

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL ÓRBIGO EN BASE A LAS VARIACIONES EN LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACRÓFITOS

M. Fernández Aláez, M. del C. Fernández Aláez & A. del Río

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

---

### RESUM

S'ha efectuat una anàlisi de la dinàmica espacial i temporal de les comunitats de macròfites aquàtiques i de ribera en la conca de l'Órbigo (León). Aquest estudi s'ha basat en les variacions de la diversitat específica i llurs components i en l'anàlisi de l'heterogeneïtat estructural i dels canvis de composició específica entre estacions de mostreig consecutives. Els rius més perturbats: Órbigo, Tuerto i Luna presenten taxes elevades de canvi, que en general es redueixen progressivament i ofereixen una imatge allargada en relació amb els poc perturbats: Omañas, Duerna i Eria. Es reconeix l'efecte dels embassaments existents en la conca per la disminució de la diversitat biòtica, tot i que assolix valors normals en augmentar la distància.

### RESUMEN

Se ha efectuado un análisis de la dinámica espacial y temporal de las comunidades de macrófitas acuáticas y ribereñas en la cuenca del Órbigo (León). Este estudio se ha basado en las variaciones de la diversidad específica y sus componentes y en el análisis de la heterogeneidad estructural y de los cambios de composición específica entre estaciones de muestreo consecutivas. Los ríos más perturbados: Órbigo, Tuerto y Luna presentan tasas elevadas de cambio, que en general se reducen progresivamente y ofrecen una imagen alargada con relación a los poco perturbados: Omañas, Duerna y Eria. Se reconoce el efecto de los embalses existentes en la cuenca por la disminución de la diversidad biótica que, sin embargo, alcanza valores normales al aumentar la distancia.

### ABSTRACT

The spatial and temporal dynamic of the aquatic and riparian macrophytic communities in the Órbigo basin (León) was analysed. This study has been based on the variations of specific diversity and its components. The structural heterogeneity analysis and the evaluation of the specific composition changes between consecutive sampling sites were also carried out. The most disturbed rivers: Órbigo, Tuerto and Luna have high rates of change, which are gradually reduced, and they show a extended picture in relation to the less disturbed ones: Omañas, Duerna and Eria. The effect of the reservoirs is identified by the reduction of biotic diversity but approaches normal levels with increasing distancia downstream.

---

**Key words:** heterogeneity community, impoundment, macrophytic vegetation, Órbigo basin, species diversity.

## INTRODUCCIÓN

Después de realizada una primera caracterización global de la vegetación macrófita asociada a los ríos que integran la cuenca del Órbigo (Fernández Aláez et al., 1987; Fernández Aláez, et al., 1988b), y complementando otros estudios efectuados en la cuenca acerca de la composición físico-química del agua (Fernández Aláez et al., 1988a) y de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados (Presa et al., 1987), se pretende elaborar, a través de un análisis integrado de los cambios espaciales en la estructura y composición de las comunidades de helófitos e hidrófitos, una imagen gráfica de la cuenca, que traduzca, tanto su variabilidad natural, como el efecto de las actividades en ella desarrolladas. Se pone particular énfasis en la valoración, mediante el análisis de la diversidad, del impacto de los embalses de Barrios de Luna y Villameca, situados en zonas de cabecera, sobre las comunidades vegetales acuáticas y ribereñas de los sistemas lóticos por ellos regulados.

## ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La cuenca del Órbigo se conforma como una de las principales redes hidrográficas de la provincia de León, que se extiende de Norte a Sur y drena una amplia superficie (4972 km<sup>2</sup>). La presencia del embalse de Barrios de Luna (308 Hm<sup>3</sup>) en el río Luna, en la cabecera de la cuenca, confiere a su eje central un particular régimen hidrológico. Por lo que respecta al año 1986, en que se realizó este estudio, durante los 4 primeros meses, y especialmente en marzo, cuando el caudal de salida del embalse es mínimo y la alimentación es pluvial, se observa un aumento gradual de caudal en el eje Luna-Órbigo. De junio a septiembre el gradiente a lo largo del perfil longitudinal se invierte, puesto que la apertura del embalse eleva notablemente el volumen transportado por el río Luna, aguas abajo. Sin embargo, en el tramo medio y en la proximidad de la desembocadura en el Esla el caudal del Órbigo se ha reducido considerablemente, observándose variaciones más acusadas en los meses de junio y julio. En el resto del año las condiciones son de menor uniformidad (MOPU, 1987).

Para llevar a cabo el estudio de la vegetación en los ríos de la cuenca del Órbigo se establecieron 42 estaciones de muestreo, que se visitaron en dos ocasiones: junio y agosto de 1986. En la primera de estas visitas, y como consecuencia del ya mencionado aumento de caudal en el Luna por la apertura del embalse, no se pudo muestrear el punto 6, disponiéndose solamente de datos de 41 estaciones (Fig. 1). Por otra parte, las condiciones de fuerte estiaje durante el mes de agosto, que afectaron sobre todo a los pequeños afluentes de la cuenca, han limitado el segundo muestreo a 37 puntos (Fig. 2). En cada punto de muestreo se delimitó un sector del río de 100 m de longitud, considerando como anchura la del cauce ocupado por el agua, junto con las franjas de vegetación ribereña. En esta superficie se estimó la presencia de las especies de macrófitos como porcentaje de cobertura.

