

# VARIACIONES NICTEMERALES DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE UN RÍO CANTÁBRICO

A. Elosegui y J. Pozo

Laboratorio de Ecología, Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Facultad de Ciencias, UPV/EHU, Apdo. 644,48080, Bilbao, Spain.

Palabras clave: río, química, variabilidad, nictemeral, España.

## ABSTRACT

### DIEL CHANGES IN PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE WATER IN A NORTH IBERIAN STREAM

The importance of diel variability in the physical and chemical characteristics of the water has been investigated in three different reaches of the Agüera stream (Northern Spain). The changes in insolation and temperature, the rhythm of human caused discharges and the variations in the metabolic activity of the stream community interact to produce different diel dynamics for each reach studied. Ranges of variation are lowest in headwaters and highest in midreaches affected by urban runoff. There, diel variability can be most important, specially for variables related to the activity of the benthic community: percentage of oxygen saturation, inorganic nutrient concentrations or pH. The removal of riparian vegetation enhances the biological activity of the stream, producing a shift to diel patterns more typical of rivers of greater order. To improve the design of sampling strategies in streams, it is necessary to take into account the intensity of diel changes in the different reaches under study.

## RESUMEN

Se ha estudiado la importancia de la variabilidad nictemeral en tres tramos del río Agüera (Norte de España). Los cambios en insolación y temperatura, el ritmo de los vertidos urbanos y las variaciones en la actividad metabólica de la comunidad fluvial interactúan, produciendo dinámicas nictemerales diferentes para cada tramo estudiado. Los rangos de variación son mínimos en cabecera y máximos en tramos medios afectados por zonas urbanas. En estos últimos, la variabilidad nictemeral puede ser muy importante, especialmente para variables relacionadas con la actividad de la comunidad bentónica: porcentaje de saturación de oxígeno, concentraciones de nutrientes inorgánicos o pH. La eliminación de la vegetación riparia facilita un incremento en la actividad biológica del río, produciendo patrones de variabilidad nictemeral típicos de un río de mayor orden. Para optimizar el diseño de las estrategias de muestreo en sistemas lóticos, es necesario tener en cuenta la intensidad de las variaciones nictemerales en los distintos tramos estudiados.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas fluviales están sujetos a importantes fluctuaciones, que ocurren a escalas espaciales y temporales muy diferentes, abarcando desde segundos a siglos, y desde milímetros a cientos de kilómetros (SCHUMM, 1988). El conocimiento de la importancia de estas variaciones es un paso clave en la comprensión de dichos sistemas (GORE *et al.*, 1990). De este amplio rango de variabilidad, los cambios mejor documentados son aquellos a escala de meses y los asociados a episodios de crecidas (p.ej., CASEY *et al.*, 1981; DRISCOLL *et al.*, 1987; VAN DER WEIJDEN & MIDDELBURG, 1989; PHILLIPS & STEWART, 1990), y han demostrado tener gran importancia para la comuni-

dad fluvial. La importancia de otras escalas de variabilidad no es tan conocida, y a menudo ha sido asumida a partir de evidencias empíricas limitadas. La variabilidad nictemeral ha sido citada por muchos autores (p.ej.: ODUM, 1957; HALL, 1972; LAVANDIER, 1974; JAKOB & TSCHUMI, 1988; CHESTERIKOFF *et al.*, 1991; REBSDORF *et al.*, 1991; KUWABARA, 1992; POZO *et al.*, 1994a), pero son escasos los estudios que analizan su importancia, posiblemente por la reciente tendencia a estudiar cabeceras de arroyos forestados, que son especialmente constantes a esta escala temporal (BURKHOLDER & SHEATH, 1985). En particular, se ha publicado poco acerca de los gradientes longitudinales y temporales en la variabilidad nictemeral, y acerca de su relación con actividades antrópicas.

En este artículo analizamos la magnitud de los cambios nictemerales en tres diferentes tramos de un arroyo cantábrico, y discutimos la importancia de estas fluctuaciones para la evaluación de la calidad de aguas en sistemas lóticos, así como la posible influencia sobre la comunidad bentónica.

## ÁREA DE ESTUDIO

El río Agüera es un arroyo moderadamente mineralizado (ELÓSEGUI & POZO, 1992; POZO *et al.*, 1994b; ELÓSEGUI & POZO, en prensa) que drena una cuenca de 145 km<sup>2</sup> y discurre entre Cantabria y el País Vasco. El clima es oceánico templado y la litología fundamentalmente silíceo, salvo en un amplio cinturón calcáreo en el centro de la cuenca. La cabecera está cubierta por bosques caducifolios, las márgenes del río por cultivos, y las zonas de mayor pendiente en la parte media y baja de la cuenca por plantaciones forestales y pastizales. Los principales núcleos urbanos son los de Guriezo (1830 hab.), Trucíos (520 hab.) y Villaverde (490 hab.), pero la población es de tipo disperso, y la mayor parte de las casas se encuentran diseminadas por la cuenca. La ausencia de actividades industriales y la baja densidad de población determinan niveles altos de calidad en la mayor parte del río; a su paso por los núcleos urbanos el río se enriquece en nutrientes (GONZÁLEZ *et al.*, 1993), pero la alta capacidad autodepuradora del mismo hace que se recuperen rápidamente los niveles óptimos (ELÓSEGUI *et al.*, en prensa).

## MÉTODOS

Tres estaciones fueron muestreadas en cuatro ocasiones durante 1990 (7 de Marzo, 2 de Mayo, 25 de Julio y 18 de Diciembre), hora a hora, hasta completar ciclos de 24 horas. La estación 1, en cabecera, es un tramo forestado, rodeado de bosque caducifolio, con aliso, castaño y roble pedunculado; La estación 5, situada en la banda calcárea central de la cuenca, recibe vertidos urbanos de Trucíos, y está rodeada de prados y cultivos; La estación 7, sobre substrato silíceo está rodeada de plantaciones de eucaliptos. Los muestreos se llevaron a cabo, en la medida de lo posible, en periodos de condiciones meteorológicas similares, y tras varios días de estabilidad hidrológica.

