RELACION ENTRE LAS ESPECIES DE ZOOPLANKTON Y LOS FACTORES DEL MEDIO EN EL ESTUARIO DEL RIO GUADALQUIVIR

Cástor GUISANDE y Julia TOJA

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla.

Palabras clave: Zooplankton. Medio físico-químico. Estuario.

SUMMARY

RELATIONSHIP BETWEEN THE ZOOPLANKTONIC SPECIES AND THE ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE ESTUARY OF THE GUADALQUIVIR RIVER.

Key words: Zooplankton. Environmental factors. Estuary

The zooplanktonic communities of the estuary of the Guadalquivir river have been studied from February of 1983 to March of 1984, with special attention to the relationships between the species and the environmental factors.

In order to obtain this objective, a new kind of data matrix is proposed here: The variation range of each environmental factor has been divided into 10 parts. At each environmental class, the number of the individuals of each species have been assigned. Then, the Reciprocal Average Analysis has been used.

The temperature is the most important factor for differentiation of the behaviour of the Rotifers. The salinity is the most important factor for the Crustaceans. In the composition of the communities of each zone of the estuary, the salinity is the most important factor. The temperature and the eutrophic degree have a secondary role and each have a similar importance.

INTRODUCCION

El estuario del río Guadalquivir se extiende en unos 100 Km hacia el interior, aunque la penetración del agua salada, por acción de las mareas, sólo llegue a unos 20 Km. Cuando el río llega a su estuario, tiene una calidad muy deteriorada por el aporte continuo de aguas residuales urbanas, agrícolas e industriales. Esta situación se ve agravada por los vertidos de Sevilla y su zona de influencia, que constituyen el mayor volumen puntual de residuos. Las mareas contribuyen, por un lado, a mejorar la calidad de las zonas en las que su incidencia es mayor pero, por otro lado, dificultan, durante la mayor parte del año, un rápido desagüe de los vertidos, por lo que tienden a aumentar la contaminación de la zona cercana a Sevilla.

Desde 1982, se está realizando un estudio limnológico de este estuario por el Departamento de Ecología de Sevilla, en colaboración con la Comisaría de Aguas del Guadalquivir. Los primeros resultados sobre el funcionamiento global del estuario han sido publicados anteriormente (TOJA et al., 1986; GUISANDE et al., 1986). En el presente trabajo se presta espe-

IV CONGRESO ESPAÑOL DE LIMNOLOGIA

Actas : 325-333

cial atención a la respuesta de las distintas especies a la variación de los factores físico-químicos.

La alta contaminación que presenta la zona dulce del estuario (Figura 1), determina que, en ella, el zooplancton esté absolutamente dominado por Rotíferos que, debido a la corta duración de sus vidas, están muy influidos por las variaciones de temperatura, por lo que la dominancia de unas u otras especies tiene una clara componente temporal (RUTTNER-KOLISCO, 1974; KOSTE, 1978). En esta zona, los únicos crustáceos que pueden tener poblaciones relativamente importantes son Moina micrura y Acanthocyclops sp. M. micrura, también especie de vida corta, manifiesta su dependencia de la temperatura, desarrollandose sólo en verano. En el resto del estuario, el zooplancton está dominado por distintas especies de Copépodos (GUISANDE et al., 1986), que al ser de vida larga, no manifiestan preferencia por ninguna temperatura concreta. Acanthocyclops sp se comporta como el resto de los Copépodos.

En términos generales, la variación horizontal de las características del agua (ligada a las variaciones de salinidad) es la determinante de la distribución de las especies. Pero, en este caso, la dominancia de Rotíferos en ciertas zonas, determina que no se pueda afirmar a priori que la variabilidad horizontal sea la única determinante de la sustitución de unas especies por otras en este estuario.

Para intentar dilucidar esta cuestión, se propone en este trabajo la construcción de una matriz de datos que asigne a determinadas clases de los factores del medio, el número de individuos por litro encontrados de cada especie, aplicando después un análisis multifactorial.

MATERIAL Y METODOS

Los muestreos se realizaron entre febrero de 1983 y marzo de 1984, con una periodicidad aproximadamente mensual y en situaciones de pleamar y bajamar, en 10 estaciones situadas a lo largo del estuario (Figura 1). Se tomaron muestras a 0, 4 y 8 m de profundidad.

In situ se midieron: la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad, mediante una sonda electrónica HIDROLAB Mod. 2000. Los parámetros químicos analizados fueron: Fosfato soluble (STRICKLAND y PARSONS, 1968), amonio (RODIER, 1981), nitrato (SCHEINER, 1974) y nitrito (STRICKLAND y PARSONS, 1968).

