

ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA DE LA LAGUNA MEROMÍCTICA ESTANY DE CULLERA (VALENCIA)

Rafael Oltra¹ y Maria Rosa Miracle²

Departament de Microbiologia i Ecologia, Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València, Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (València). *e-mail*: rafaoltra@uv.es, rosa.miracle@uv.es

RESUMEN

Se ha estudiado la diversidad y la distribución espacio-temporal de la comunidad zooplanctónica del Estany de Cullera, mediante análisis de componentes principales y análisis discriminante, además de análisis estadísticos simples (varianza). La meromixis del Estany se debía a la presencia de una cuña de agua salada que ocupaba las capas del fondo. El espesor de las capas saladas era mayor en el semestre frío del año, debido a la predominancia de la influencia marina. En este periodo la haloclina (2 a 20‰ de salinidad) se aproximaba a 1 m de la superficie. En el semestre cálido predominaba la estratificación e influencia continental, descendiendo la haloclina a 3.5 m de profundidad, donde coincidía con la quimioclina o interfase H₂S/O₂. Estas condiciones ambientales condicionaban la composición de la comunidad zooplanctónica y su distribución espacio-temporal. La diversidad ha fluctuado entre 0.5 y 3.9 bits/ind, siendo mayor que la de otros ecosistemas litorales, por la concurrencia de especies de aguas dulces, salobres y marinas. En la distribución espacial se han observado diferencias entre la región superior e inferior a la haloclina. En el ciclo anual las diferencias son todavía mayores porque a la variación trémica estacional se suma una marcada variación en la salinidad.

Palabras clave: zooplancton, diversidad, haloclina, componentes principales, distribución espacio-temporal.

ABSTRACT

The diversity and space-time distribution of the zooplanktonic community of the Estany de Cullera is described. The space-time distribution was studied through principal component analysis and discriminant analysis as well as simple statistical analyses (variance). The meromixis of the Estany lagoon was due to the presence of a salt-water wedge that occupied the bottom layers. The salt-water layers were thicker in the cold semester of the annual cycle due to the predominant marine influence. During this period, the halocline (from 2 to 20‰ salinity) came close to 1 m from the surface. In the warm semester; the continental influence prevailed and stratification was sharper: The halocline descended to 3.5 m in depth, where it coincided with the chemocline (i.e. the H₂S/O₂ interface). The seasonal variations of the environmental parameters conditioned the composition and space-time distribution of the zooplanktonic community. Diversity fluctuated between 0.5 and 3.9 bits/ind, which is greater than that commonly found in littoral ecosystems. This was due to the coexistence of marine, brackish and fresh water species. Differences in diversity were also observed between layers above and below the halocline. Differences are even more pronounced over the annual cycle, as there are marked seasonal variations in temperature and salinity.

Key words: zooplankton, diversity, halocline, principal components, space-time distribution

INTRODUCCION

Las amplias fluctuaciones de temperatura y salinidad durante los ciclos anuales y la estructuración en gradientes verticales y horizontales de estas variables, así como de los gradientes de potencial

redox, que conforman los balances de producción-descomposición en las diferentes zonas, determinan una estructuración de las comunidades zooplanctónicas muy claramente ligada a estos gradientes e interfases. Especialmente notable es el caso de las lagunas meromicticas y

en particular las de meromixis ectogenica directamente controladas por las condiciones ambientales. El Estany de Cullera es una depresi6n alargada, perpendicular a la costa que estaba protegida del mar hasta principios de los aios 1980 por una barra, que ademias de constituir una area de frontera entre el medio continental y el marino, producia una estratificaci6n muy marcada de las aguas de la laguna, con la formaci6n de una haloclina y una oxiclina. S610 a finales de verano la haloclina y la oxiclina coincidian, mientras que el resto del aii0 la haloclina se formaba mucho mhs superficialmente. Actualmente la depresi6n esta totalmente abierta al mar y no se produce la estratificaci6n de las aguas, por lo que el zooplancton que habita sus aguas es caracteristicamente marino. Sin embargo, el zooplancton a principios de los aios 1980, cuando la laguna estaba protegida por la barra, era mayoritariamente de agua dulce con influencias marinas en determinadas epocas y presentaba una heterogeneidad vertical muy notable. El objetivo del presente trabajo es presentar de manera global y sintetica las regularidades mas evidentes en la estructuraci6n de la comunidad zooplanct6nica

del Estany de Cullera en relaci6n a los gradientes fisicos y quimicos que se establecian cuando era una laguna y su variaci6n en las estaciones del aii0 determinada por una mayor o menor influencia marina. En estudios anteriores se ha descrito la composici6n especifica del zooplancton del Estany de Cullera (Oltra & Miracle, 2000a, b). Se trata de una comunidad zooplanct6nica con numerosas especies eurihalinas y marinas, debido a la presencia de una cuia de agua salada en las capas del fondo, cuyo espesor variaba de forma mas o menos regular en el ciclo anual. En los mencionados trabajos se observa claramente que las distribuciones espacio-temporales de cada especie estaban influenciadas por el gradiente vertical de salinidad, por sus variaciones en el tiempo y por la presencia de un monimolimnion an6xico permanente en la parte central m8s profunda. En el presente trabajo se aborda el estudio de la diversidad de la comunidad zooplanctonica en su conjunto y de su distribuci6n en el espacio y en el tiempo y su relaci6n con la densidad. Mediante analisis estadisticos simples y t6cnicas estadisticas multivariadas se intenta tambien establecer la heterogeneidad de la comunidad

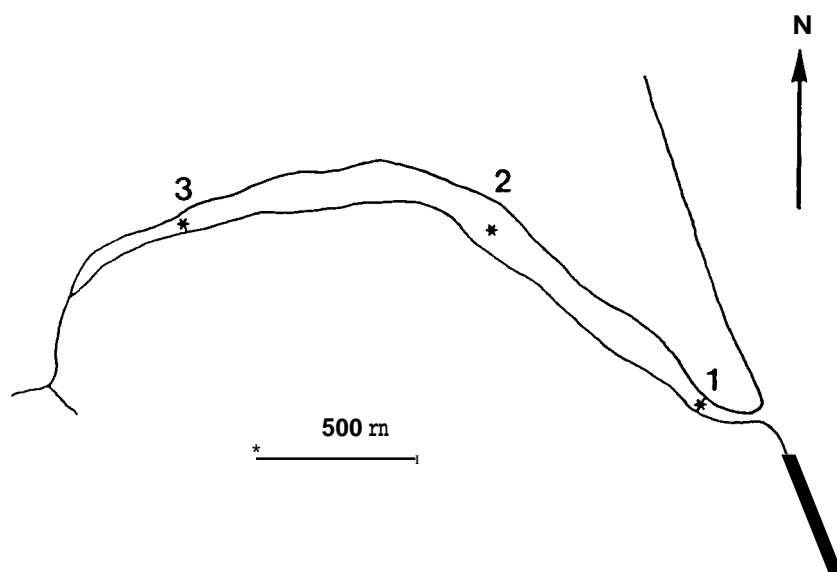


Figura 1. Esquema del Estany de Cullera, con indicaci6n de las estaciones de muestreo (1, 2, 3). *Outline of lagoon Estany Cullera, indicating the location of sampling stations (1, 2, 3).*

zooplantónica, verticalmente en la columna de agua y horizontalmente a lo largo de su eje longitudinal, desde un punto a pocos metros del mar hasta más de 2 km aguas arriba. La marcada variabilidad estacional que presentan estas heterogeneidades del zooplankton sometido a un ambiente fluctuante ayuda a la interpretación de su estructura espacial.