Se midieron *in situ* las siguientes variables: sección transversal del canal, distribución de velocidades del agua (flujómetro General Oceanics), pH y temperatura (pHmetro Scharlau Hi 8424), conductividad (conductivímetro WTW LF90), concentración y porcentaje de saturación de oxígeno (oxímetro WTW Oxi96). Se tomaron muestras de agua en botes de plásti-

co, que fueron inmediatamente introducidas en una nevera portátil y transportadas al laboratorio. Las muestras para la determinación de fosfato fueron, asimismo, mantenidas en frío, pero en botella de vidrio.

En el laboratorio, y mediante la metodología estándar (APHA, 1980) se determinaron las siguientes variables: alcalinidad y dureza, por titulación; magnesio, sodio y potasio, por espectrofotometría de absorción atómica; calcio, mediante el cálculo de la diferencia entre los resultados de dureza y magnesio; silicato reactivo, nitrato, nitrito, amonio y fósforo reactivo, por espectrofotometría; sulfato, por turbidimetría. Las determinaciones de alcalinidad y dureza se realizaron inmediatamente, y el resto de las muestras fueron mantenidas a 4°C hasta su análisis. Cuando no fue posible realizar el análisis en 24 horas, se congelaron las muestras a -20°C.

## RESULTADOS

Las variaciones nictemerales de temperatura (Figura 1) fueron mínimas en cabecera (estación 1) y máximas en la estación 5, donde se registraron amplitudes térmicas de hasta 8°C. La estación 7, debido a sus características fisiográficas (orillas escarpadas, dirección SE-NW, que impide que el sol incida directamente en el lecho) presenta variaciones intermedias en cuanto a la temperatura. En Diciembre, y debido al mayor caudal, las variaciones nictemerales fueron reducidas, y la temperatura fresca a lo largo del cauce principal. El porcentaje de saturación de oxígeno permaneció prácticamente inalterado en la estación 1, mientras sufría importantes cambios en las dos restantes, especialmente a caudales reducidos. Los mayores niveles de sobresaturación fueron detectados en Marzo y Julio, época en la que el rango de variación para la estación 5 iba de 30 a 190%, mucho más de lo detectado en la estación 7. Los valores de pH reflejan la influencia del metabolismo fluvial sobre esta variable, reflejando los cambios en la saturación de oxígeno. En época de bajo caudal llegaron a medirse cambios de hasta dos unidades de pH a lo largo del día.

La conductividad, alcalinidad y dureza (Figura 2) mostraron rangos de variación mucho menores, y aparente ausencia de patrones nictemerales. La dureza mostró máxima variabilidad en la estación 1 en Diciembre, posiblemente como consecuencia de los cambios rápidos en el caudal. Al mismo tiempo, la alcalinidad y el pH estaban en sus mínimos valores, unos 0.3 meq/l y 6.9, respectivamente. Aparte de este caso, no se detectaron cambios importantes.

Los nutrientes inorgánicos nitrogenados (Figura 3) mostraron patrones de variación distintos para cada estación. El nitrato permanecía relativamente constante en cabecera, con la

