal del riu i modifica l'estructura temporal de la composició química de l'aigua.

### RESUMEN

Se ha realizado un estudio de la cuenca hidrográfica del Porma desde el punto de vista físico-químico, evaluando los cambios espaciotemporales que experimenta la composición del agua. Al mismo tiempo, se ha determinado la influencia del embalse del Porma sobre la dinámica de las variables físicas y químicas, comparando los resultados obtenidos en este río con los de su principal afluente, el Curueño, que no está regulado. Con este fin, se ha aplicado un análisis de componentes principales a la información obtenida en 24 estaciones, que fueron muestreadas en mayo y julio de 1987 y febrero de 1988. La combinación de los dos primeros componentes ha permitido definir una organización espacial en el Curueño, basada en la mineralización alcalina, y más evidente en el verano. La regulación del Porma interrumpe el gradiente a lo largo del perfil longitudinal del río y modifica la estructura temporal de la composición química del agua.

### ABSTRACT

A study of the Porma catchment from the physical-chemical point of view was performed, evaluating the spatial and temporal changes in the composition of the water. The influence of the Porma reservoir on the dynamic of physical and chemical variables was also determined by the comparison of the results obtained from 24 sampling stations, which were sampled in May and July 1987 and February 1988. The combination of the first and second components has showed a spatial organization in the Curueño river based on the alkaline

mineralization. This organization has been more evident in summer. The Porma regulation interrupts the gradient along the longitudinal profile and modifies the temporal structure of water chemistry.

---

**Key words:** physico-chemistry, Porma river, mineralization, regulation.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los conceptos del «river continuum» (Vannote et al.) y del «nutrient spiralling» (Webster and Patten, 1979) el sistema fluvial es contemplado como un continuo ininterrumpido de condiciones ambientales, que desencadenan una serie de respuestas bióticas desde el nacimiento hasta la desembocadura; sin embargo, muchos ríos se encuentran regulados por embalses y su estructura en general, y su organización físico-química en particular, se modifican profundamente. Es por esto que Ward y Stanford (1983) han propuesto el concepto de «serial discontinuity».

La cuenca del Porma ofrece la posibilidad de realizar un estudio simultáneo de los ríos Porma y Curueño, cuya diferencia fundamental estriba en la discontinuidad creada por un embalse situado en la cabecera del primero de ellos. En este sentido, el propósito fundamental del presente trabajo ha sido llevar a cabo, por una parte, la evaluación global de las condiciones físico-químicas del agua en los ríos de la cuenca, y por otra, valorar el alcance de las modificaciones surgidas en las mismas por efecto de la regulación a que se ve sometido el sistema fluvial.

## ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La cuenca del Porma constituye una de las redes hidrográficas más significativas de la provincia de León, como consecuencia de la riqueza truchera de sus ríos. Ocupa una superficie de 1042 km<sup>2</sup> y está constituida esencialmente por dos ríos: el Porma y su afluente, el Curueño (Fig. 1). El Porma tiene su nacimiento en el Puerto de Tarna a 1490 m de altitud; se encuentra regulado en su tramo inicial por el embalse del Porma o de Vegamián, y tras un recorrido de unos 75 Km aproximadamente desemboca en el Esla. En líneas generales, la cuenca drena terrenos de naturaleza silíceas, estando constituida la mitad superior por pizarras, carbón, cuarcitas y areniscas fundamentalmente, aunque tienen cierta importancia los afloramientos calizos. En la mitad inferior predominan arcillas, areniscas y margas junto con material aluvial indiferenciado en torno a los cursos fluviales.

Para evaluar las características químicas del agua en los ríos de la cuenca se situaron 24 puntos, que se muestrearon en mayo y julio de 1987 y en febrero de 1988. Las características físico-químicas medidas de forma inmediata han sido: temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto. Utilizando electrodos selectivos se determinaron, cloruro, amoníaco, nitrato, sodio, potasio y calcio,

mientras que los restantes parámetros: alcalinidad, sólidos en suspensión totales, fosfato, nitrito, sulfato, silicato y magnesio se analizaron utilizando los métodos indicados en Margalef et al. (1976) Rodier (1981) y Standard Methods (1980). El procesamiento de los datos se ha efectuado mediante un análisis de componentes principales (Factor Analysis BMDP4M, 1982), incluyendo además de las características físico-químicas mencionadas, la distancia a la desembocadura desde cada punto de muestreo y su altitud. La estabilización de la varianza se consiguió mediante la transformación  $\log(x+0,001)$  de todos los parámetros a excepción del pH.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dinámica de varios parámetros físico-químicos