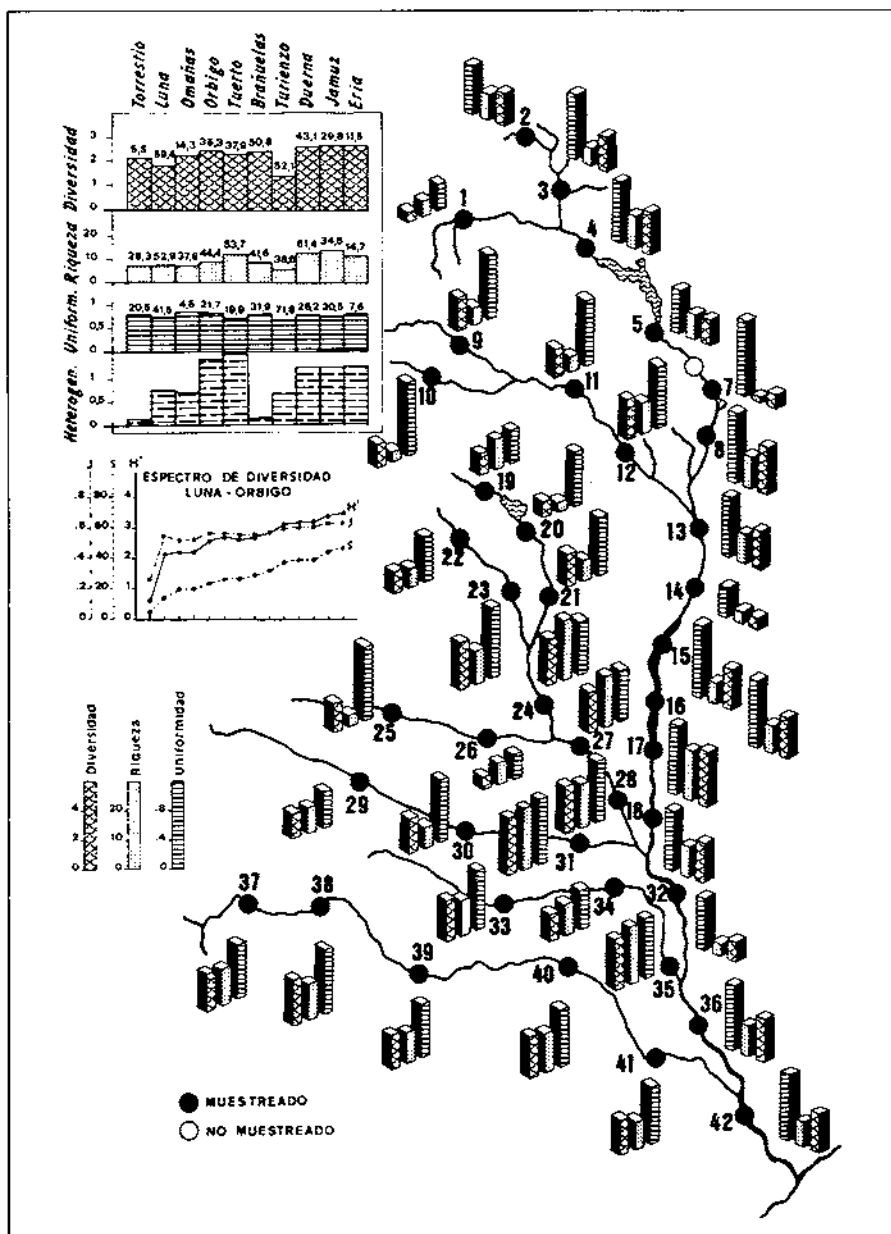


Figura 1. Representación de la diversidad, riqueza y uniformidad de las comunidades de macrófitos en las estaciones de muestreo de la cuenca del Órbigo. Valores de heterogeneidad y medias de diversidad y sus componentes para los principales ríos, con indicación del coeficiente de variación. Espectro de diversidad para el eje de la cuenca Luna-Órbigo. Datos del muestreo de junio de 1986.