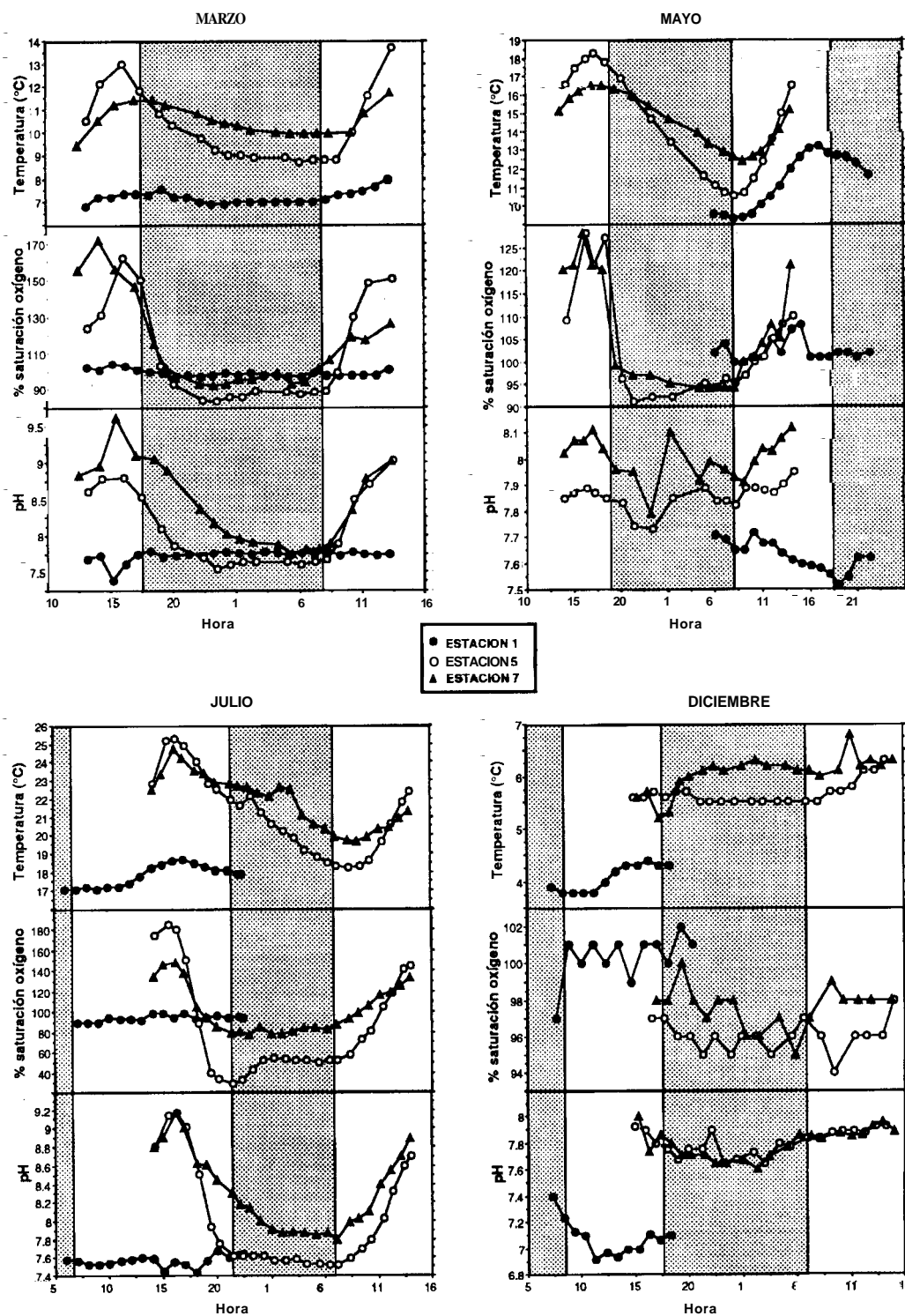


FIGURA 1. Variaciones nictemerales de la temperatura del agua, porcentaje de saturación de oxígeno y pH. Las áreas sombreadas representan el periodonocturno.

FIGURE 1. Diel changes in temperature, percentage of oxygen saturation and pH. Shaded parts correspond to night periods.

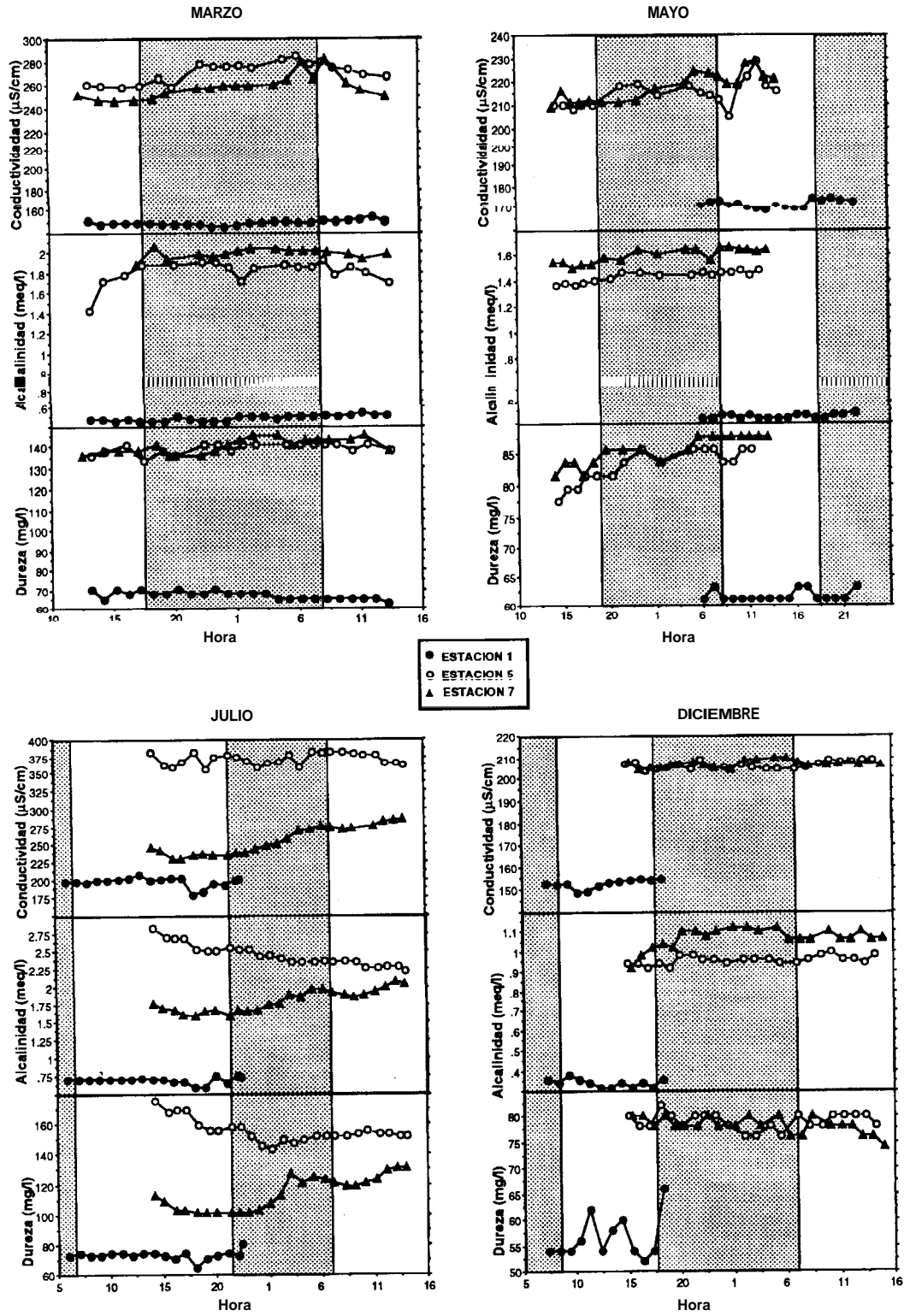


FIGURA 2. Variaciones diurnas de la conductividad, alcalinidad y dureza. Las áreas sombreadas representan el periodo nocturno.  
 FIGURE 2. Diel changes in conductivity, alkalinity and hardness. Shaded parts correspond to night periods.