Teniendo en cuenta que los dos ríos más importantes que integran la cuenca, Porma y Curueño, presentan «a priori» una diferencia esencial, que se concreta en la

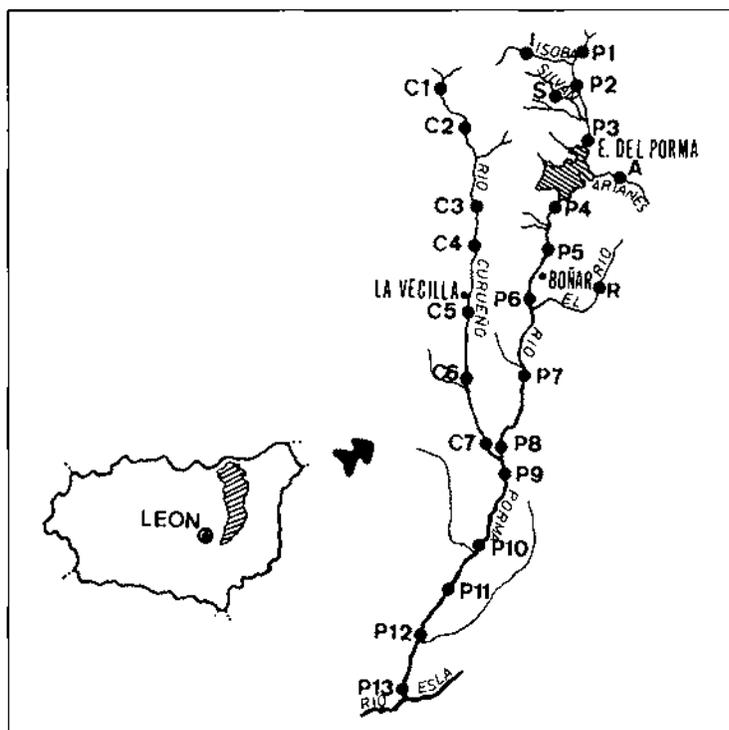


Figura 1.- Localización de las estaciones de muestreo en la cuenca del Porma.

regulación del primero en el embalse de Vegamián, es interesante, como paso previo al análisis global de la estructura y dinámica de la cuenca desde el punto de vista físico-químico, realizar un estudio comparado de la evolución espacial y temporal de algunas variables en ambos ríos (Fig. 2).

Es conocida la tendencia que existe en un sistema fluvial a incrementarse el grado de mineralización desde el nacimiento hasta la desembocadura, y así mismo se ha establecido que los niveles de nutrientes aumentan generalmente de forma continua a lo largo del río (Cummins, 1977). Tales tendencias se mantienen en buena parte a lo largo del Curueño, de forma que la conductividad medida en el verano pasa de 66 a 357  $\mu\text{mhos/cm}$  desde la cabecera hasta la desembocadura. Así mismo, el estiaje contribuye a incrementar el contenido de sales, especialmente en el tramo final, mientras que el aumento de caudal lleva consigo una mayor homogeneidad en el río (Fig. 2). No obstante, resulta significativo el aumento experimentado por este parámetro en la estación 1 en relación con los otros dos períodos muestreados y que parece deberse a una intensificación del lavado de la cuenca y el consiguiente aumento de calcio, fundamentalmente.

En el Porma este esquema general se altera como respuesta a la discontinuidad creada por el embalse. La influencia de Puebla de Lillo, y la entrada del Silván, cuyas aguas tienen un elevado contenido en sulfatos, determinan que a la entrada del embalse el contenido iónico experimente un aumento importante (Fig. 2).

Se ha señalado por parte de varios autores (Soltero et al., 1973) que la presencia de un embalse altera considerablemente el modelo temporal seguido por las características químicas del río. En este sentido, las condiciones químicas que caracterizan el verano pueden retrasarse hasta el invierno (Neel, 1963). En el caso del Porma, su regulación con fines de irrigación lleva consigo una reducción de la variabilidad estacional del caudal, y consiguientemente son menores los cambios temporales de la conductividad a la salida del embalse (Fig. 2). Existe además una evidente homogeneidad en el período estival a lo largo del tramo afectado, unida a una reducción del contenido de sales disueltas, con relación al invierno.