MATERIAL Y METODOS

En el periodo de estudio, comprendido entre agosto de 1980 y octubre de 1982, la laguna meromictica Estany de Cullera presentaba una cuña de agua salada de origen marino, que ocupaba las capas del fondo. En el semestre frío del ciclo anual, una abrupta haloclina (2 a 20 ‰ de salinidad) se aproximaba a 1 m de la superficie, debido a la predominancia de la influencia marina. En los restantes meses prevalecía la estratificación y la influencia continental y la haloclina descendía hasta una profundidad de 3.5 m donde coincidía con una quimioclina o interfase O/H₂S. Mas detalles sobre la morfología del Estany de Cullera pueden verse en Okra y Miracle (2000a). Algunas de sus características limnológicas están descritas en Miracle y Vicente (1985), un estudio limnológico más amplio está recogido en Oltra (1993) y su fitoplancton está descrito en Rojo y Miracle (1984, 1989) y Rojo *et al.* (1986).

Se establecieron 3 estaciones de muestreo (Fig. 1): punto 1, cerca de la desembocadura (4.5 m de profundidad); punto 2, en la parte central de la laguna (7.5 m de profundidad); punto 3, en la parte interior (3.5 m de profundidad). Se realizaron 12 muestreos en el punto 2 y 9 en los puntos 2 y 3 en los que se tomaron muestras en el perfil vertical de las tres estaciones, a intervalos de 0.5, 1 y 2 m, en función de la situación de la haloclina y la oxiclina. En el punto 2 se recogieron además muestras en diferentes horas del día. En total se recogieron 162 muestras. En anteriores trabajos (Oltra & Miracle 2000a, b) se ha descrito cómo fueron procesadas y examinadas las muestras de zooplankton.

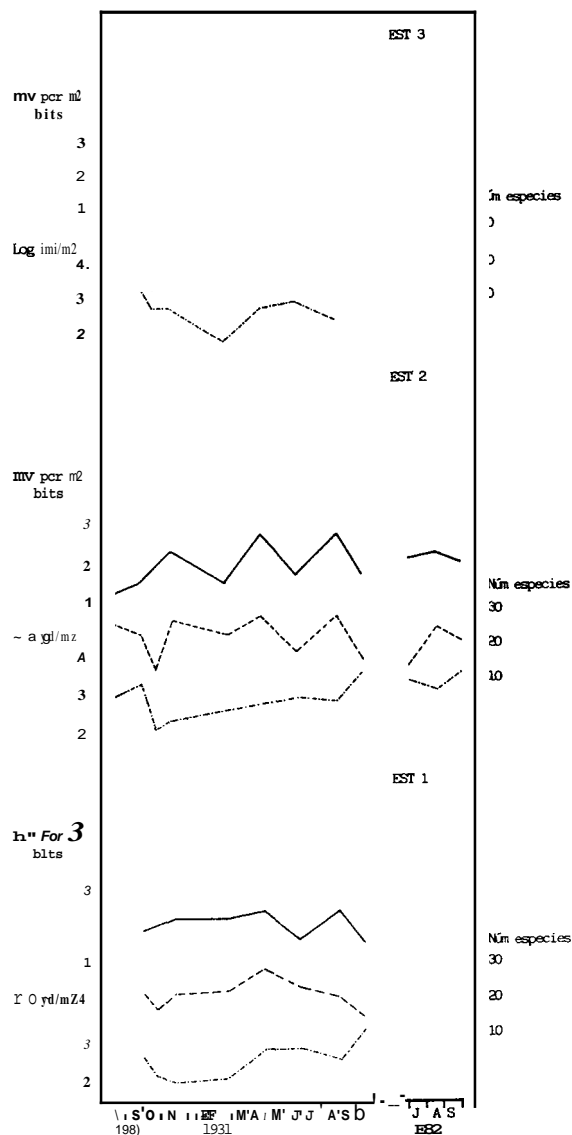


Figura 2. Variación a lo largo del periodo de estudio, en las tres estaciones de muestreo, de los valores por m² de la diversidad (—), número de especies (---) y número de individuos (-.-.).
 Variation throughout the study period, across the three sampling stations, of diversity (in hits/m²) (—), number of species (sp./m²) (---) and number of individuals (ind./m²) (-.-.).

La diversidad se ha calculado mediante el índice de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963). Además de la diversidad de cada muestra, se ha calculado la diversidad de la columna de agua tras integrar todas las muestras del perfil vertical (Miracle, 1974). El análisis estadístico de

co de la comunidad zooplanctonica se ha iniciado con análisis estadísticos simples que pueden caracterizar en cierta medida las distribuciones espacio-temporales de las variables (especies) por separado. Son análisis de la varianza con 10s que se han examinado las posibles diferencias en la distribución de cada especie entre estaciones de muestreo, regiones en el perfil vertical o estaciones climáticas. La estructura de la comunidad se ha estudiado mediante análisis de componentes principales. Para ayudar en la interpretación de 10s resultados, se ha realizado un análisis de correlación entre 10s "factor scores" y diversas variables abióticas y bióticas medidas simultáneamente. Para comparar 10s tres puntos de muestreo y valorar la segregación de las diferentes poblaciones zooplanctónicas, se ha aplicado un análisis discriminante. Los análisis se han efectuado con programas estadísticos BMDP (Dixon *et al.*, 1983) y SPSS (Norusis, 1986) y en todos ellos se ha aplicado a las variables (densidad en ind/l) la transformación logarítmica $\ln(x+0.1)$ con objeto de normalizar su distribución.

RESULTADOS

Diversidad en el perfil vertical y el ciclo anual

En la figura 2 se ha representado la variación a 10 largo del periodo de estudio de la diversidad total por m², junto con la variación en el número de especies y el número de individuos. Los mayores valores de diversidad, en torno a 2.5 bits, se dieron en primavera, coincidiendo con un aumento en el número de especies. Hacia finales de verano (septiembre de 1981) también se registraron valores parecidos, una vez superados 10s máximos de las especies estivales. Valores bajos en cambio se daban a principios de verano, debido al notable crecimiento de las especies estivales (*Brachionus calyciflorus*, *Acanthocyclops robustus*, *Muina micrura*) y a principios de otoño coincidiendo con el ascenso de la haloclina y el crecimiento de especies eurihalinas propias de ese periodo (*Calanipeda aquae-dulcis*, *Brachionus plicatilis*, *Hexarthra* spp., *Ficopotamus enigmati-*

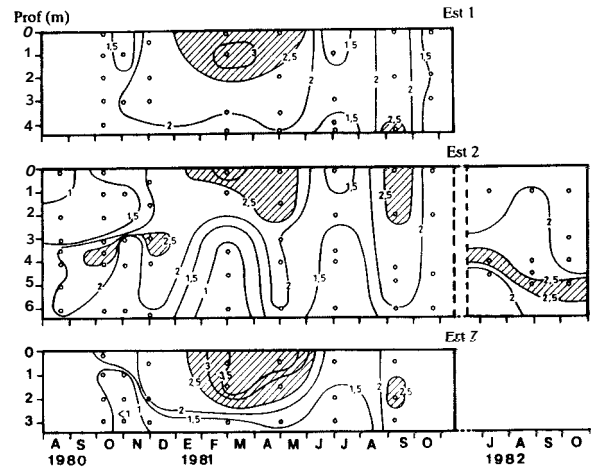


Figura 3. Distribución de 10s valores de diversidad (bits/ind) en función del espacio y del tiempo en las tres estaciones de muestreo. Distribution of diversity values (bits/ind) according to time and space at the three sampling stations.

cus, *Euplotes* sp.). La variación fue parecida en las tres estaciones de muestreo. La diferencia más notable la constituye el descenso observado en invierno en la estación 2, cuando en las estaciones 1 y 3 la diversidad se mantenía alta y próxima a 10s máximos primaverales.