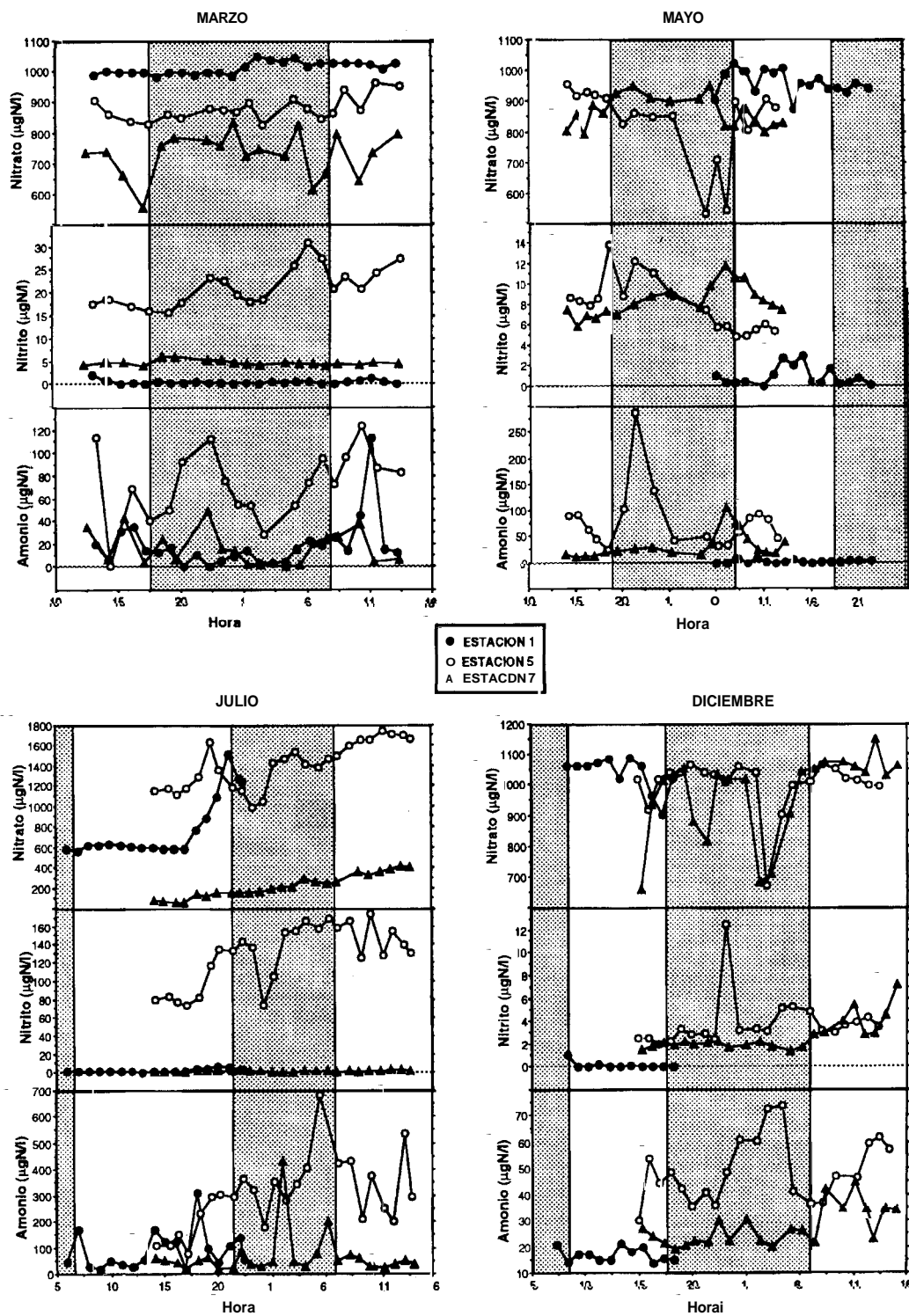


FIGURA 3. Variaciones nictemerales de las concentraciones de nitrato, nitrito y amonio. Las áreas sombreadas representan el período nocturno.  
 FIGURE 3. Diel changes in nitrate, nitrite and ammonia concentrations. Shaded parts correspond to night periods.