El fuerte descenso experimentado por la conductividad en la estación 5 durante el invierno, que coincide con un comportamiento semejante de la alcalinidad, se justifica por un efecto de dilución y un aumento de acidez que resultan de la incorporación de dos arroyos procedentes de una zona en la que predominan cuarcitas y existe una explotación minera de sílice.

La dinámica espacial seguida por las formas más oxidadas del nitrógeno ( $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ) en el Curueño, se ajusta, en líneas generales, y salvo en el invierno, a una tendencia al enriquecimiento en el sentido nacimiento-desembocadura; no obstante, y particularmente en el caso de los nitritos, este aumento no se produce de forma continuada, dada su relación con la presencia de impactos contaminantes puntuales (Fig. 2).

El elevado contenido de oxígeno disuelto a lo largo de todo el río limita la presencia de la forma amoniacal a la estación 5, en la que también es importante la concentración de nitrito. Este resultado está relacionado directamente con la influencia que sobre el río tiene La Vecilla, uno de los núcleos rurales más impor-

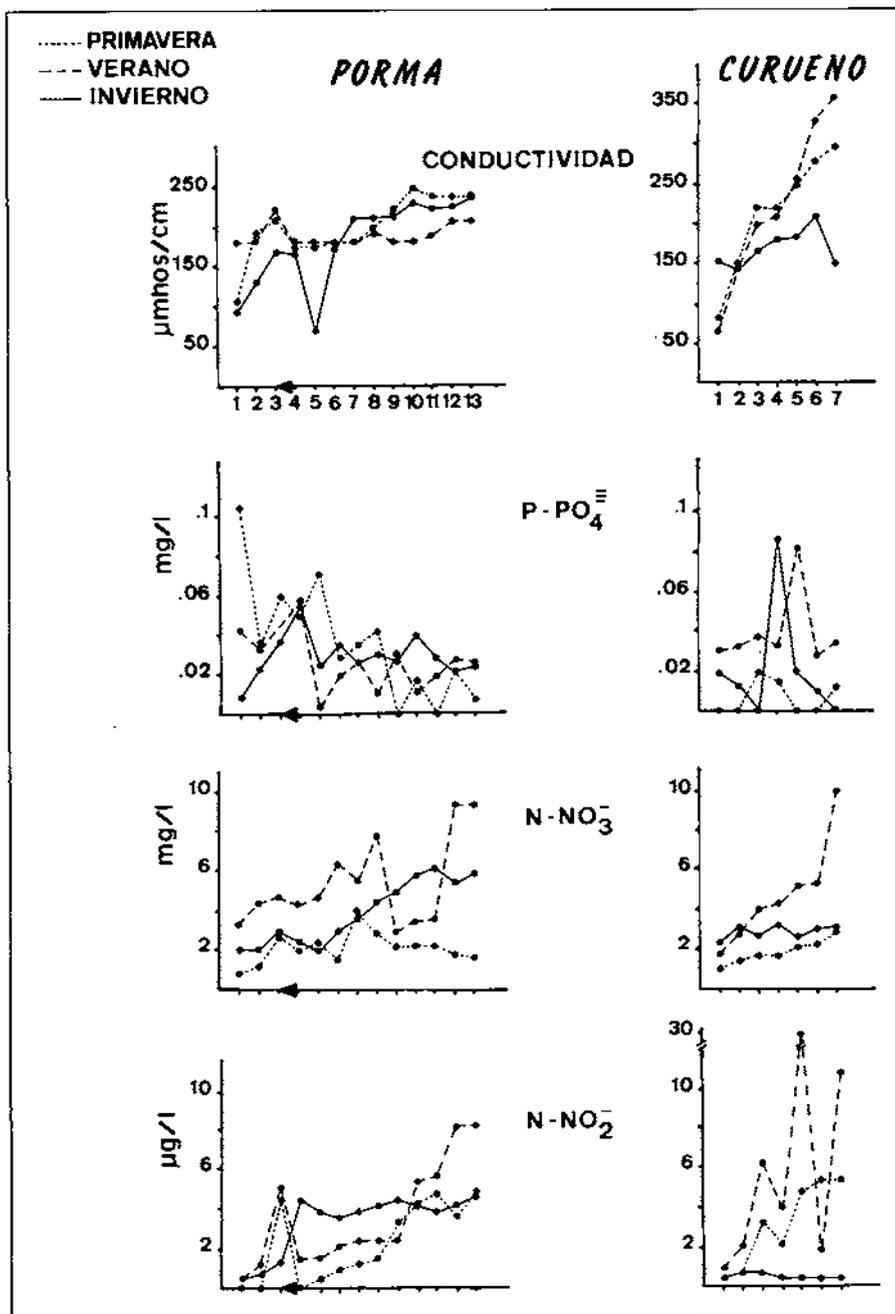


Figura 2. Evolución espacial y temporal de varios parámetros físico-químicos en los ríos Porma y Curueño.

tantes de la zona superior de la cuenca, que ve incrementada considerablemente su población durante el período estival.

En lo relativo al Porma, la situación de las formas inorgánicas del N es más compleja y no se puede resumir en una tendencia única aplicable a la evolución seguida por todas ellas. La forma amoniacal, al igual que en el Curueño, juega un papel poco importante a lo largo del Porma, a no ser en puntos muy concretos, como es el caso de la estación 9. Solamente en el perfil longitudinal correspondiente al nitrato es posible reconocer una respuesta al esquema de regulación del río, impuesto por el embalse. Las modificaciones afectan al tramo medio y se concretan en una ralentización en el aumento progresivo de este nutriente, tendencia que suele ser normal, especialmente en el verano, en un río no modificado, y además en una inversión dentro de la dinámica temporal, ya que los niveles más altos se alcanzan en el invierno. Por otra parte, y a la vista de los resultados obtenidos a la entrada y salida del embalse en mayo y julio, meses en los que la descarga de agua es elevada, se puede señalar que la regulación provoca un balance negativo de nitratos.