En el perfil vertical la diversidad alcanzó sus mayores valores cerca de la superficie en el invierno y primavera de 1981 (Fig. 3). En las estaciones 1 y 2 se dieron valores superiores a 3 bits/ind y en la estación 3 se dieron valores superiores a 3.5 bits/ind. Estos máximos coincidieron con baja densidad zooplanctónica en invierno y elevado número de especies en primavera. Los menores valores en las aguas superficiales, inferiores a 1.5 bits/ind, se registraron en verano y otoño, coincidiendo con las mayores densidades zooplanctónicas. En la estación 2 se dio un máximo profundo en la interfase óxica-anóxica. Sin embargo la diversidad de las muestras situadas por debajo de la oxiclina (aproximadamente estabilizada a 3.5 m en el semestre cálido y a 4.5 m en el semestre frío) hay que interpretarla como debida a escasos especímenes en curso de sedimentación o arrastrados hacia esas capas en el proceso de muestreo.

Tabla 1. Diferencias en la distribución de las principales especies zooplanctónicas en las estaciones de muestreo. Para cada especie se indica su densidad media (m en ind/l), el porcentaje de presencia en las muestras (oc.%) y el resultado del análisis de la varianza (F y probabilidad) entre dichas estaciones. Con letras distintas se denotan los pares de valores que difieren significativamente en un test de comparación múltiple de Scheffe (p<0.05). *Differences in distribution of main zooplankton species among sampling Stations. The mean density (m in ind/l) and percentage occurrence (oc.%), for each species, as well as the one-way ANOVA results (F and probabilities, p) are shown. Pairs of values significantly different (<math>P < 0.05</math>) by a Scheffe multiple comparisons test are indicated by different letters.*

	Estacion 1 (n=28)		Estacion 2 (n=112)		Estacion 3 (n=22)		F 2/159	Prob.
	m	oc.%	m	oc.%	m	oc.%		
<i>C. aquae-dulcis</i>	37.13	93	21.85	90	14.01	95	0.7	0.51
<i>A. robustus</i>	12.92	79	14.36	78	39.94	86	0.7	0.48
<i>M. minutus</i>	0.55	14	0.99	17	2.22	14	0.2	0.84
<i>M. micrurus</i>	1.08	25	2.79	29	0.43	27	0.2	0.81
<i>B. urceolaris</i>	1.34	54	0.59	45	0.60	36	1.4	0.26
<i>B. plicatilis</i>	36.33	54	19.48	49	91.88	50	2.2	0.11
<i>B. quadridentatus</i>	0.25	43	0.22	36	0.19	36	0.3	0.77
<i>B. calyciflorus</i>	3.13	43	28.26 a	43	0.16 b	27	3.8	0.02
<i>N. marina</i>	0.34	36	0.22	27	0.54	41	2.0	0.13
<i>N. salina</i>	2.03	29	1.60	17	4.41	27	0.4	0.69
<i>E. dilatata</i>	0.15 a	39	0.12 a	26	0.63 b	77	16.4	0.00
<i>S. tremula</i>	5.01	43	23.39	45	22.82	50	0.5	0.62
<i>S. oblonga</i>	8.64	18	2.62	25	0.14	9	1.2	0.29
<i>S. grimpeil</i>	1.67	7	5.63	11	2.09	9	0.1	0.87
<i>Polyarthra spp.</i>	1.19	29	5.89	46	2.07	41	1.2	0.30
<i>Hexarthra spp.</i>	67.62	54	37.29	44	20.19	46	1.1	0.35
<i>E. enigmaticus</i>	7.59	54	8.99	38	17.83	50	0.3	0.74
<i>Euplotes sp.</i>	15.12	39	20.03	37	109.82	54	1.8	0.18

Análisis de la varianza

Para ver si las especies mostraban distribuciones preferenciales en los subambientes espacio-temporales se hicieron un serie de análisis de la varianza que se recogen en las tablas 1 y 3, para cada una de las especies planctónicas principales; las 16 especies con presencia superior al 20% de las muestras, mas otras dos especies que aun no llegando a esa cifra, son tenidas en cuenta por haber alcanzado densidades notables cuando estaban presentes (*Metacyclops minutus*, *Synchaeta grimpei*). Aunque se aprecian diferencias notables en la densidad de las especies mas abundantes entre estaciones de muestreo (Tabla I), por ejemplo *Calanipeda aquae-dulcis* y *Hexarthra spp.* alcanzan mayor densidad en la estacion 1, *Brachionus calyciflorus* y *Synchaeta tremula* en la estacion 2 y *Acanthocyclops robustus*, *B. plicatilis* y

Ficopotamus enigmaticus (= *Mercierella enigmaica*) en la estacion 3, solo se dan diferencias significativas (p<0.05) en los casos de *B. calyciflorus* y *Euchlanis dilatata*, y siempre entre la estacion 3 y las demas.

Al considerar la distribución de las especies en las regiones superior e inferior a la haloclina, tomando la isoclinea de conductividad de 10 mS/cm como el limite entre ambas, se aprecian mas diferencias que entre estaciones de muestreo (Tabla 2). La mayor parte de las especies presentan una densidad media mayor por encima de la haloclina. Unicamente las especies *Synchaeta oblonga*, *S. grimpei* y *F. enigmaticus* son significativamente mas abundantes en las capas inferiores (p<0.05).

Al considerar posibles diferencias entre las estaciones del año (Tabla 3) se aprecia que hay

Tabla 2. Diferencias en la distribución de las principales especies zooplanctónicas en las regiones superior e inferior de la haloclina (tomada como la isolinea de 10 mS/cm). Para cada especie se indica su densidad media (m en ind/l), el porcentaje de presencia en las muestras (oc.%) y el resultado del análisis de varianza sobre su distribución en entre estas regiones. *Differences in the distribution of main zooplankton species between the zones above and below the halocline (taken as the isoline of 10 mS/cm). Mean density (m in ind/l) and percentage occurrence (oc.%) as well as one-way ANOVA results are shown for each species.*

	Sobre haloclina (n=60)		Bajo haloclina (n=102)		F U160	Prob.
	m	oc. %	m	oc. %		
<i>C. aquae-dulcis</i>	20.17	87	25.34	94	2.5	0.11
<i>A. robustus</i>	30.98	82	9.71	77	12.8	0.00
<i>M. minutus</i>	1.89	18	0.60	15	2.3	0.13
<i>M. micrurus</i>	4.17	42	1.00	20	9.8	0.00
<i>B. urceolaris</i>	1.05	52	0.53	37	3.4	0.06
<i>B. plicatilis</i>	48.48	38	22.66	61	4.8	0.03
<i>B. yuadridentatus</i>	0.42	58	0.10	24	25.2	0.00
<i>B. calyciflorus</i>	39.75	60	8.54	30	10.9	0.00
<i>N. marina</i>	0.46	35	0.18	27	4.1	0.04
<i>N. salina</i>	3.65	27	1.12	17	2.5	0.11
<i>E. dilatatus</i>	0.38	60	0.09	21	28.7	0.00
<i>S. tremula</i>	5.62	48	27.58	44	0.1	0.79
<i>S. oblonga</i>	0.91	10	4.74	28	9.5	0.00
<i>S. grimpeil</i>	0.05	2	7.09	15	8.1	0.00
<i>Polyarthra spp.</i>	8.96	68	1.98	27	33.8	0.00
<i>Hexarthra spp.</i>	25.02	48	49.15	44	0.0	0.87
<i>F. enigmaticus</i>	2.93	20	14.08	56	19.1	0.00
<i>Euplotes sp.</i>	57.34	28	16.10	46	3.5	0.06

mas diferencias que entre puntos de muestreo o en el perfil vertical. De hecho todas las especies excepto *S. tremula* presentan diferencias altamente significativas en su densidad media ($p < 0.01$).