Para el estudio del zooplancton se utilizaron dos tipos de muestreo: A) pesca vertical desde 8 m de profundidad hasta la superficie, con una manga cónica de 40 cm de $\varnothing$, fabricada con red de nylal de 60 u de poro. Los organismos recogidos se guardaron en formol al 4% y se utilizaron para la identificación de las especies. B) en las tres profundidades se tomaron 4 litros de agua, con una botella tipo Ruttner, que se filtraron a través de un disco de red de nylal de 60 u. de poro (MIRACLE, 1976). Los organismos se conservaron en formol al 4% y se contaron con un microscopio invertido NIKON Mod. DIAPHOT.

Para analizar la preferencia de cada una de las especies por determinado factor del medio, así como para ver cual era la tendencia de variación más importante en la comunidad, se realizaron análisis de correspondencias (HILL, 1973), sobre matrices preparadas de la siguiente forma: En primer lugar, a cada uno de los datos físico-químicos se le aplicó la siguiente transformación para normalizarlos: $Y = \log(X+1)$. El intervalo entre el valor máximo y el mínimo se dividió en 10 partes iguales, obteniendo así 10 clases para cada uno de los parámetros. A cada una de las clases así obtenidas, se le asig

FIGURA 1

Situación de las estaciones de muestreo y rango de conductividad de cada zona.

Situation of the sampling stations and conductivity range of each zone.

na el número de individuos encontrados de cada una de las especies. Así se tiene una matriz de este tipo:

	<u>B. calyciflorus</u>	<u>B. angularis</u>	
Temperatura 1	$X_{1,1}$	$X_{2,1}$	$X_{j,1}$
•			
•			
Temperatura 10	$X_{1,10}$	$X_{2,10}$	$X_{j,10}$
Conductividad 1	$X_{1,11}$	$X_{2,11}$	$X_{j,11}$
•			
•			
Conductividad 10	$X_{1,20}$	$X_{2,20}$	$X_{j,20}$
•			
•			
•	$X_{1,i}$	$X_{2,i}$	$X_{j,i}$

FIGURA 2.

Distribución de las especies de Rotíferos y de las clases de los parámetros físico-químicos en el plano definido por los ejes I y II del análisis de Correspondencias. T1...T10 = clases de temperatura. C1...C10 = de conductividad. O1...O10 = de oxígeno. F1...F10 = de fosfato. A1...A10 = de amonio. N1...N10 = de nitrato. NI1...NI10 = de nitrito.

Distribution of the species of Rotifers and the classes of the environmental factors in the plane defined by I and II axes of the Reciprocal Average Analysis. T1...T10 = classes of temperature. C1...C10 = conductivity. O1...O10 = oxygen. F1...F10 = phosphate. A1...A10 = ammonia. N1...N10 = nitrate. NI1...NI10 = nitrite

donde, cada valor de $X_{j,i}$, representa los individuos de la especie j que se han contado en la clase i de cada factor.

Es necesaria la transformación logarítmica de los datos físico-químicos para intentar diferenciar comportamientos entre especies con rangos similares de tolerancia a los distintos parámetros. Por ejemplo, en el caso de la conductividad, si se emplearan los datos absolutos, prácticamente todos los Rotíferos quedarían incluidos en la primera clase, en la que quedarían incluidas todas las conductividades comprendidas entre 1,5 y 6,9 mS/cm. Salvo

FIGURA 3

Distribución de las especies de Crustáceos y de las clases de los parámetros físico-químicos, en el plano definido por los ejes I y II del análisis de Correspondencias. Los símbolos son los mismos que en la figura 2

Distribution of the species of the Crustaceans and the classes of the environmental factors in the plane defined by the I and II axes of the Reciprocal Average Analysis. The symbols are the same than the Figure 2

B. plicatilis, todos los Rotíferos detectados en el estuario no soportan conductividades superiores a 5 mS/cm (GUISANDE et al., 1986).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis realizado con los datos correspondientes a los Rotíferos, el primer eje, que absorbe un 61,9% de la varianza, está determinado por la temperatura (Figura 2). Los demás ejes tienen escasa importancia. El segundo, que absorbe un 12,64%, es de difícil explicación. Separa dos especies Filinia terminalis terminalis y Filinia longiseta var. passa, de las demás. Estas dos especies fueron abundantes los días 8 y 18 de marzo de 1983, carac-

Distribution of the species and the classes of the environmental factors in the plane defined by the I and II axes of Reciprocal Average Analysis. The symbols are the same than figure 2.