En el tramo final, la escasa influencia del embalse se manifiesta preferentemente en el muestreo de julio, con un incremento en la concentración de nitratos a partir de la estación 10, hecho que coincide con un descenso de la forma nítrica y un aumento del amoniacal en el punto anterior. Semejante esquema de variación de las tres formas inorgánicas del nitrógeno en este tramo del Porma se supone asociado a la influencia de los núcleos rurales situados inmediatamente aguas arriba, así como a los aportes procedentes del Curueño.

En los cambios espaciales y temporales experimentados por la concentración de nitrato en el Porma no aparece reflejado un efecto concreto y significativo de la regulación, a no ser un ligero descenso a la salida del embalse que, sin embargo, no coincide con lo señalado por Soltero et al. (1973) con relación a este nutriente.

El aspecto más característico en el comportamiento seguido por el fosfato, tanto en el Porma como en el Curueño, es la existencia de marcadas fluctuaciones que son el resultado de impactos contaminantes de carácter puntual, que además dificultan el reconocimiento de una tendencia definida en la evolución de este parámetro. Solamente en el muestreo de primavera la variación espacial en el Porma se puede interpretar como un descenso, en el que se parte de unos valores más elevados en la cabecera, ligados a un mayor drenaje de la cuenca en este período y a los consiguientes aportes de fertilizantes (Fig. 2). Un resultado similar en lo referente a este último aspecto se ha obtenido en la cuenca del Bernesga (Fernández et al., 1987). La comparación de los niveles de fosfato a la entrada y a la salida del embalse del Porma no permite reconocer un efecto concreto del mismo sobre el comportamiento de este parámetro.

En la configuración química de los ríos de la cuenca se ha tenido en cuenta también el análisis global de aquellas formas aniónicas y catiónicas que tienen una contribución más decisiva en la mineralización del agua, de ahí que se hayan construido diagramas (Maucha, 1932) que muestran las proporciones iónicas glo-