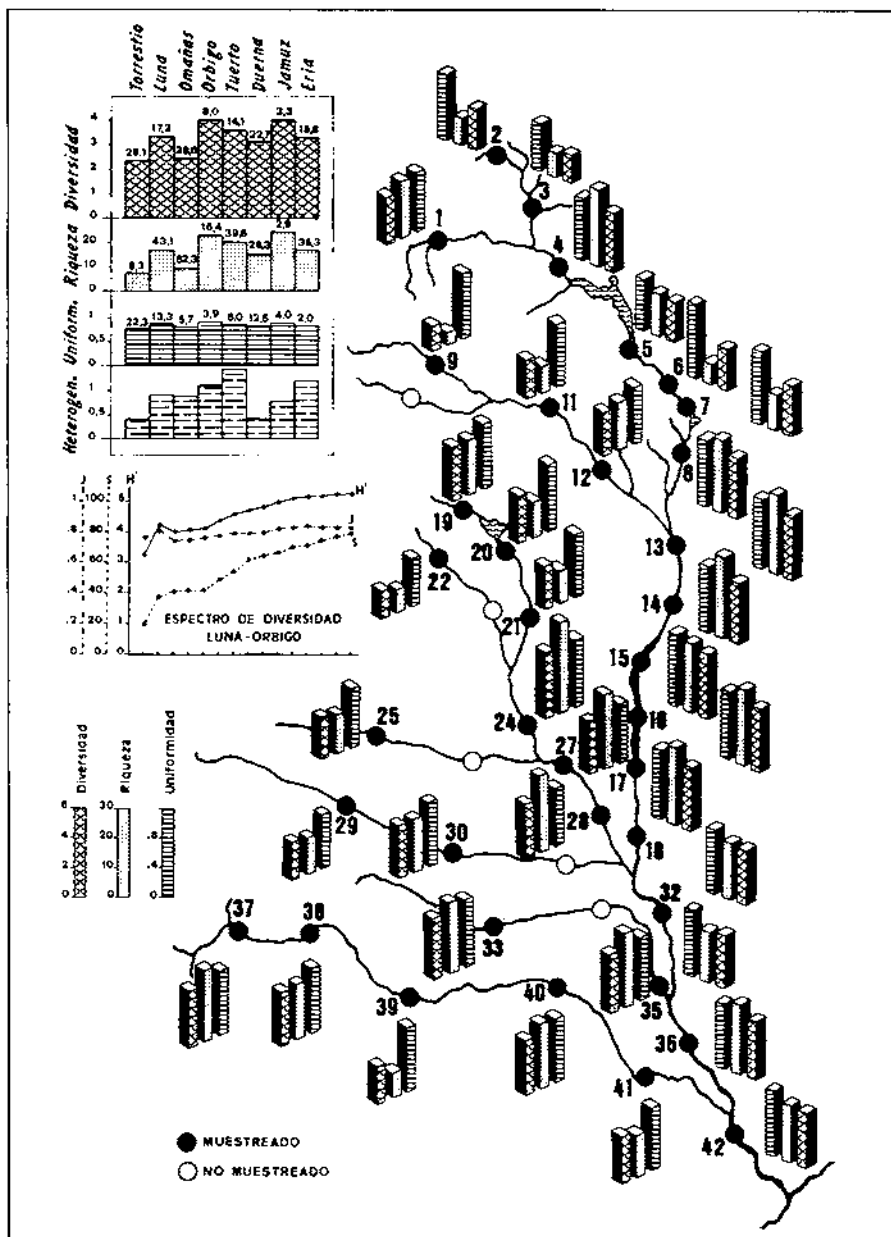


Figura 2. Representación de la diversidad, riqueza y uniformidad de las comunidades de macrófitos en las estaciones de muestreo de la cuenca del Órbigo. Valores de heterogeneidad y medias de diversidad y sus componentes para los principales ríos, con indicación del coeficiente de variación. Espectro de diversidad para el eje de la cuenca Luna-Órbigo. Datos del muestreo de agosto de 1986.

Se ha llevado a cabo un estudio de la diversidad de las comunidades de macrófitos empleando el índice de Shannon y Weaver (1949), con los componentes riqueza y uniformidad. Se han comparado las comunidades que caracterizan los pares de muestras contiguas en la cuenca mediante la distancia asociada al coeficiente de Sorensen (Watson, Williams & Lance, 1966) y a partir del cálculo de la diversidad de tipo  $\beta$  (Whittaker, 1972), empleada como medida de la heterogeneidad. La generalización de esta última expresión se aplicó al cálculo de la heterogeneidad de los diferentes ríos. La elaboración del espectro de diversidad para el eje (Luna-Órbigo) se ha basado en el cálculo de la diversidad gamma ( $H'_A$ ) (Whittaker, 1972).

## RESULTADOS

### Análisis de la diversidad de las comunidades de macrófitos

Los valores de diversidad, riqueza y uniformidad calculados en las distintas estaciones de la cuenca y en los muestreos de junio y agosto aparecen representados en las Figuras 1 y 2 respectivamente. Para los principales ríos se incluyen además los valores de heterogeneidad, así como los valores medios de diversidad y sus componentes, con indicación del coeficiente de variación.

La mayor diversidad en junio se sitúa en torno a 3,5 bits y corresponde, en general, a las muestras de mayor riqueza específica, como son la 17 en el Órbigo, caracterizada por la existencia de una zona lenítica que se cubre de especies acuáticas, y las situadas en los tramos finales de los ríos Duerna, Jamuz, Tuerto y Brañuelas. En clara correlación con la riqueza, los valores más bajos de diversidad (por debajo o próximos a 1) se han registrado en las estaciones 1 (Luna), 7 (Luna, aguas abajo del embalse), 14 (Órbigo), 20 (Tuerto) y 26 (Turienzo).