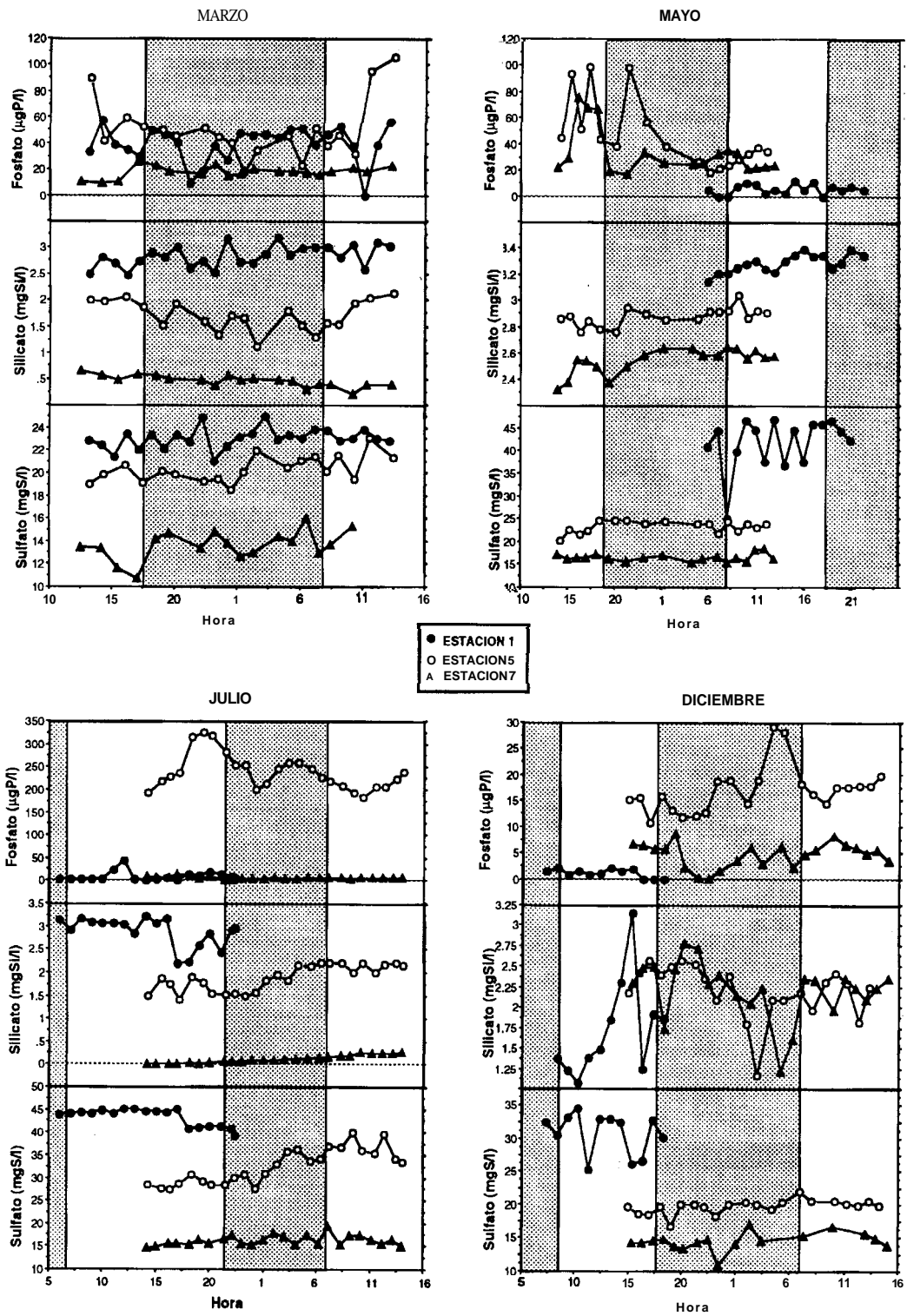


FIGURA 4. Variaciones nictemerales de las concentraciones de fosfato, silicato y sulfato. Las áreas sombreadas representan el periodo nocturno.  
 FIGURE 4. Diel changes in phosphate, silicate and sulfate concentrations. Shaded parts correspond to night periods.

TABLA 1. Valores máximos y mínimos para las variables determinadas, siguiendo un muestreo quincenal a lo largo del año (Anual), o correspondientes al muestreo nictemeral de mayor rango de variación.

TABLE 1. Minimum and maximum values for the variables measured. Annual refers to data obtained sampling year-round every two weeks. Data under Nictemeral heading correspond to the highest and lowest results registered for one 24h period.

Est.	Temperatura (°C)				pH				Conductividad(μS/cm)			
	Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral	
	rnin	rmax	min	max	min	max	min	max	rnin	rmax	min	max
1	3.9	17.2	9.3	13.2	6.98	8.22	6.92	7.40	91	227	179	208
5	4.0	18.1	<b>10.5</b>	18.3	7.37	9.80	7.51	9.17	164	423	356	383
7	4.8	20.4	<b>19.6</b>	24.7	7.52	<b>9.52</b>	7.75	9.60	184	327	229	285
Est.	Conc. oxígeno (mg/l)				% saturación oxígeno				Alcalinidad (meq/l)			
	Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral	
	min	max	min	max	min	max	rnin	rmax	rnin	rmax	rnin	rmax
1	8.3	13.3	8.1	9.9	90	115	90	99	0.22	1.28	0.60	0.76
5	4.7	<b>16.1</b>	2.4	<b>14.9</b>	50	154	29	185	0.70	3.70	1.18	1.92
7	9.2	13.6	10.2	18.8	94	126	92	172	1.06	<b>2.72</b>	1.10	2.06
Est.	Dureza (mg/l)				Magnesio (mg/l)				Calcio (mg/l)			
	Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral	
	rnin	rmax	min	max	min	max	tnin	tmax	rnin	rmax	min	max
1	28	105	64	81	0	4.05	0.94	2.96	9.0	36.5	17.7	23.0
5	52	196	143	176	0	3.87	0.65	3.12	19.4	72.1	53.1	67.9
7	70	188	101	131	0	3.09	1.63	5.42	26.0	70.4	37.8	51.2
Est.	Sodio(mg/l)				Potasio (mg/l)				Silicato (mgSi/l)			
	Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral	
	min	max	min	max	rnin	rmax	min	max	min	max	min	max
1	2.3	11.7	1.4	7.8	0.6	2.1	0.3	1.4	<b>1.1</b>	3.7	<b>1.1</b>	3.2
5	2.1	28.7	9.2	17.8	0.9	4.9	1.3	7.9	0.1	2.8	1.2	2.3
7	2.1	12.5	5.7	11.8	0.5	3.5	0.3	2.1	0	<b>2.5</b>	1.2	2.8
Est.	Nitrato (μgN/l)				Nitrito (μgN/l)				Amonio (μgN/l)			
	Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	301	1060	564	1517	0	6	1	7	0	904	18	311
5	198	1114	988	1745	2	106	72	173	12	494	78	682
7	64	1070	582	742	1	34	6	12	0	148	16	430
Est.	Fosfato (μgP/l)				Sulfato (mgS/l)							
	Anual		Nictemeral		Anual		Nictemeral					
	min	max	rnin	rmax	min	max	min	max				
1	0	33	1	44	12.7	76.9	25.0	46.9				
5	13	234	181	326	<b>18.5</b>	<b>49.5</b>	27.4	40.0				
7	0	42	42	76	10.4	32.6	10.9	17.1				

excepción de un pico en Julio, asociado posiblemente a una ligera tormenta. En las estaciones 5 y 7, las diferencias fueron habitualmente mayores aunque, aparte de Diciembre, no hubo asociación entre ambos tramos. Tampoco fueron consistentes los patrones de fechas diferentes. El nitrato mantuvo siempre valores bajos en cabecera, mientras fluctuaba de forma bastante clara en la estación 5. En este tramo, los máximos de nitrato ocurrían habitualmente cerca de las 08 y 22 horas, estando aparentemente controlados por las variaciones en las entradas urbanas. Las variaciones en la concentración de nitrato en la estación 7 fueron habitualmente pequeñas. El amonio mostró

así mismo un claro patrón de variación en la estación más contaminada, aunque los máximos no siempre coincidían con los de nitrato. Tampoco coincidían los patrones de variación de las estaciones 5 y 7, ni aunque se tenga en cuenta el posible desfase entre ambas.