Salvo en el caso de Brachionus plicatilis (como se ha mencionado anteriormente), todos los demás Rotíferos que se han detectado, se concentran en las estaciones 1 a 5 del estuario, en una zona en la que la salinidad

es relativamente baja. Por lo tanto, al tener todos ellos un similar rango de tolerancia a la salinidad, este parámetro no sirve para diferenciar, en este caso, unas especies de otras y es la temperatura el factor que más incide en la sustitución de unas especies por otras.

Los Crustáceos, por el contrario, se extienden a lo largo de todo el estuario. El primer eje del análisis realizado con los datos correspondientes a este subgrupo del zooplancton, absorbe también la mayor parte de la varianza (60,3%) pero, en este caso, está determinado por la salinidad del agua (Figura 3). La temperatura no parece afectar sensiblemente a las especies encontradas, salvo en el ya comentado caso de *Moina micrura*, que sólo se detecta en las muestras de verano. La sustitución de unas especies por otras tiene, básicamente, una componente longitudinal, determinada por la salinidad de las diferentes zonas.

El segundo eje, que absorbe un 15,5% de la varianza, es de difícil interpretación aunque, en el plano definido por los ejes I y II del análisis (Figura 3), se puede observar un gradiente, que se corresponde claramente con el nivel de eutrofia de las aguas.

Analizando los datos correspondientes a todo el zooplancton, se obtienen dos tendencias principales de variación. El primer eje está claramente relacionado con la salinidad y absorbe el 41,98% de la varianza. El segundo eje absorbe un 31,3% y está determinado por dos factores: la temperatura y el nivel de eutrofia (indicado por la concentración de fósforo). Al representar la disposición de las especies y de las clases de los parámetros en el plano definido por los ejes I y II del análisis (Figura 4), se puede observar que hay dos gradientes en la distribución de las especies, uno que se corresponde con la temperatura y otro con el grado de eutrofia.

Es decir, al analizar el zooplancton como un solo conjunto, la salinidad aparece como el factor determinante de la distribución de las especies en el estuario. Tanto la temperatura como el grado de eutrofia tienen una importancia secundaria y muy semejante. El grado de eutrofia también tiene una diferenciación longitudinal, siendo mayor en la zona de aguas menos salinas, con la peor calidad a la altura de la estación 5 (en la que desemboca el Guadaira que lleva la mayor parte de las aguas residuales de Sevilla) y va disminuyendo gradualmente hacia la desembocadura (TOJA et al., 1986). Se presentan, por lo tanto, los siguientes grupos de especies bastante bien definidos:

1. Especies propias de aguas saladas, de baja eutrofia y poco influidas por la temperatura: *Euterpina acutifrons*, *Oithona* cf. *nana* y *Acartia* cf. *clausi* (que es la especie dominante en la mayor parte del estuario).
2. Otro grupo formado por especies que prefieren aguas de baja salinidad, alto grado de eutrofia y bajas temperaturas. Está constituido por las especies *Brachionus urceolaris urceolaris*, *B. calyciflorus*, *Notholca acuminata*, *N. squamula*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Filinia longiseta* var. *passa*, *F. terminalis terminalis* y *Polyarthra platyptera*.
3. Un último grupo formado por especies que toleran aguas algo más saladas, con un grado de eutrofia similar al anterior. La característica más acusada de esta comunidad es que está compuesta por especies que requieran aguas cálidas o bien las toleran: *Asplanchna brightwelli*, *Keratella tropica*, *Brachionus quadridentatus quadridentatus*, *Filinia pejleri*, *Polyarthra remata*, *Calanipeda aquae-dulcis*, *Acanthocyclops* sp y *Moina micrura*.

Por tanto, se observa que, cuando se considera el conjunto de las especies, la variación longitudinal sigue siendo la más importante en la composición de las comunidades, a pesar de las características especiales de este estuario.

Del análisis del conjunto de los datos, también pueden obtenerse otras observaciones. Por ejemplo, se puede comprobar cómo las especies de Rotíferos que dominan en verano, soportan mejor la salinidad que las de invierno (Figura 4). Esto es lógico ya que, en este estuario, en cada una de las estaciones de muestreo, la salinidad es siempre bastante más elevada debido a que el escaso caudal que lleva el río (a veces nulo), permite una mayor penetración del agua marina. De hecho, el estudio se ha llevado a cabo durante una intensa sequía, que determinó que en octubre de 1983 el tapón salino llegara hasta Sevilla (TOJA et al., 1986).