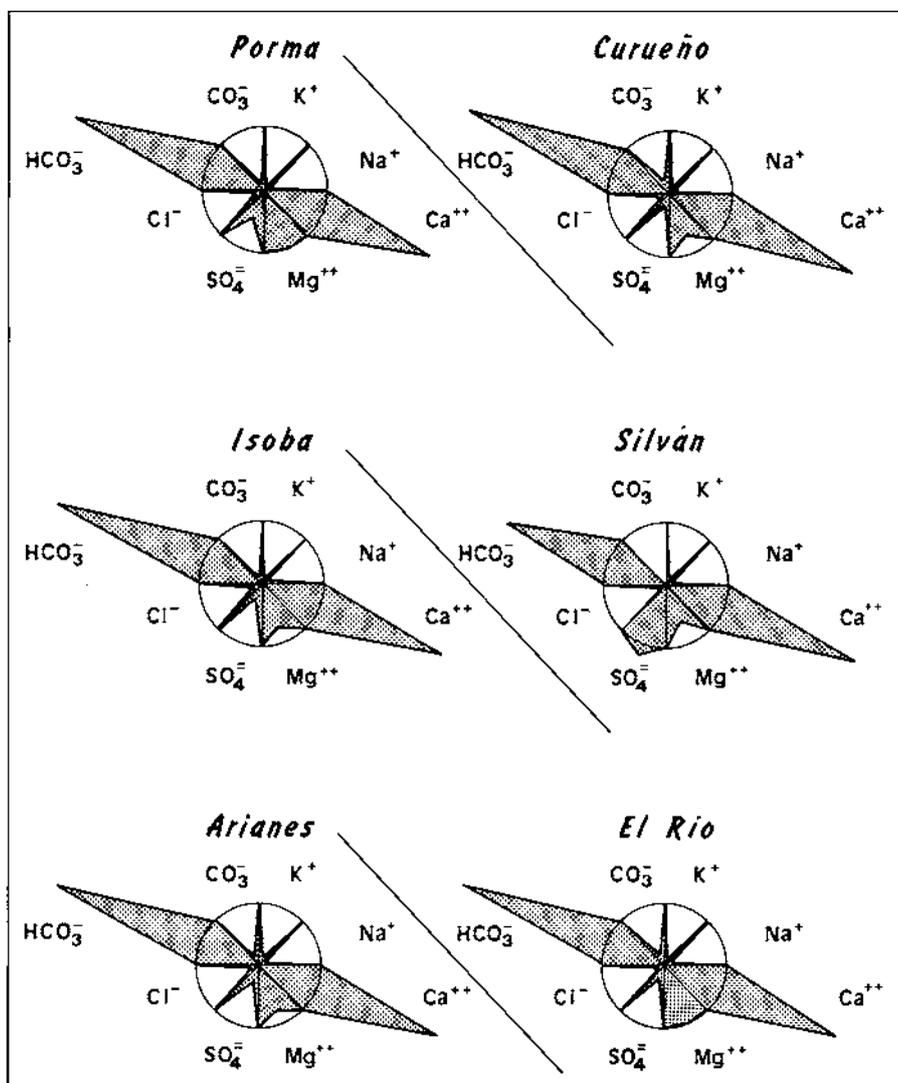


Figura 3. Diagramas representativos de la proporción iónica global para cada uno de los ríos de la cuenca.

bales en el río Porma y sus afluentes: Curueño, Isoba, Arianes y el Río (Fig. 3). Debido a la naturaleza litológica de la cuenca los iones predominantes son bicarbonato y calcio, con valores máximos de 89,23% y 82,47% respectivamente. El escaso volumen de vertidos contaminantes que reciben los ríos limita la importancia de otros aniones y cationes ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), si bien el Silván constituye