Análisis de componentes principales

El análisis se ha realizado con las especies enumeradas en la Tabla 1 y además las especies planctónicas *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, *Trichocerca elongata* y *Asplanchna brightwelli*. Estas especies han sido incluidas por aparecer en más del 20 % de las muestras, aunque no lo hacían en elevadas densidades, razón por la que no fueron consideradas en los análisis de la varianza. Se han tenido en cuenta 162 casos. La varianza explicada por cada una de las tres primeras componentes es 24.3 %, 16.3 % y 12.4 % respectivamente, siendo la varianza acumulada el 53 %.

La primera componente presenta correlaciones positivas elevadas (Tabla 4) con especies que aparecen característicamente en verano (*Moina micrurus*, *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna brightwelli*) o que alcanzan elevadas densidades en esta estación (*Acanthocyclops robustus*, *Polyarthra spp.*, *Hexarthra spp.*). Las correlaciones negativas más elevadas se dan con especies de primavera (*Metacyclops minutus*, *Synchaeta tremula*, *S. oblonga*, *F. enigmaticus*, *Euplotes sp.*). La componente adquiere sus mayores valores en las muestras de verano (Fig. 4) y en el caso de la estación 2 de mayor profundidad, en las capas cercanas a la superficie. Los menores valores se dan en primavera, aproximadamente a nivel de la oxiclina en las estaciones 1 y 2 (en la 3 no existía oxiclina en esa época). También se dan valores bajos en otoño e invierno. La componente presenta correlaciones positivas con la temperatura y correlaciones negativas con la conductividad, la cual es

Tabla 3. Diferencias en la distribución de las principales especies zooplanctónicas en las cuatro estaciones del año. Para cada especie se indica su densidad media (m en ind/l), el porcentaje de presencia en las muestras (oc. %) y el resultado del análisis de varianza (F y probabilidades) sobre su distribución en estos periodos. Con letras distintas se denotan los pares de valores que difieren significativamente en un test de comparación múltiple de Scheffé ($p < 0.05$). Differences in the distribution of main zooplankton species among seasons. The mean density (m in ind/l) and percentage occurrence (oc. %) for each species, as well as the one-way ANOVA results (F and probabilities) are shown. Pairs of values significantly different ($p < 0.05$) by a Scheffé multiple comparison test are indicated by different letters.

	Primavera (n=27)		Verano (n=56)		otoño (n=36)		Invierno (n=43)		F 3/158	Prob.
	m	oc. %	m	oc. %	m	oc. %	m	oc. %		
<i>C. aquae-dulcis</i>	12.99 a	93	28.69 a	100	48.53 a	100	2.10 b	72	27.5	0.00
<i>A. robustus</i>		0	47.20 a	100	1.62 b	89	3.43 b	93	163.0	0.00
<i>M. miniatus</i>	6.47	93		2		0		0		
<i>M. micruru</i>		0	6.29	80		0		0		
<i>B. urceolaris</i>	0.57 ac	52	0.15 a	37	2.53 b	75	0.06 ad	26	31.2	0.00
<i>B. plicatilis</i>	1.03 ac	85	0.22 ad	34	143.87 b	100	0.01 ad	7	312.8	0.00
<i>B. quadridentatus</i>	0.55	59	0.20	32	0.16 a	42	0.08 b	26	4.5	0.00
<i>B. cylindricus</i>	0.11 a	37	56.62 b	87	2.30 a	22		0	48.4	0.00
<i>N. marina</i>	0.28 ac	48		0	0.02 ad	8	0.88 b	77	48.5	0.00
<i>N. salina</i>	0.01 a	7		0	0.00 a	6	7.74 b	67	44.3	0.00
<i>E. dilatata</i>	0.41	41	0.18	29	0.06	19	0.20	53	3.1	0.02
<i>S. tremula</i>	23.32 a	96	0.04 bd	12	52.71 bd	25	14.45 bc	74	38.4	0.18
<i>S. oblonga</i>	16.94	70		0		0	1.89	37	33.6	0.00
<i>S. grimpeil</i>		0		0		0	16.83	37		
<i>Polyarthra spp.</i>	1.11 ac	56	12.55 b	82	0.15 ad	14	0.01 ad	7	37.1	0.00
<i>Hexarthra spp.</i>		0	42.10	82	115.46	78		0	53.4	0.00
<i>F. enigmaticus</i>	33.72 c	81	0.01 a	11	17.96 bc	92	1.27 a	30	42.3	0.00
<i>Euplotes sp.</i>	14.55 a	81	0.05 b	11	130.00 ac	67	0.16 b	27	37.2	0.00

mayor en primavera que en verano. Por tanto esta primera componente parece diferenciar los muestreos estivales de los de primavera. Refleja la sucesión de especies que se da desde la primavera al verano, periodo en el que desaparecen las perturbaciones (salinización) y se establecen condiciones de calma. La mayor parte de las especies de primavera se sitúan sobre la haloclina, mientras que las de verano lo hacen cerca de la superficie. Esta distribución también se refleja en la componente, la cual registra en primavera valores negativos en la haloclina o por debajo de ella (estaciones 1 y 3) y valores positivos máximos cerca de la superficie en verano. Por tanto establece una ligera separación entre las muestras del mixolimnion y las de la haloclina.

La segunda componente presenta valores positivos elevados a principios de otoño, periodo caracterizado por un marcado ascenso de la haloclina (Fig. 4) y presenta valores negativos a finales de la misma estación (noviembre), cuando en un

breve intervalo de tiempo se produjo un brusco enfriamiento y un descenso temporal de la haloclina (Oñate, 1993). En consecuencia las correlaciones son positivas y elevadas con las especies eurihalinas que alcanzan elevadas densidades a principios de otoño (*Brachionus plicatilis*, *Calanipeda aquae-dulcis*, *F. enigmaticus*, *Hexarthra spp.*, *Euplotes sp.*) (Tabla 4). En cambio las correlaciones son negativas con las especies de final de noviembre (*Notholca marina*, *N. salina*, *Synchaeta treurzula*). El hecho de que algunas especies de principios de otoño alcancen también densidades importantes en primavera (*C. aquae-dulcis*, *F. enigmaticus*, *Euplotes sp.*), podría explicar los valores positivos de la componente en primavera en la haloclina (Fig. 4). La componente se correlaciona positivamente con la densidad zooplanctónica, la cual es máxima en otoño. También muestra correlaciones positivas con la conductividad, que aumenta en la misma época así como con algas dinoflageladas marinas del