Brachionus urceolaris urceolaris es el Rotífero que prefiere las aguas menos eutróficas y, debido a esta característica, es uno de los pocos Rotíferos que se ha visto favorecido por el descenso del nivel de eutrofia experimentado por el estuario durante el invierno 1983-84 (GUISANDE, 1986). Esta mejoría de la calidad del agua se debió, por una parte, al aumento de caudal por acción de las fuertes lluvias de noviembre y, por otra, a la puesta en marcha de diversas medidas correctoras (TOJA, et al., 1986).

Aparentemente, B. plicatilis también parece preferir aguas menos eutróficas. Pero esto se debe a la coincidencia en este estuario del menor grado de eutrofia con la mayor salinidad. Este factor es el que determina la distribución de B. plicatilis en el estuario y no el nivel de eutrofia. Esta especie es abundante en ecosistemas próximos del Parque Nacional de Doñana, relativamente salinos e hipertróficos (datos propios inéditos).

Entre los Rotíferos de invierno, Keratella quadrata es la especie que parece tolerar aguas más eutróficas.

En los Crustáceos se aprecia una actitud, en cierto modo, indiferente a la temperatura, ocupando una posición intermedia en el gradiente de este parámetro, salvo Moina micrura que es la especie adaptada a las aguas más calientes.

CONCLUSIONES

En el estuario del río Guadalquivir, la distribución y segregación de especies del zooplancton está determinada por la variación longitudinal de las características del medio. Esta variación se debe, en primer lugar, a las diferencias de salinidad y, en menor grado, al gradiente de eutrofia.

En la zona dulce, la comunidad está dominada por Rotíferos en los que el componente temporal, debido a las variaciones estacionales de temperatura, es decisivo para la sustitución de unas especies por otras. En las zonas saladas, con conductividad superior a 5 mS/cm, dominan claramente los Crustáceos, cuya existencia está íntimamente ligada a la salinidad.

La dominancia de Rotíferos en la zona dulce y la de Crustáceos en la salada da lugar a que, en esta última, las variaciones de la comunidad vengan determinadas por factores internos al estuario como, por ejemplo, el ciclo mareal. Por el contrario, en la zona dulce, además de las oscilaciones de nivel dependientes de la marea, la comunidad se ve sometida a factores externos, como son la climatología que incide tanto en la temperatura como en la pluviometría (y, por tanto, en el caudal) y a los vertidos de aguas resi-

duales que recibe de Sevilla y del resto de su cuenca. Por esta razón, la zona más salada del estuario mantiene una comunidad relativamente estable a lo largo del tiempo mientras que, en la zona dulce, las variaciones, no sólo anuales, sino interanuales, son mucho más acusadas.

BIBLIOGRAFIA

- GUISANDE, C., 1986.- Distribución espacio-temporal de las comunidades zooplanctónicas en el estuario del río Guadalquivir. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sevilla.
- GUISANDE, C., LOPEZ, T., TOJA, J., 1986.- Zooplancton del estuario del río Guadalquivir. II Simposio del Agua en Andalucía, Vol. I :361-372.
- HILL, M.O., 1973.- Reciprocal Averaging: an eigenvector method of ordenation. J. Ecol., 61 : 237-249.
- KOSTE, W., 1978.- Rotatoria: Die Radertiere Mitteleuropas. Vol. I y II: 673 + 1234 pp. Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- MIRACLE, M.R., 1976.- Distribución en el espacio y el tiempo de las especies de zooplancton del lago de Banyoles. Monografías. ICONA; 5 : 270 pp.
- RODIER, J., 1981.- Análisis de las Aguas. Ed. Omega. Barcelona :1059 pp.
- RUTTNER-KOLISCO, A., 1974.- Plankton Rotifers: Binnengewasser, 26/1. Suppl. Verl. Schweizerbert : 146 pp.
- SCHEINER, P., 1974.- A modified method for the analysis of the nitrate in water and wastewater. Water Research : 835-840
- STRICKLAND, J.D.H., PARSONS; T.R., 1968.- A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada Bull., 167. Ottawa : 203 pp.
- TOJA, J., LOPEZ, T., GUISANDE; C., BRIEVA, C., 1986.- Ecología del estuario del río Guadalquivir. II Simposio del Agua en Andalucía, Vol. I : 523-532.