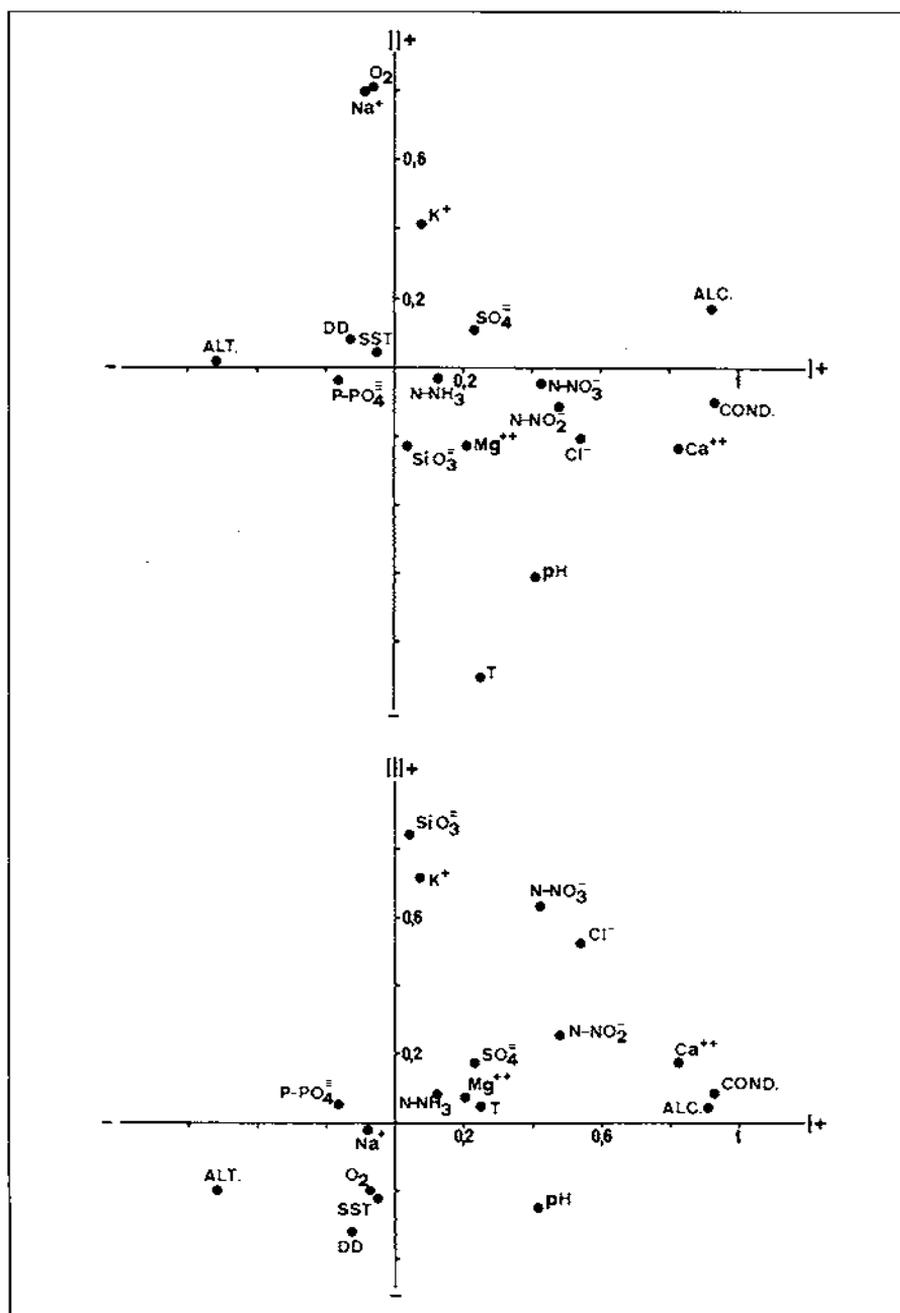


Figura 4. Distribución de las variables físico-químicas y geográficas en los planos definidos por los componentes I, II y I, III.

una excepción en este aspecto, dado que el sulfato en este río representa casi el 30% de las formas aniónicas. No se ha podido determinar con certeza su origen, ya que no parece estar presente en los terrenos drenados por el curso fluvial y, por otra parte, no existen núcleos rurales próximos a la estación de muestreo que pudieran hacer pensar en una contaminación urbana. Aparte del laboreo agrícola ejercido en las praderas circundantes y las actividades asociadas a la ganadería, la única intervención humana destacada en la zona y que pudiera afectar al río está representada por las explotaciones de talco; sin embargo, no se ha podido confirmar la relación entre la presencia de sulfato y esta última actividad.

Aun siendo el calcio el catión mayoritario en la cuenca, el magnesio está bien representado en todos los ríos, correspondiendo los porcentajes más elevados al Porma (25,35%) y el Río (25,04%), sin embargo la importancia de los otros dos cationes analizados, sodio y potasio, es mínima.