Cuando se consideran los valores medios por ríos (Fig. 1) no se observan fuertes diferencias entre ellos. Con la excepción del Turienzo, en los restantes la diversidad es muy similar y próxima a 2 bits; no obstante, conviene mencionar que los valores más elevados corresponden al Jamuz, Duerna y Eria, situados en la parte baja de la cuenca. La representación gráfica de la heterogeneidad por ríos de las comunidades de macrófitos obtenida con el muestreo de junio (Fig. 1) evidencia la variabilidad del Tuerto, Órbigo, Duerna y Jamuz, mientras que pequeños ríos como Torrestío y Brañuelas son relativamente homogéneos.

Con el muestreo de agosto se pone de manifiesto un considerable aumento de la diversidad en prácticamente todos los puntos (Fig. 2), y que responde básicamente a incrementos de riqueza, aunque también de uniformidad. Los valores extremos se registraron en la cabecera del Omañas (1,66) y en la estación 24 del Tuerto (4,43). En general, los mayores aumentos corresponden a la cabecera de los ríos, tal como se observa en el Luna, Tuerto, Jamuz y Eria, y a los tramos del Luna y Tuerto inmediatamente por debajo de los embalses de Barrios de Luna y Villameca respectivamente, como consecuencia de una reducción del caudal de

salida. En lo que respecta al Órbigo, el avance del período estival supuso, además de un aumento, la uniformización de los valores de diversidad, que varían entre 3,54 y 4,40 (CV=8,03), manteniéndose más elevados en la mitad superior.

Cuando se calculan para este muestreo los valores medios de diversidad correspondientes a todos los ríos, salvo el Brañuelas y Turienzo, que sólo cuentan con una muestra, se acentúan las diferencias entre ellos con respecto al mes de junio. Por otra parte, los valores son siempre superiores a 2, la mayoría se sitúan por encima de 3, alcanzándose en el Órbigo y Jamuz valores de 4, con bajos coeficientes de variación. La riqueza media, fuertemente correlacionada con la diversidad, aumenta siempre pero más aún en los citados ríos, además de en el Tuerto y Luna. Desde valores en torno a 10 en junio, se llegan a superar en agosto 20 especies, y en la mayoría de los casos, 15.

Los ríos de la cabecera de la cuenca: Luna, Torrestío y Omañas, se hacen más heterogéneos, en tanto que Órbigo, Duerna y Jamuz, se vuelven más uniformes. El Tuerto y Eria, los ríos más heterogéneos en agosto, sólo con un ligero descenso, mantienen las características del mes de junio.

El estudio de la diversidad se complementó con la realización del espectro de diversidad para el eje Luna-Órbigo (Figs. 1 y 2). Prescindiendo de las diferencias ya señaladas entre los dos muestreos, que hacen referencia básicamente a valores más bajos en junio, la forma que adopta el espectro es, en general, semejante. La incorporación más rápida de nuevas especies se produce en la cabecera, pero rápidamente el espectro se aplana por efecto del embalse. Adquiere después una trayectoria ascendente, que se acusa más en el tramo medio (desde el punto 8 al 17), evidentemente más heterogéneo, y con la incorporación de los afluentes del tramo bajo (subcuenca del Tuerto, Jamuz y Eria) se aplana sensiblemente. Esta trayectoria se desfigura en el espectro del mes de junio al producirse fluctuaciones de la diversidad. En ninguno de los casos el paso del Luna al Órbigo, por la confluencia con el Omañas, tiene un claro reflejo en el espectro.

### Relaciones de heterogeneidad y distancia entre estaciones consecutivas

Con el objeto de identificar los cambios en la estructura de las comunidades de macrófitos entre puntos de muestreo consecutivos en la cuenca, se calculó la heterogeneidad ( $H'_g$ ) entre los citados pares. Considerando los 35 pares comunes a ambos muestreos se concluyó la no existencia de diferencias significativas entre los meses de junio y agosto. La homogeneidad se comprobó mediante el test de Student para datos apareados ( $t_{0,05, 34} > 0,535$ ) y con la prueba T de Wilcoxon ( $T = 283,5$ ;  $\alpha = 0,05$ ;  $z = 0,239$ ). Se llegó a la misma conclusión considerando por separado los pares de muestras contiguas pertenecientes a los afluentes ( $t_{0,05, 21} > 0,333$ ) ( $T = 97$ ;  $T_{0,05, 21} = 58,17$ ) y los del eje Luna-Órbigo ( $t_{0,05, 12} > 1,091$ ) ( $T = 32$ ;  $T_{0,05, 13} = 17,74$ ). Ante este resultado se optó por calcular la media de los valores de heterogeneidad obtenidos en los dos muestreos. Estos valores interpretados como distancias estructurales (Presa et al., 1987) se representaron en un esquema gráfico (Fig. 3B), que se asemeja a la imagen real de la cuenca. La