El fosfato (Figura 4) está, así mismo, sujeto a la variabilidad antrópica, más intensa en la estación 5. El patrón de variación, sin embargo, cambió a lo largo del año, posiblemente como consecuencia del efecto de la comunidad bentónica, responsable de la disminución en la concentración de este nutriente desde la estación 5 a la 7. El silicato mostró variaciones mucho

menores, asociadas principalmente al nivel de caudal. El sulfato no sufrió variaciones de importancia, aun en condiciones de caudal cambiante. El gradiente longitudinal en la concentración de sulfato, achacable a cambios en la litología, se mantuvo prácticamente constante a lo largo del año.

## DISCUSIÓN

La intensidad de las variaciones nictemerales en las características físico-químicas del río Agüera cambia en función de la variable estudiada, del tramo y de las condiciones ambientales. La estación 1 muestra unos rangos de variación muy reducidos para la mayor parte de las variables determinadas, siendo el caudal el principal responsable de las mismas. Las cabeceras de los ríos son habitualmente los tramos de quimismo más constante (BURKHOLDER & SHEATH, 1985), como consecuencia de la contribución relativamente grande del agua de origen subterráneo, y del efecto del dosel forestal.

Aguas abajo, la variabilidad nictemeral se incrementa de forma muy importante, siendo máxima en la estación 5, más afectada por los vertidos urbanos de Trucíos y por las modificaciones del cauce. Aunque la variabilidad nictemeral mayor de los tramos medios ha sido citada por muchos autores (p.ej. VANNOTE *et al.*, 1980) el patrón e intensidad de esas variaciones distan de estar claros. La amplitud térmica, por ejemplo, sería máxima en tramos con la suficiente anchura y en los que el volumen de agua no fuera excesivamente elevado para impedir su rápido enfriamiento o calentamiento. En la práctica, sin embargo, hay más factores en juego; en el río Agüera los tramos cercanos a la estación 5 están prácticamente desprovistos de vegetación riparia, que vuelve a ser importante aguas abajo, y además, el río circula más encajonado en la estación 7, y en dirección SE-NW, lo que lo hace más sombrío.

Otra serie de variables, como la saturación de oxígeno o el pH, dependen a esta escala de observación, fundamentalmente de la capacidad fotosintética del tramo. En la estación 5, la disponibilidad de luz y nutrientes favorecen las proliferaciones algales, lo que se traduce en tasas fotosintéticas muy elevadas (datos sin publicar), y rangos de saturación de oxígeno y pH muy acentuados, especialmente si tenemos en cuenta que se trata de un río bastante turbulento. Numerosos estudios (p.ej. NISBET & VERNEAUX, 1970; REBSDORF *et al.*, 1991; KUWABARA, 1992) citan la relación existente entre el metabolismo de la comunidad y el pH, pero no hemos encontrado en la literatura sobre sistemas lóticos variaciones de la magnitud de las detectadas en el río Agüera. No podemos aventurar hasta qué punto esto es sencillamente consecuencia de la falta

de estudios o publicaciones al respecto, o una característica diferencial de los ríos cantábricos.

Las variables asociadas a la mineralización muestran cambios mucho menores, y regulados por el caudal. La precipitación de carbonato cálcico, asociada en muchos ríos a la producción primaria (e.g., MARKER & CASEY, 1982), puede ser observada en los tramos medios del río Agüera, pero no parece ser muy importante desde el punto de vista de la mineralización, dada la reserva alcalina del agua en dicho tramo.

Aunque las variaciones nictemerales de la concentración de nutrientes inorgánicos estarán evidentemente condicionadas por el metabolismo de la comunidad, en el río Agüera, especialmente en la estación 5, reflejan fundamentalmente el ritmo de actividad humana. De los diferentes nutrientes, el nitrato es el que tiene un origen más diverso. Las fuentes de nitrato en cuencas sin alterar están principalmente relacionadas con el lavado de suelos (MOSS, 1988; MCDIFFETT *et al.*, 1989), y en sistemas más alterados puede aumentarse como resultas de los vertidos urbanos o agrícolas (HARPER, 1992). El papel de los vertidos urbanos en los tramos medios del río Agüera parece importante (GONZÁLEZ *et al.*, 1993), pero la contribución de las zonas de cabecera a las entradas de nitrato no es desdeñable (ELÓSEGUI & POZO, en prensa). El nitrito, amonio y fosfato, por su parte, están típicamente asociados a los vertidos urbanos (OSBORNE & WILEY, 1988; HARPER, 1992; GONZÁLEZ *et al.*, 1994), y en consecuencia, podría esperarse encontrar patrones de variación similares para todos ellos. No es esto lo que sucede en el río Agüera, posiblemente debido a los complicados mecanismos de control sobre estos nutrientes. La concentración de fosfato, por ejemplo, depende de los niveles de entradas urbanas, de la actividad metabólica de la comunidad y de la solubilidad de este nutriente, controlada en parte por la temperatura, pH y alcalinidad del agua (KLOTZ, 1991).

¿Cuáles son las consecuencias de estas variaciones nictemerales para la comunidad fluvial? La hipótesis de las perturbaciones intermedias (CONNELL, 1978) sugiere que la diversidad específica debería ser máxima en condicione:; de variabilidad ambiental intermedia, en que ni la exclusión competitiva ni las perturbaciones fueran demasiado importantes. De acuerdo con esta hipótesis, VANNOTE *et al.* (1980) propusieron que las comunidades fluviales alcanzarían su máxima diversidad en tramos medios, por la mayor variabilidad ambiental, fundamentalmente a escala nictemeral. Su hipótesis, criticada por varios autores (WINTERBOURN *et al.*, 1981; STATZNER & HIGLER, 1985), ha recibido algún apoyo empírico (STANFORD & WARD, 1983), aunque la relación causa-efecto dista de ser clara.