### VALORACIÓN GLOBAL BASADA EN EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

En el análisis de componentes principales aplicado a la totalidad de los datos obtenidos en las tres campañas, los tres primeros ejes explican el 47,43% de la varianza total. El componente I (19,93%) queda definido, como suele ser frecuente en este tipo de estudios (Fernández et al., 1987; García de Bikuña et al., 1987; Sabater & Armengol, 1986) por los parámetros conservativos relacionados con la mineralización del agua, y que además muestran una clara variación longitudinal dentro de un sistema fluvial. En la cuenca del Porma esta tendencia tiene un matiz algo diferente pues la contraposición entre conductividad, alcalinidad y calcio por un lado, y altitud, por otro, obliga a referirse más bien a una mineralización alcalina que aumenta a medida que el río discurre aguas abajo (Fig. 4).

El segundo componente (15,00%) marca la oposición entre el aumento de temperatura en el agua y la presencia de oxígeno en la misma. No se ha encontrado una explicación satisfactoria a la elevada correlación entre oxígeno disuelto y sodio (Fig. 4). La ausencia de una relación opuesta entre la concentración de oxígeno y el contenido de ciertos nutrientes, como fosfato, nitrito y amonio, como indicativa de un proceso de contaminación, es el resultado de la escasez de vertidos contaminantes ricos en nutrientes y materia orgánica, que condicionarían un fuerte consumo del oxígeno disuelto.

Con relación al tercer eje, únicamente se manifiesta una correlación elevada en sentido positivo por parte de silicato y potasio. La ausencia de una polaridad bien definida dificulta la identificación de una tendencia o proceso concreto expresado a través de dicho componente (Fig. 4).

En la distribución de las muestras dentro del plano definido por los dos primeros componentes se observa una ordenación temporal de las mismas, con una clara diferenciación de las correspondientes al invierno (Fig. 5). La separación entre las muestras de primavera y verano es menos evidente, especialmente en las co-

respondientes al Porma. En estas dos últimas estaciones es clara la ordenación secuencial de los puntos de muestreo situados en el Curueño, en relación con un incremento de la mineralización alcalina. En este sentido, la cabecera del río se puede calificar de escasamente alcalina y mineralizada, en tanto que el mayor avance dentro del gradiente definido por el primer eje se produce aguas abajo de la Vecilla y está favorecido por el descenso de caudal.

El aumento del volumen de agua durante el mes de febrero contribuye a hacer más homogéneo el río desde el punto de vista físico-químico, al acortar las diferencias establecidas entre las muestras en base a su nivel de mineralización, de forma que todas ellas, a excepción de la primera, se sitúan en una posición intermedia con relación al componente I.

La presencia del embalse del Porma repercute claramente en la distribución de las muestras de este río respecto del primer eje. La utilización del agua embalsada para regadío provoca, según se señaló anteriormente, un cambio en el régimen de caudales, de forma que en el período estival todos los puntos de muestreo presentan muy poca dispersión y, por tanto, no se puede hablar de una organización espacial del río en base al contenido de sales y a los niveles de alcalinidad, especialmente en el tramo situado por encima del embalse donde, a diferencia de los kilómetros más afectados por la regulación, se mantiene la ordenación longitudinal impuesta por el primer componente.

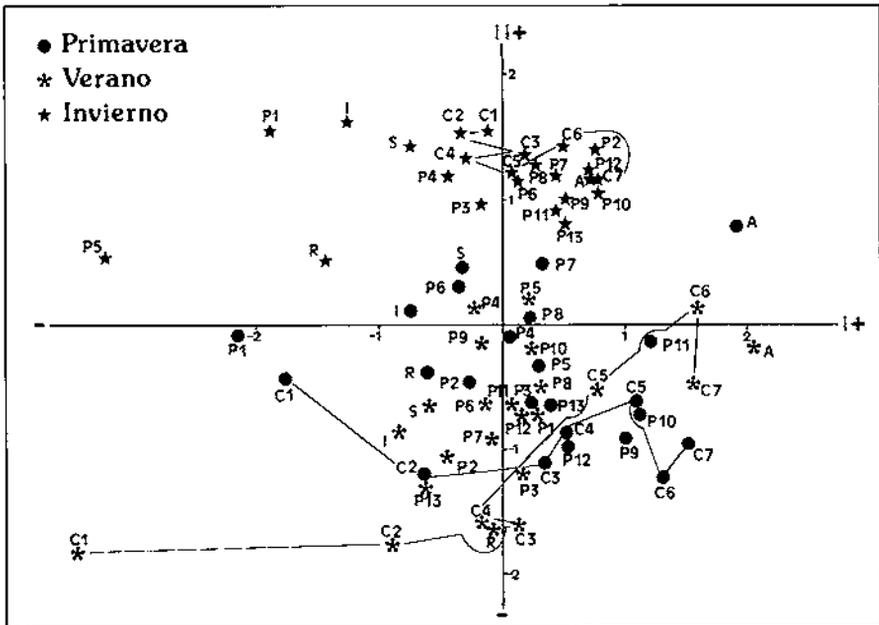


Figura 5. Ordenación de las muestras en el plano definido por los dos primeros componentes.