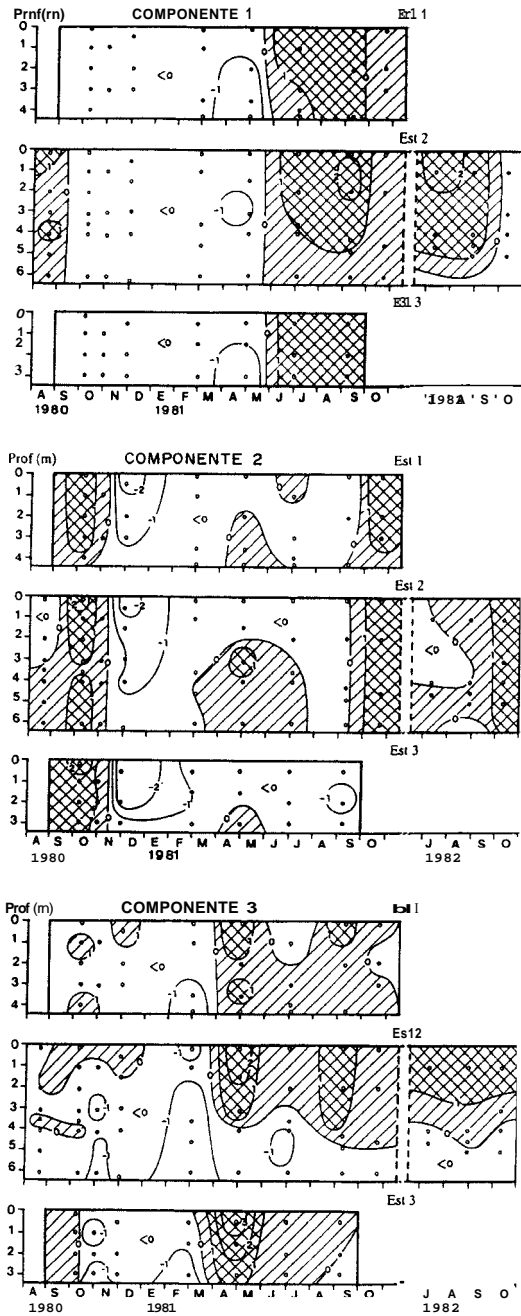


Figura 4. Distribución en función del espacio y el tiempo de los valores de las tres primeras componentes principales en las tres estaciones de muestreo. Se delimitan los regímenes de los valores negativos (en blanco) y positivos (rayadas y cuadrículadas). Distribución de los valores de las tres primeras componentes principales en el tiempo y el espacio de las tres primeras componentes principales en las tres estaciones de muestreo. Las áreas con valores negativos (en blanco) y positivos (rayadas y cuadrículadas) están delimitadas.

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre las especies y las tres primeras componentes principales (CP). *Correlation coefficients between species and the first three principal components (CP).*

Especie	CP1	CP2	CP3
<i>Culanipeda uquue-dulcis</i>	0.38	0.61	0.08
<i>Acunthocyclops robustus</i>	0.76	-0.21	-0.17
<i>Metacyclops minutus</i>	-0.48	0.11	0.65
<i>Moina micriura</i>	0.83	-0.08	0.08
<i>Brachionus urcolnris</i>	-0.01	0.43	0.51
<i>Brachionus plicatilis</i>	-0.15	0.81	0.10
<i>Brachionus quadridentatus</i>	-0.02	-0.01	0.74
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.71	-0.00	0.30
<i>Keratella qiudruta</i>	0.05	-0.43	0.06
<i>Keratella tropicu</i>	0.62	-0.13	0.08
<i>Keratella cochleuris</i>	-0.26	-0.19	0.67
<i>Notholca marina</i>	-0.53	-0.60	0.10
<i>Notolca sulina</i>	-0.32	-0.65	-0.02
<i>Enchlanis dilatata</i>	-0.11	-0.38	0.38
<i>Trichocercn elongata</i>	0.30	-0.38	0.29
<i>Asplanchna brigtwelli</i>	0.55	-0.05	0.27
<i>Synchaeta tremula</i>	-0.66	-0.23	0.36
<i>Syzchneta oblonga</i>	-0.56	0.07	0.03
<i>Synchaeta grinpei</i>	-0.24	-0.12	-0.45
<i>Hexarthra spp.</i>	0.64	-0.09	0.55
<i>Hexarthra spp.</i>	0.63	0.53	0.02
<i>Ficopotamus enignircticus</i>	-0.56	0.62	0.01
<i>Euplotes sp.</i>	-0.42	0.60	0.14

mismo periodo (Tabla 5). Por tanto parece reflejar la disminución de la densidad zooplanctónica y los cambios de especies que se dan desde principios a finales de otoño. También establece una separación entre las muestras de arriba y de abajo de la haloclina, excepto a principios de otoño, debido a la mezcla vertical.

La tercera componente registra valores positivos elevados en las muestras de mayo de 1981, valores menores en septiembre del mismo año y en el verano de 1982 y valores negativos elevados en invierno (febrero) y a finales de octubre. Estos máximos negativos suelen darse por debajo de la haloclina, mientras que los positivos predominan cerca de la superficie (Fig. 4). La componente presenta correlaciones positivas con la clorofila *a*, que aumenta en mayo y con la concentración de oxígeno, asimismo elevada en mayo y mayor cerca de la superficie que en las

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre 10s factor scores de [as tres primeras componentes principales (CP) con las variables que se indican. Solo se han anotado 10s coeficientes estadisticamente significativos (~ 4. 05) los coeficientes altamente significativos se señalan con un asterisco (*). *Correlation coefficients between the factor scores of the first three principal components (CP) and the variables indicated. Only the statistically significant coefficients, have been registered (p < 0.05); the highly significant coefficients are marked with an asterisk (*).*

	CPI	CP2	CP3
Temperatura	0.30"		
Conductividad	-0.35"	0.42"	-0.50"
O ₂		-0.26"	0.38"
Clorofila <i>N</i>		-0.31"	0.51"
Densidad diatomeas	-0.36"		0.21
Densidad dinoflageladas		0.21	0.31*
Densidad fitoplancton	-0.27"		
Diversidad zooplankton	-0.30"	-0.21*	0.39"
Num. especies zooplankton	-	-0.31"	0.68"
Densidad zooplankton	0.37"	0.41"	0.27"

capas profundas (Tabla 5). Esta tercera componente parece responder a los cambios que se dan entre el invierno y la primavera, entre los que destaca el aumento del número de especies, la diversidad y la densidad zooplanctónica. Se correlaciona negativamente con *Synchaeta grimpei* (Tabla 4), especie marina habitante de las capas inferiores de la haloclina en febrero y se correlaciona positivamente con especies de primavera (*Metacyclops minutus*) o que alcanzan densidades importantes en esta estación y en verano (*Keratella cochlearis*, *Euchlanis dilatata*, *Polyarthra* spp., *Brachionus quadridentatus*, *B. urceolaris*, *B. calyciflorus*).