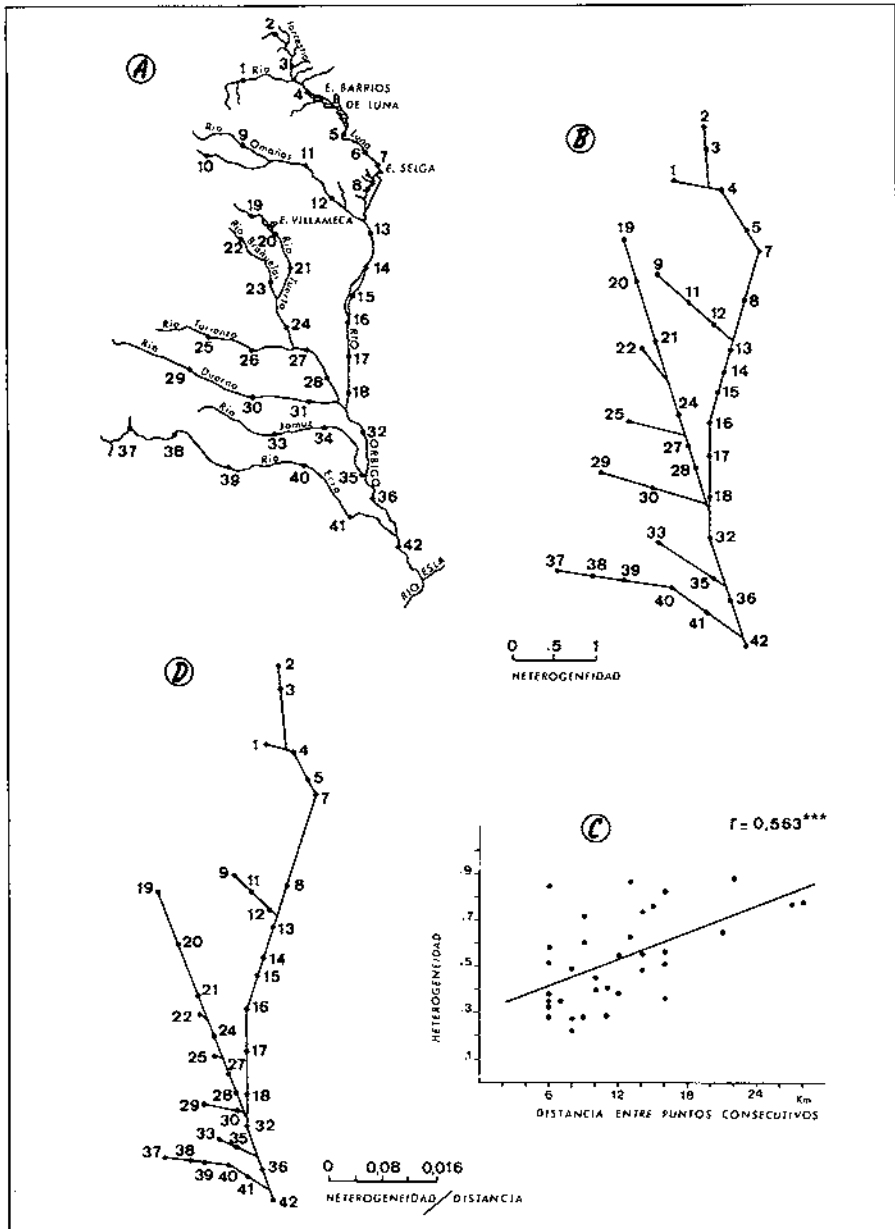


Figura 3. A) Situación de las estaciones de muestreo. B) Relaciones de heterogeneidad entre estaciones consecutivas (distancia estructural) considerando los valores medios de los dos muestreos. C) Correlación entre la heterogeneidad y la distancia geográfica entre estaciones consecutivas. D) Expresión gráfica de la relación heterogeneidad/distancia geográfica entre estaciones consecutivas.

distancia geográfica entre los puntos de muestreo consecutivos no siempre fue la misma, lo que indujo a pensar en su posible efecto sobre los valores de heterogeneidad. Así se demostró al obtener una correlación significativa entre ambas variables (Fig. 3C), tanto empleando el coeficiente de Pearson ( $r = 0,563$ ,  $p < 0,001$ ) como con el de Spearman ( $r_s = 0,539$ ,  $p < 0,01$ ). Se utilizó entonces como índice de distancia estructural el resultado de dividir la heterogeneidad por la distancia geográfica (Fig. 3D).

Las tasas de cambio más elevadas se dan del punto 7 al 8 por efecto del embalse de Barrios de Luna, y del 19 al 20 y del 20 al 21 por el de Villameca. Se acusan también variaciones importantes en zonas de entrada de afluentes (3-4, 8-13 y 32-36).