Los datos obtenidos en el río Agüera sobre la comunidad bentónica (RIAÑO *et al.*, 1993) muestran que la mayor diversidad de macroinvertebrados ocurre en el tramo de autodepuración aguas abajo de Trucíos, que incluye la estación 7. No está claro que esta diversidad refleje un nivel "óptimo" de perturbación o una mayor diversidad de hábitats, pero pensamos que la intensidad de la variabilidad nictemeral en la estación 5 podría ocasionar la desaparición local de algunos taxones, bien directamente o a consecuencia de las interacciones con otras especies. Los cambios en la saturación de oxígeno y en el pH podrían, asimismo, suponer un fuerte estrés para la comunidad bentónica (BARNABÉ, 1989). Aunque no se demostró la causalidad directa, se detectó mortalidad de truchas en esta estación durante la campaña de Julio, coincidiendo con los mínimos de saturación de oxígeno. De todas formas, la biota de la estación 5 es muy diversa, probablemente a consecuencia de la predecibilidad de estas variaciones (POFF & WARD, 1989) y de la breve duración de los periodos en los que se detectan valores críticos. En este sentido, diferentes índices de calidad de aguas hacen referencia a la duración de las condiciones de estrés (CEOTMA, 1984).

La intensidad de las variaciones nictemerales detectadas obligan a ser cautos a la hora de interpretar en este u otros sistemas similares los resultados de estudios basados en diseños de muestreo convencionales. La fiabilidad de este tipo de datos depende de la variable medida y de la estación estudiada. Se podría realizar una clasificación con las variables determinadas, en función de la variabilidad nictemeral frente a la detectada en muestreos quincenales durante un ciclo anual (ELÓSEGUI & POZO, en prensa). La tabla 1 muestra los rangos de variabilidad detectados en el muestreo anual frente a los rangos máximos detectados en los nictemerales. Las variables más asociadas a la mineralización (conductividad, dureza, calcio) y aquellas reguladas fundamentalmente por el caudal (silicato) muestran variaciones nictemerales pequeñas. Para este tipo de variables las estrategias de muestreo convencionales son adecuadas, siempre que cuidemos el muestrear los periodos hidrológicamente extremos.

Variabes como la saturación de oxígeno o las concentraciones de nutrientes muestran mayores rangos nictemerales que los detectados a lo largo del año muestreando a horas fijas. En el río Agüera la variabilidad de los nutrientes es máxima en la estación 5 durante Julio. Una parte de la variabilidad nictemeral, especialmente las curvas de saturación de oxígeno, son bastante regulares, pero la mayor parte de las variables fluctúan de forma bastante impredecible. En consecuencia, la evaluación de las características del agua mediante estrategias de muestreo convencionales sería muy poco segura para estas

variables, especialmente en tramos afectados por vertidos urbanos.

La temperatura, el pH, el nitrato y también el contenido orgánico del seston (POZO *et al.*, 1994a) muestran rangos de variación intermedios. Algunas de dichas variables, fundamentalmente el pH, son medidas habitualmente para evaluar la calidad del agua para uso humano. Como hemos indicado en otra publicación (ELÓSEGUI *et al.*, en prensa), esta variable no parece ser un descriptor adecuado de la calidad del agua en el río Agüera. Su gran variabilidad nictemeral haría clasificar el agua de tramos medios como no utilizable, aunque la biota es rica y abundante, incluyendo organismos muy sensibles a la contaminación (RIAÑO *et al.*, 1993).

La diversidad climática y ambiental determinará, sin duda, diferencias en las escalas de variabilidad de los ríos de la Península Ibérica. Las variaciones nictemerales de los ríos de la Cornisa Cantábrica puede ser muy importante, a tenor de nuestros resultados, y debe ser tenida en cuenta para cualquier estudio de evaluación de calidad en base a variables físico-químicas. A esta escala temporal influyen fundamentalmente tres fuentes de variabilidad: (I) un cambio abiótico en las condiciones ambientales (insolación, temperatura...), (II) un ritmo de actividades humanas, reflejado en las entradas de vertidos al río, y (III) una variación del metabolismo de la comunidad. Estas tres fuentes de variabilidad, aunque no son independientes, afectan a cada variable en un modo diferente, y presentan importancias relativas distintas en los tramos estudiados, lo que produce las dinámicas nictemerales características de cada estación; estas cambian a lo largo del año, y también en función del caudal. La comunidad fluvial juega un papel fundamental en el control de las características ambientales (WYER & HILL, 1984), como puede deducirse de la alta capacidad de autodepuración del río Agüera (ELÓSEGUI *et al.*, en prensa). Sería interesante, en ese sentido, realizar una evaluación más intensiva de los patrones de variabilidad nictemeral en los ríos de la Península, y de la variación espacio-temporal de dichos patrones.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está basado en el proyecto de investigación PIGV 8924, financiado por el Gobierno Vasco.

## BIBLIOGRAFÍA

APHA. 1980. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 15<sup>th</sup> edition. American Public Health Association, Washington.