En la figura 5 se ha representado la posición de las especies en el espacio definido por las tres componentes. La primera separa las especies de primavera, desarrolladas bajo cierta influencia marina y mezcla vertical (*Metacyclops minutus*, *Synchaeta tremula*, *S. oblonga*, *E. enigmaticus*,

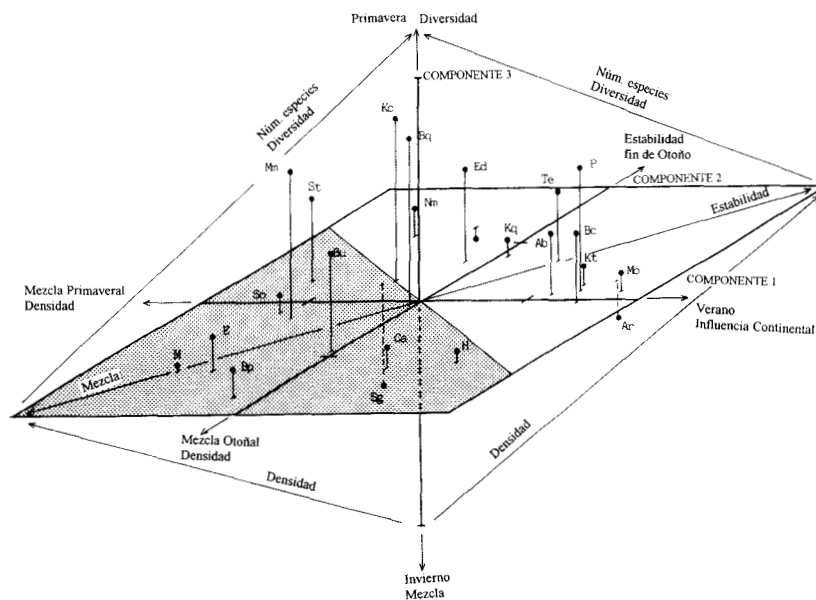


Figura 5. Posición relativa de las especies del zooplankton en el espacio definido por las tres primeras componentes principales. Cn, *Calanipeda aquae-dulcis*; Ar, *Acanthocyclops robustus*; Mm, *Metacyclops minutus*; MO, *Molna micrura*; Bp, *Brachionus plicatilis*; Bc, *B. calyciflorus*; Bu, *B. urceolaris*; Bq, *B. quadridentatus*; Nm, *Notholca muriei*; Ns, *N. salina*; Kq, *Keratella quadrata*; Kc, *K. cochlearis*; Kt, *K. tropica*; Ed, *Euchlanis dilatata*; Te, *Trichocerca elongata*; Tr, *Trichocerca rlonguta*; St, *Synchaeta tremula*; So, *S. oblonga*; Sg, *S. grimpei*; P, *Polyarthra* spp.; A, *Asplanchna brightwelli*; H, *Hexarthra* spp.; Fe, *E. enigmaticus*; E, *Euplotes* sp. *Relative position of the zooplankton species in space defined by the first three principal components.* Cn, *Calanipeda aquae-dulcis*; Ar, *Acanthocyclops robustus*; Mm, *Metacyclops minutus*; MO, *Molna micrura*; Bp, *Brachionus plicatilis*; Bc, *B. calyciflorus*; Bu, *B. urceolaris*; Bq, *B. quadridentatus*; Nm, *Notholca muriei*; Ns, *N. salina*; Kq, *Keratella quadrata*; Kc, *K. cochlearis*; Kt, *K. tropica*; Ed, *Euchlanis dilatata*; Te, *Trichocerca elongata*; Tr, *Trichocerca rlonguta*; St, *Synchaeta tremula*; So, *S. oblonga*; Sg, *S. grimpei*; P, *Polyarthra* spp.; A, *Asplanchna brightwelli*; H, *Hexarthra* spp.; Fe, *E. enigmaticus*; E, *Euplotes* sp.

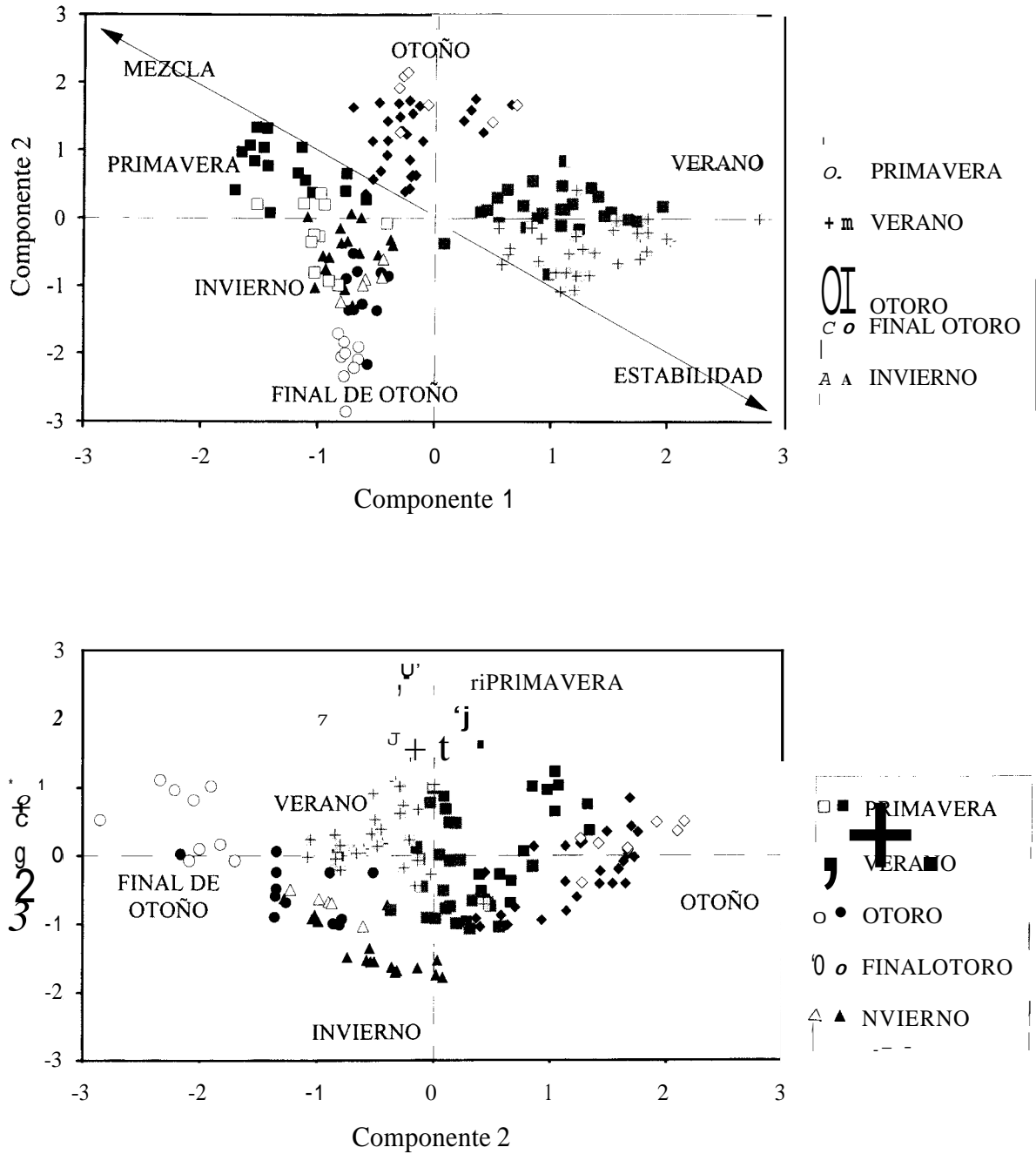


Figura 6. Posicion relativa de las muestras en los planos de las dos primeras componentes principales (arriba) y de la segunda y tercera componentes (abajo). Los simbolos vacios corresponden a las muestras situadas por encima de la haloclinea y los solidos a las muestras situadas por debajo de la haloclinea. *Relative position of samples on the planes defined by the first two principal components (above) and by the second and third components (below). The open symbols correspond to the samples taken above the halocline and closed ones to samples taken below the halocline.*

Euplotes sp.) de las de verano, crecidas bajo influencia continental (*Acanthocyclops robustus*, *Moina micrura*, *Asplanchna brightwelli*, *Keratella tropica*, *Brachionus calyciflorus*, *Polyarthra* spp.). La segunda separa las especies de principios de otoño que alcanzan elevadas densidades también bajo influencia marina y turbulencia (*Calanipeda aquae-dulcis*, *Hexarthra* spp., *B. plicatilis*, *F. enigmaticus*, *Euplotes* sp.) de las que aparecen a finales de otoño, en un periodo de relativa estabilidad (*Notholca marina*, *N. salina*). Finalmente la tercera componente separa la especie más característica del invierno, *Synchaeta grimpei*, de las especies de primavera y verano (*M. minutus*, *K. cochlearis*, *B. quadridentatus*, *Polyarthra* spp.).