Se realizó un estudio similar al anterior reuniendo los resultados de los dos muestreos y utilizando la distancia asociada al coeficiente de Sorensen, que mide, más que las diferencias estructurales, los cambios en la composición florística de las comunidades. En la Figura 4B se representan los valores de disimilitud entre muestras consecutivas. Se demostró, al igual que con la heterogeneidad, la existencia de correlación significativa entre el porcentaje de disimilitud y la distancia geográfica ( $r = 0,614$ ;  $p < 0,001$ ) ( $r_s = 0,522$ ;  $p < 0,01$ ). El cociente entre estas dos variables se empleó como índice de cambio en la composición de las comunidades a distancias cortas. La imagen obtenida en este caso para la cuenca (Fig. 4D) es esencialmente semejante a la proporcionada por la heterogeneidad.

## DISCUSIÓN

La dinámica temporal en la estructura de las comunidades vegetales acuáticas y ribereñas de la cuenca del Órbigo aparece claramente reflejada en el estudio comparado de la diversidad de estas comunidades en junio y agosto de 1986. En consonancia con el régimen hidrológico y características climáticas de la cuenca (Fernández Aláez et al., 1987), la mayor diversidad durante el mes de Julio se registra, en general, en los afluentes de la parte baja (Jamuz, Duerna, Tuerto y Eria), especialmente en aquellos tramos que, o bien se secan, o reducen mucho su caudal con el avance del verano. Con la aparición en agosto de condiciones más idóneas para el asentamiento de la vegetación, entre las que se encuentra la reducción de caudal, que deja al descubierto amplias zonas de pedregales, que se cubren con una vegetación característica (Fernández Aláez et al., 1987), los macrófitos alcanzan su mayor desarrollo y la diversidad se eleva considerablemente. Los mayores incrementos con respecto a junio se producen en la cabecera de los ríos Luna, Tuerto, Jamuz y Eria, al implantarse la vegetación ribereña y reducirse el dominio de especies tempranas, entre las que se encuentran *Ranunculus penicillatus* y *Oenanthe crocata*.

La elevada heterogeneidad de las comunidades de macrófitos en el Tuerto y Eria, registrada en los dos muestreos realizados, responde a la heterogeneidad de ambientes que caracteriza sus perfiles longitudinales. Esto no sucede en el Órbi-