- BARNABÉ, G. 1989. *Aquaculture. Technique et Documentation*. Lavoisier, Paris.
- BURKHOLDER, J.M. & SHEATH, R.G. 1985. Characteristics of softwater streams in Rhode Island. I. A comparative analysis of physical and chemical variables. *Hydrobiologia*, 128: 97-108.
- CASEY, H.; CLARKE, R.T. & MARKER, F.H. 1981. The seasonal variation in silicon concentration in chalk streams in relation to diatom growth. *Freshwat. Biol.*, 11: 335-344.
- CEOTMA. 1984. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Serie manuales, 3. Madrid.
- CHESTERIKOFF, A.; GARBAN, B. & OLLIVON, D. 1991. Daily rhythms in the river Seine: relative impacts of natural and anthropogenic factors. *Wat. Res.*, 25: 1523-1528.
- CONNELL, J.H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- DRISCOLL, C.T.; YATSKO, C.P. & UNANGST, F.J. 1987. Longitudinal and temporal trends in the water chemistry of the North Branch of the Moose River. *Biogeochemistry*, 3: 37-61.
- ELÓSEGUI, A. & POZO, J. 1992. Physico-chemical characteristics of the Agüera River (Spain) during an unusual hydrologically period. *Ann. Limnol.*, 28: 85-96.
- ELÓSEGUI, A. & POZO, J. en prensa. Spatial versus temporal variability in the physical and chemical characteristics of the Agüera stream (North Spain). *Acta Oecol.*
- ELÓSEGUI, A.; ARANA, X.; BASAGUREN, A. & POZO, J. en prensa. Selfpurification processes in a medium-sized stream. *Environ. Man.*
- GONZÁLEZ, E.; ELÓSEGUI, A. & POZO, J. 1993. Influencia de los núcleos urbanos en la variabilidad físico-química del río Agüera. *Kobie* (en prensa).
- GONZÁLEZ, E.; ELÓSEGUI, A. & POZO, J. 1994. Changes in the physico-chemical characteristics of the Agüera streamwater associated with human settlements. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 25: 1733-1738.
- GORE, J.A.; KELLY, J.R. & YOUNT, J.D. 1990. Application of ecological theory to determining recovery potential of disturbed lotic ecosystems: research needs and priorities. *Envir. Manag.*, 14: 757-762.
- HALL, C.A.S. 1972. Migration and metabolism in a temperate stream ecosystem. *Ecology*, 53: 585-604.
- HARPER, D. 1992. *Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration*. Chapman and Hall, London.
- JAKOB, A. & TSCHUMI, P. 1988. Diurnal variations of chemical and physical factors in a running water (Suze, Bernese Jura). *Arch. Hydrobiol.*, 113: 607-620.
- KLOTZ, R.L. 1991. Temporal relation between soluble reactive phosphorus and factors in stream water and sediments in Hoxie Gorge Creek, New York. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 48: 84-90.
- KUWABARA, J.S. 1992. Associations between benthic flora and diel changes in dissolved arsenic, phosphorus, and related physicochemical parameters. *J. N.Am. Benthol. Soc.*, 11: 218-228.
- LAVANDIER, P. 1974. Ecologie d'un torrent Pyrénéen de haute montagne. I. Caractéristiques physiques. *Ann. Limnol.*, 10: 173219.
- MARKER, A.F.H. & CASEY, H. 1982. The population and production dynamics of benthic algae in an artificial recirculating hardwater stream. *Phil. Trans. r. Soc., Lond. B.*, 298: 265-308.
- M<sup>c</sup>DIFFETT, W.F.; BREIDLER, A.W.; DOMINICK, T.F. & M<sup>c</sup>CREA, K.D. 1989. Nutrient concentration-stream discharge relationships during storm events in a first-order stream. *Hydrobiologia*, 179: 97-102.
- MOSS, B. 1988. *Ecology of Fresh Waters, Man and Medium*. 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell, Oxford.
- NISBET, M. & VERNEAUX, J. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Ann. Limnol.*, 6: 161 - 190.
- ODUM, H.T. 1957. Trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida. *Ecol. Mon.*, 27: 55-112.
- OSBORNE, L.L. & WILEY, M.J. 1988. Empirical relationships between land use/cover and stream water quality in an agricultural watershed. *J. Envir. Manag.*, 26: 9-27.
- PHILLIPS, R.A. & STEWART, K.M. 1990. Longitudinal and seasonal water chemistry variations in a northern Appalachian stream. *Wat. Resour. Bull.*, 26: 489-498.
- POFF, N.L. & WARD, J.V. 1989. Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of streamflow patterns. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 46: 1805-1818.
- POZO, J.; ELÓSEGUI, A. & BASAGUREN, A. 1994a. Seston transport variability at different spatial and temporal scales in the Agüera watershed (North Spain). *Wat. Res.*, 28: 125-136.
- POZO, J.; ELÓSEGUI, A. & BASAGUREN, A. 1994b. Aproximación sistémica al análisis de la cuenca del río Agüera. *Limnética* (en prensa).
- REBSDORF, A.; THYSSEN, N. & ERLANDSEN, M. 1991. Regional and temporal variation in pH, alkalinity and carbon dioxide in a Danish stream, related to soil type and land use. *Fresh wat. Biol.*, 25: 419-435.

- RIAÑO, P.; BASAGUREN, A. & POZO, J. 1993. Variaciones espaciotemporales de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos del río Agüera (País Vasco-Cantabria). *Limnética*, 9: 19-28.
- SCHUMM, S.A. 1988. Variability of the fluvial system in space and time. In: T. Rosswall, R.G. Woodmansee & P.G. Risser (Editores), *Scales and global change*. John Wiley and Sons, New York. pp: 225-250.
- STANFORD, J.A. & WARD, J.V. 1983. Insect species diversity as a function of environmental variability and disturbance in stream systems. In: J. R. Barnes & G.W. Minshall (Editores), *Stream Ecology. Application and testing of general ecological theory*. Plenum, New York. pp: 265-278.
- STATZNER, B. & HIGLER, B. 1985. Questions and comments on the River Continuum Concept. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 42: 1038-1044.
- VAN DER WEIJDEN, C.H. & MIDDELBURG, J.J. 1989. Hydrogeochemistry of the river Rhine: Long-term and seasonal variability, elemental budgets, base levels and pollution. *Wat. Res.*, 23: 1247-1266.
- 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.
- WINTERBOURN, M.J.; ROUNICK, J.S. & COWIE, B. 1981. Are New Zealand stream ecosystems really different? *NZ J. Mar. Freshwat. Res.*, 15: 321 -328.
- WYER, M.D. & HILL, A.R. 1984. Nitrate transformations in southern Ontario stream sediments. *Wat. Resour. Bull.*, 20: 729-737.