La ausencia de heterogeneidad que desde el punto de vista físico-químico presentan las muestras de primavera y verano, y que según se ha establecido, está relacionada con la presencia del embalse, se mantiene también durante el invierno. Semejante resultado, que suele ser normal para este período en un río no regulado, determina una elevada semejanza entre el Porma y el Curueño en lo referente a su comportamiento frente al gradiente longitudinal de mineralización.

La acentuada diferenciación de la muestra 5 del Porma es el resultado de las modificaciones que experimenta el río, tanto en lo referente al contenido de nutrientes como de sales disueltas, y que están relacionadas, según se puso de manifiesto en el apartado anterior, con la incorporación de varios pequeños afluentes aguas arriba del punto de muestreo.

La posición de las muestras correspondientes a los dos afluentes situados en la cabecera de la cuenca, el Isoba y el Silván, así como a el Río, que se localiza en la zona media, permiten calificarlos de poco mineralizados, aunque existe una ligera variación estacional asociada a las fluctuaciones del caudal que transportan. Características muy diferentes se observan en el arroyo de Arianes, cuyas muestras de julio y mayo ocupan la posición más avanzada dentro del gradiente de mineralización, como consecuencia de sus valores de conductividad y calcio y su contenido en nutrientes. Esta situación, que resulta especialmente significativa si se tiene en cuenta que dicho arroyo aporta sus aguas al embalse del Porma, tiene su origen en el impacto producido por el pueblo de Reyero y se acentúa al reducirse el caudal.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la Excm. Diputación de León, dentro de los planes de investigación realizados en colaboración con la Universidad de León y correspondientes a la convocatoria de 1987.

### Bibliografía

- CUMMINS, (1977). From Headwater streams to rivers. *Am. Biol. Teacher*, 39: 305-312.
- FERNÁNDEZ, M.; IBÁÑEZ, Y. & FERNÁNDEZ, M.C. (1987). *Estudio físico-químico de los ríos de la cuenca del Bernesga*. Actas del IV Congreso Español de Limnología: 179-190.
- GARCÍA DE BIKUÑA, B.; BASAGUREN, A.; CACHO, M. & ORIVE, E. (1987). *Características físico-químicas de las aguas superficiales de los principales ríos de Bizcaia*. Actas del IV Congreso Español de Limnología: 165-178.
- MARGALEF, R.; PLANAS, D.; ARMENGOL, J.; VIDAL, A.; PRAT, N.; GUISET, A.; TOJA, J. & ESTRADA, M. (1976). *Limnología de los embalses españoles*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- MAUCHA, R. (1932). *Hydrochemische Methoden in der Limnologie*. Die Binnengewasser. 12: 173 pp.
- NEEL, J.K. (1963). *Impact of reservoirs*. En: D.G. Frey (ed.). *Limnology in North America*. University of Wisconsin Press. Madison., pp. 575-593.
- RODIER, J. (1981). *Análisis de las aguas. Aguas naturales. Residuales. Agua de mar*. Ed. Omega. Barcelona.

- SABATER, F. & ARMENGOL, J. (1986). *Characterization chemical of the Ter river*. *Limnética*, 2: 75-85.
- SOLTERO, R.A.; WRIGHT, J.C. & HORPESTAD, A.A. (1973). *Effects of impoundment on the water quality of the Birghon River*. *Water Res.* 7: 343-354.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. (1980). *The river continuum concept*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1983). *The serial discontinuity concept of lotic ecosystems*. *En: T.D. Fontaine & S.M. Bartell (eds.) Dynamic of lotic ecosystem Ann Arbor Science Publ. Michigan*.
- WEBSTER, J.R. & PATTEN, B.C. (1979). *Effects of watershed perturbation on stream potassium and calcium dynamics*. *Ecol. Monogr.* 49: 51-72.