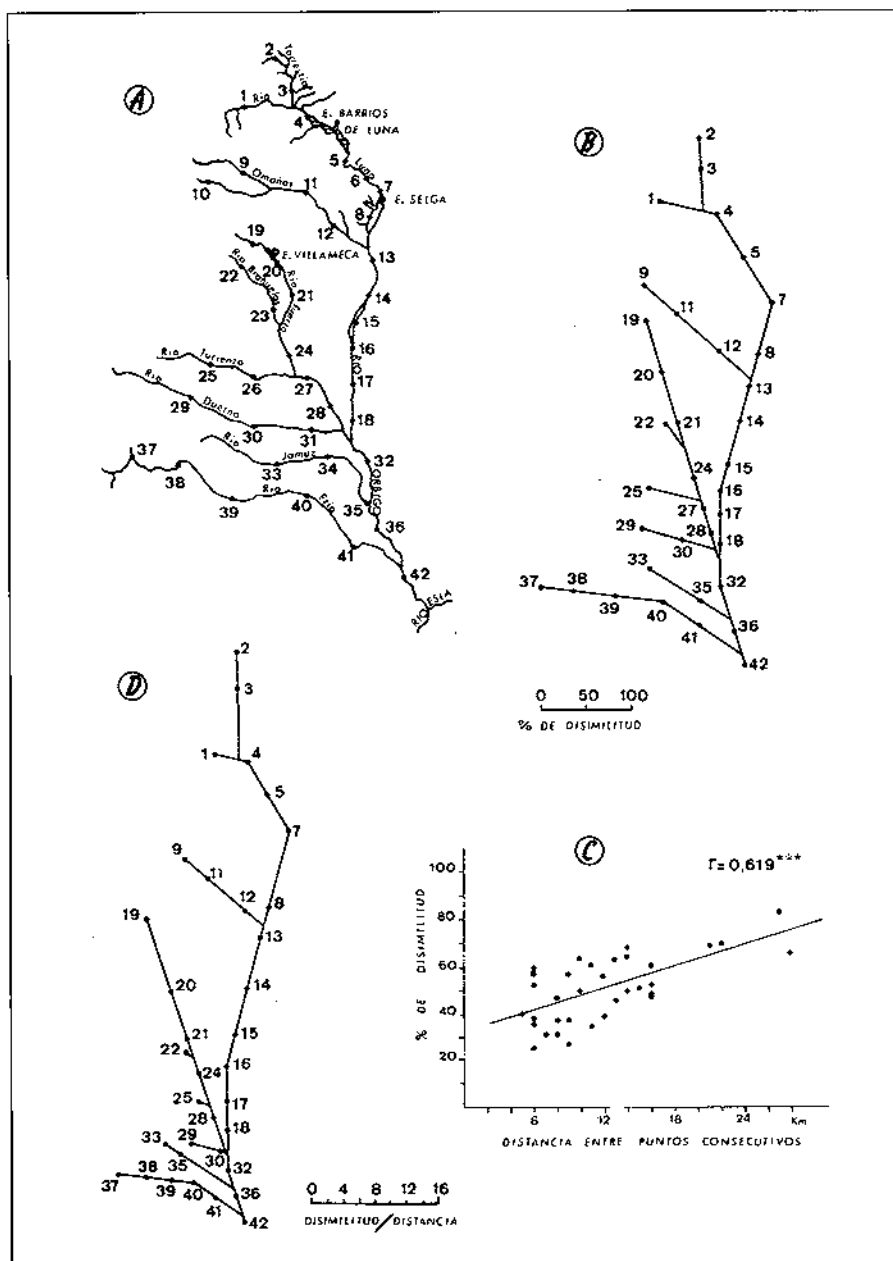


Figura 4. A) Situación de las estaciones de muestreo. B) Relaciones de disimilitud entre estaciones consecutivas (distancia taxonómica). C) Correlación entre la disimilitud y la distancia geográfica. D) Expresión gráfica de la relación % disimilitud/distancia geográfica entre estaciones consecutivas.

go, ya que al carecer de una típica zona de cabecera, la heterogeneidad de las comunidades vegetales, aun manteniéndose elevada, disminuyó en el muestreo de agosto. El efecto de la fuerte reducción de caudal en los ríos Duerna y Jamuz con el avance del verano los hace más homogéneos.

Se ha postulado que, bajo condiciones naturales, la diversidad biótica, en consonancia con la heterogeneidad espacial y temporal, alcanza los valores más altos en las zonas medias de los sistemas lóticos (Vannote et al., 1980, Ward y Stanford, 1983) exhibiendo ambas un modelo similar a lo largo del perfil del río (Hedrick et al., 1976).

El concepto de «Serial Discontinuity» interpreta el embalsamiento como una interrupción de los gradientes ambientales, que es función de la posición del embalse en el perfil longitudinal del río (Ward y Stanford, 1984). En su aplicación a comunidades, la regulación a nivel de la cabecera disminuye la diversidad biótica en el sistema receptor (Ward y Stanford, 1983), alcanzándose gradualmente niveles normales al aumentar la distancia al embalse (Lehmkuhl, 1972, Ward, 1976).

Si se analiza el efecto regulador del embalse de Barrios de Luna sobre el eje de la cuenca (Fig. 5) en lo que respecta a la diversidad de la vegetación macrófita, se observa que durante el mes de agosto se verifican las situaciones que predicen los modelos descritos. Después del importante aumento inicial de diversidad en la

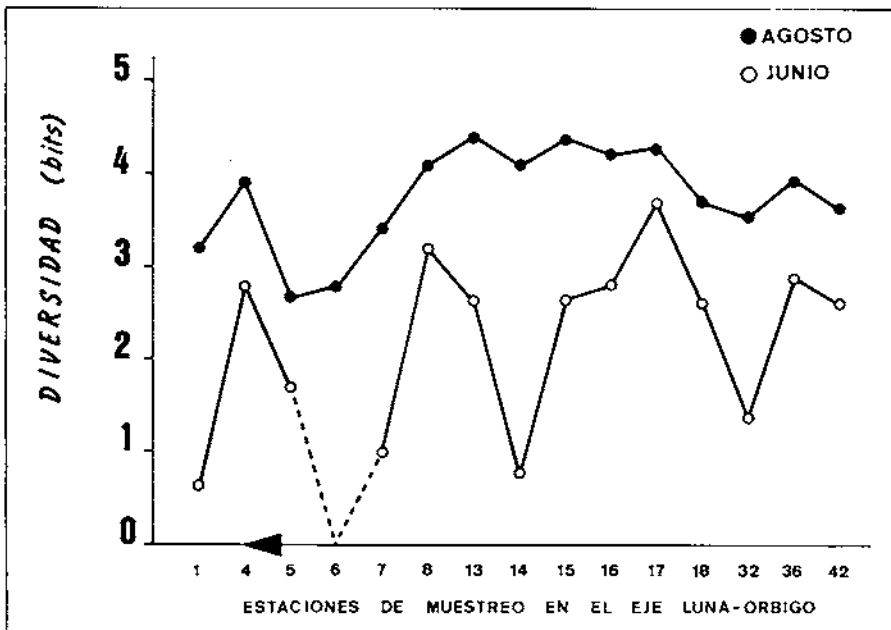


Figura 5. Evolución de la diversidad de las comunidades de macrófitos a lo largo del eje central de la cuenca del Órbigo.

cabecera, ésta se reduce marcadamente por debajo del embalse (estaciones 5, 6 y 7). La descarga de agua se acentúa en los puntos 6 y 7 por efecto de la central eléctrica de Mora de Luna, mientras que junto a la presa el caudal de salida es considerablemente inferior. El poder erosivo de estas descargas elimina los hábitats ribereños o los hace inadecuados para el crecimiento de la vegetación. Las plantas acuáticas, salvo en la proximidad de la presa donde domina *Ranunculus penicillatus*, están prácticamente ausentes (Fernández Aláez et al., 1987). Después del paulatino aumento de diversidad al aumentar la distancia al embalse, y en concordancia con el concepto de «River Continuum», las comunidades vegetales alcanzan los valores más altos de diversidad en el tramo medio, según puso de manifiesto también el espectro de diversidad en el eje de la cuenca (Fig. 1). En la zona final, después de la incorporación de los últimos afluentes, vuelve a descender, en gran parte como consecuencia de un aumento de la eutrofización ligada al desarrollo urbano y a la actividad agrícola (Fernández Aláez et al., 1988b) que potencia el dominio de determinadas especies características de estos ambientes (*Polygonum lapathifolium*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton pectinatus*, *Rumex crispus*), reduciéndose ligeramente la uniformidad y la riqueza.