En la figura 6 se ha representado la distribución de las muestras en el plano de las dos primeras componentes. La primera componente separa las muestras de verano (parte derecha) de las demás, especialmente de las de primavera (parte izquierda). La segunda componente separa las muestras de principios de otoño (arriba) de las de final de otoño (abajo). La tercera componente separa las muestras de invierno, con bajo número de especies (parte inferior) de las de primavera y demás periodos, con mayor número de especies. La correlación positiva de la componente 2 con la conductividad se traduce en una separación de las muestras de arriba y abajo de la haloclina, sobre todo en verano y en el mes de noviembre en los que la estratificación era mayor. En el resto del otoño dicha separación era menos clara debido a la mezcla vertical.

Análisis discriminante

Con objeto de poder comparar mejor el zooplankton de las tres estaciones de muestreo, el análisis se ha realizado con las muestras del mixolimnion (por encima de la oxiclina), cuyas características son más o menos semejantes en las tres estaciones, además solo se han tenido en cuenta los muestreos comunes a los tres puntos, desde octubre de 1980 a septiembre de 1981 (60 casos). Se ha realizado con 30 especies (Tabla 6), habiéndose incluido 7 nuevas especies respecto a los análisis precedentes (las 7 últimas de la Tabla 6).

Se trata de especies de carácter ticolanctínico pero cuya ocurrencia supera el 20 % en el total de muestras recogidas en el estudio (162 muestras). La mayoría de especies alcanza mayor densidad en la estación 3, en particular las especies de carácter ticolanctínico que son las que suelen presentar diferencias significativas entre este punto y los otros dos (*Euchlanis dilatata*, *Lepadella ovalis*, *Cephalodella* sp.). Entre las especies planctónicas dominantes también son mayoría las que alcanzan mayor densidad en el punto 3: *Acanthocyclops robustus*, *Metacyclops*

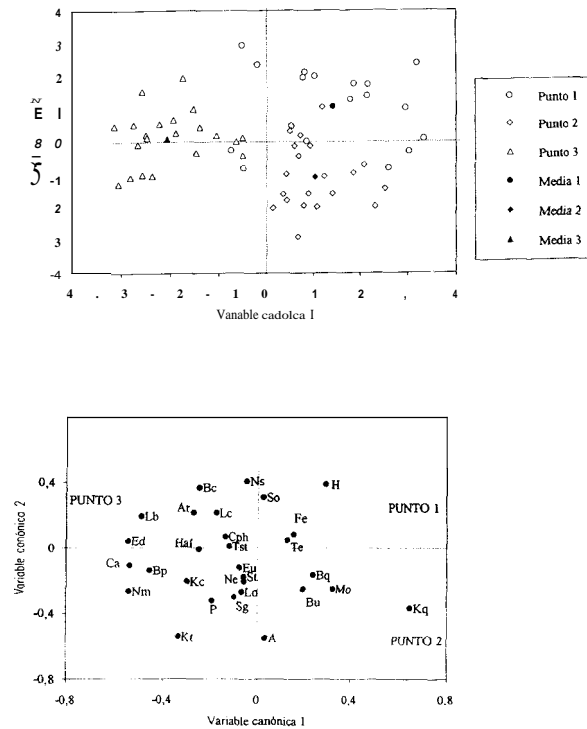


Figura 7. Posición relativa de las muestras (arriba) y de las especies (abajo) en el plano definido por las dos variables canónicas del análisis discriminante. Las abreviaturas son las mismas que las de la figura 5 además de las siguientes: Lo, *Lepadella ovalis*; Le, *Lecane closterocerca*; Lb, *Lecane bulla*; Cph, *Cephalodella* sp.; Tsc, Arcellidae; Hal, Halteriidae; Ne, nemátodos. *Relative position of samples (above) and species (below) on the plane defined by the two canonical variables of the discriminant analysis. The abbreviations for species names are the same as for figure 5, together with the following: Lo, Lepadella ovalis; Le, Lecane closterocerca; Lb, Lecane bulla; Cph, Cephalodella sp.; Tsc, Arcellidae; Hal, Halteriidae; Ne, Nematodes.*

Tabla 6. Densidad media (ind/l) en los tres puntos de muestreo, de las especies incluidas en el análisis discriminante efectuado con las muestras de la región superior a la oxiclina, y resultado del análisis de la varianza, indicándose los pares de puntos en los que la densidad es significativamente diferente (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$). Mean density (ind/l) at the three sampling stations, of the species included in the discriminant analysis carried out with samples from the area above the oxiclina. ANOVA results are shown, indicating points with significantly different densities (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	F (2/57)	Prob.	Puntos que difieren
<i>C. aquae-dulcis</i>	21.78	18.18	14.00	0.20	0.82	
<i>A. robustus</i>	12.24	14.57	39.94	0.87	0.43	
<i>M. minutus</i>	0.83	1.18	2.21	0.02	0.98	
<i>M. micrura</i>	1.60	3.30	0.43	0.05	0.95	
<i>B. urceolaris</i>	0.84	1.25	0.60	0.35	0.71	
<i>B. plicatilis</i>	11.12	36.76	91.88	0.14	0.87	
<i>B. quadridentatus</i>	0.36	0.26	0.19	1.00	0.37	
<i>B. calyciflorus</i>	3.36	6.32	0.16	0.53	0.59	
<i>K. quadrata</i>	0.04	0.05	0.07	0.56	0.58	
<i>K. tropica</i>	0.02	0.04	0.09	1.27	0.29	
<i>K. cochleuris</i>	0.04	0.10	0.12	0.34	0.72	
<i>N. marina</i>	0.40	0.29	0.53	0.39	0.68	
<i>N. salina</i>	2.73	1.61	4.41	0.51	0.60	
<i>E. dilatata</i>	0.20	0.17	0.63	4.55	0.01	(1-3)** (2-3)*
<i>T. elongata</i>	0.07	0.10	0.31	0.86	0.43	
<i>A. brightwelli</i>	0.19	0.33	0.02	0.88	0.42	
<i>S. tremula</i>	7.46	7.62	22.82	0.18	0.84	
<i>S. oblonga</i>	13.07	0.50	0.14	1.34	0.27	
<i>S. grimpei</i>	1.66	8.06	2.09	0.19	0.82	
<i>Polyarthra spp.</i>	1.77	3.90	2.07	0.36	0.70	
<i>Hexarthra spp.</i>	20.53	14.31	20.19	0.09	0.91	
<i>F. enigmaticus</i>	14.43	5.72	17.83	0.05	0.95	
<i>Euplotes sp.</i>	15.87	97.61	109.82	0.14	0.87	
<i>L. ovalis</i>	0.18	0.18	0.44	1.90	0.16	
<i>L. bulla</i>	0.10	0.04	0.32	4.03	0.03	(2-3)*
<i>L. closterocerca</i>	0.29	0.12	0.57	1.83	0.17	
<i>Cephalodella sp.</i>	0.09	0.07	0.33	3.45	0.04	(2-3)**
Testacida	0.05	0.08	0.43	3.22	0.05	(1-3)*
Halteriidae	1.69	0.50	0.58	0.29	0.75	
Nematodos	0.06	0.09	0.24	2.22	0.12	