En junio, cuando la descarga de agua es superior, el efecto del embalse se acusa aún más, impidiendo incluso el muestreo después de la central eléctrica (estación 6). Sin embargo, el ambiente a lo largo del perfil del río todavía no es el adecuado para el crecimiento de la vegetación, de lo que resultan fuertes fluctuaciones de la diversidad.

Cuando se analizan los cambios espaciales en la estructura de las comunidades de macrófitos entre puntos próximos mediante el índice de distancia estructural ( $H'_s/DG$ ), se reconoce nuevamente la fuerte incidencia del embalsamiento sobre el medio receptor. El embalse de Barrios de Luna, con mayores descargas, tiene un efecto superior al de Villameca. La incorporación de los afluentes es otro importante factor de variación. Se reconoce la entrada del Omañas y Jamuz por el distanciamiento de las correspondientes muestras del Órbigo, pero no la del Tuerto, dado que posee características muy semejantes a las del Órbigo a nivel de la confluencia (Fernández Aláez et al., 1987). Los ríos más perturbados, Luna, Órbigo y Tuerto dan una imagen alargada con respecto a los escasamente perturbados, Omañas, Duerna y Eria. Además, si se comparan el Eria y Tuerto, se observa que el primero mantiene una tasa de cambio relativamente constante, mientras que el Tuerto se hace progresivamente más homogéneo a lo largo de su perfil longitudinal.

Los cambios en la composición específica medidos en función del índice de distancia taxonómica (%Dis/DG) reflejan también lo señalado anteriormente, con la excepción significativa del alargamiento relativo del Omañas y la progresiva homogeneización del Órbigo desde su origen hasta la desembocadura, al igual que sucede con el Tuerto.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación subvencionado por la Excm. Diputación Provincial de León dentro del marco de colaboración con la Universidad de León.

## Bibliografía

- FERNÁNDEZ ALÁEZ, C.; LUÍS, E. & FERNÁNDEZ ALÁEZ, M. (1987). Distribución de la vegetación macrófita en la cuenca del río Órbigo (León). *Actas del V Congreso Español de Limnología*: 191-202.
- FERNÁNDEZ ALÁEZ, M. C.; LUÍS, E., & FERNÁNDEZ ALÁEZ, M. (1988a). Caracterización físico-química de la cuenca del río Órbigo (León, España). *Coloquio Luso-Espanhol sobre ecología das bacias hidrográficas e recursos zoológicos*. Porto, 23-25 de Marzo 1988.
- FERNÁNDEZ ALÁEZ, M.; FERNÁNDEZ ALÁEZ, C. & LUÍS, E. (1988b). Características estructurales de la vegetación macrófita en la cuenca del río Órbigo (León). *Actas del Congreso de Biología Ambiental. II Congreso Mundial Vasco*: 313-324.
- HEDRICK, P.W.; GINEVAN, M.E. & EWING, E.P. (1976). Genetic polymorphism in heterogeneous environments. *Annu. Rev. Ecol. Systemat.* 7: 1-32.
- LEHMKUHL, D.M. (1972). Change in thermal regime as a cause of reduction of benthic fauna downstream of a reservoir. *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 1329-1332.
- MOPU. Dirección de Obras Hidráulicas. (1987). *Análisis de calidad de aguas 1985-86*. Centro de Publicaciones del MOPU. Madrid.
- PRESA, Y.; LUÍS, E. & DE SOTO, J. (1987). Análisis de las comunidades de macroinvertebrados en la cuenca del río Órbigo. León. *Actas del V Congreso Español de Limnología*: 203-213.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana.
- 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. (1976). Comparative limnology of differentially regulated sections of a Colorado mountain river. *Arch. Hydrobiol.* 78: 319-342.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1983). The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. En: T.D. Fontaine and S.M. Bartell (eds.) *Dynamic of lotic Ecosystem*. Ann. Arbor Science Publ. Michigan., pp. 29-42.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1984). The regulated stream as a testing ground for ecological theory. En: A. Lillehammer and S.J. Saltveit (eds.) *Regulated rivers*. Oslo University Press. Oslo Norway., pp. 23-28.
- WATSON, L.; WILLIAMS, W.T. & LANCE, G.N. (1966). Angiosperm taxonomy: a comparative study of some novel numerical techniques. *J. limn. Soc. Lond. Bot.* 59: 491-501.
- WHITTAKER, R.H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon.* 21: 213-251.