minutus, *Brachionus plicatilis*, *Notholca salina*, *Synchaeta tremula*, *E. enigmaticus*, *Euplotes sp.* Las especies que presentan mayor densidad en la estación 2 son *Moina micrura*, *B. urceolaris*, *B. calyciflorus*, *S. grimpei*, *Polyarthra spp.* Por último las especies más abundantes en el punto 1 fueron *Calanipeda aquae-dulcis*, *S. oblonga* y *Hexarthra spp.*, que presentó prácticamente la misma densidad en los puntos 1 y 3. A partir de los datos de la Tabla 6 se aprecia una disminución de la densidad zooplanctónica al pasar de la estación 3 en el interior de la laguna a la estación

1, más próxima a la desembocadura y más sometida a la influencia marina: la densidad total es de 126.3 ind/l en la estación 1, 223.3 ind/l en la estación 2 y 333.5 ind/l en la estación 3. Es destacable el que especies eurihalinas como *B. plicatilis*, *F. enigmaticus* y ciliados *Euplotes sp.* alcancen sus mayores densidades en la estación 3.

El análisis discriminante proporciona dos variables canónicas. En la figura 7 se ha representado la posición de las muestras y de las especies en el plano definido por las dos variables. La primera variable canónica separa las

muestras del punto 3 de las otras muestras y la segunda variable separa las muestras de los puntos 1 y 2. Esta última separación es menos nítida que la ejercida por la primera variable canónica. Las especies que caracterizan la estación 3 (*Acanthocyclops robustus*, *Brachionus plicatilis*, *Euchlanis dilatata*, *Lecane bulla*, *Cephalodella* sp.) se sitúan en la parte izquierda del plano, correspondiente a coeficientes de carga negativos con esta variable (Fig. 7), mientras que las especies que alcanzan más abundancia en las estaciones 1 y 2 se sitúan en la parte positiva de esta variable. De estas especies, las que caracterizan la estación 2 (*Moina micrura*, *B. urceolaris*) tienden a situarse en la mitad inferior, con coeficientes de carga negativos con la variable canónica 2 y las que caracterizan a la estación I (*Synchaeta oblonga*, *Hexarthra* spp.) se sitúan en la mitad superior, con coeficientes de carga positivos con la variable 2.

DISCUSION

Los valores de diversidad han oscilado entre 0.5 y 3.9 bits/ind y la mayoría han quedado comprendidos entre 1.5 y 2.5 bits/ind. Son unos valores algo superiores a los de otras lagunas litorales. En la laguna salobre de Sinoie (Rumania) la diversidad varía entre 0.3 y 3.1 bits/ind (Onciu, 1990), en el lago y estuario salobre de Nhlabane (Sudáfrica) varía entre 0.4 y 2.5 bits/ind (Jerling & Cyrus, 1999) y en la Albufera de Valencia, de aguas oligohalinas, varía entre 0.5 y 2.3 bits/ind (Oltra & Miracle, 1992). La concurrencia de especies de aguas dulces, salobres y marinas, propiciada por las variaciones de salinidad en el ciclo anual y en la columna de agua, favorece el aumento de la diversidad. En el caso del fitoplancton los valores llegan a 4.2 bits/ind y son también algo superiores a los de ecosistemas litorales semejantes (Rojo & Miracle, 1989).

Tabla 7. Resumen del ciclo anual del Estany de Cullera. Se indican las especies zooplantónicas más importantes en cada estación del año. También se indican los promedios del número de individuos, biomasa, diversidad, concentración de clorofila-a, relación biomasa del zooplankton/clorofila y conductividad del mixolimnion. *Summary of the annual cycle of the lagoon Estany de Cullera. The most important zooplanktonic species in each season are shown. The averages of numbers of biomass, diversity, chlorophyll-a concentration, zooplankton/chlorophyll biomass ratio and conductivity in the mixolimnion are also shown.*

	VERANO	OTONO	INVIERNO	PRIMAVERA
	Estratificación	Final de la estratificación	Mezcla	Inicio de la estratificación
(superficie)	<i>B. calyciflorus</i> <i>B. angularis</i> <i>A. brightwelli</i> <i>Polyarthra</i> spp.	<i>C. aquae-dulcis</i> <i>B. plicatilis</i> <i>B. urceolaris</i> <i>Hexarthra</i> spp.	<i>Acartia</i> sp. <i>Oithona</i> sp. <i>S. grimpei</i> <i>B. leydigi</i>	<i>M. minutus</i> <i>S. tremula</i> <i>S. oblonga</i> <i>S. pectinata</i>
(haloclina)	----- <i>A. robustus</i> <i>C. aquae-dulcis</i> <i>Hexarthra</i> spp.	<i>S. tremula</i> <i>E. enigmaticus</i> <i>Euplotes</i> sp.	<i>N. salina</i> <i>N. marina</i>	<i>B. quadridentatus</i> <i>F. enigmaticus</i> <i>Euplotes</i> sp.
Densidad (x10 ³ /m ³)	223	320	56	139
Biomasa (g/m ³)	761	494	453	825
Diversidad (bits/ind)	1.98	1.80	2.57	2.40
Clorofila a (mg/m ³)	15.6	4.1	50.3	73.7
Biom. Zoopl/Clorof (mg)	48.7	120.4	9.0	11.2
Cond. (mS/cm)	1.8	15.4	24.4	14.7

Los análisis de la varianza sobre la distribución espacio-temporal de las especies planctónicas más abundantes, ponen de manifiesto que las variaciones más importantes se dan en el ciclo anual, en primer lugar, y en la columna de agua en segundo lugar. Las variaciones en sentido horizontal, entre estaciones de muestreo, son poco relevantes.

Los resultados del análisis de componentes principales corroboran estas observaciones. Las dos primeras componentes, las que más varianza explican, responden a los dos cambios más significativos que se dan en el ciclo anual: (1) el tránsito de la primavera al verano, que conlleva la desaparición de las especies de la época fría, la aparición de las primeras especies estivales, la disminución de la diversidad y el aumento de la densidad zooplanctónica; (2) el cambio que se produce a finales de otoño, con la desaparición de las especies procedentes del período cálido, la presencia de las primeras especies del invierno, la disminución de la densidad y el aumento de la diversidad. La Tabla 7 resume algunas características de cada estación climática en el Estany de Cullera. La disminución de la influencia marina y por tanto de la salinidad, así como el aumento de la luz y temperatura (no reflejadas en la tabla) son los cambios ambientales determinantes en el paso de la primavera al verano. El otro punto de inflexión en el ciclo anual del zooplancton, el otoño, es más gradual y obedece a dos acontecimientos sucesivos en la laguna: en primer lugar el fin de la influencia continental a principios de otoño, y en segundo lugar la bajada brusca de temperatura a final de otoño, que acaba con los restos de las poblaciones estivales.

Las dos primeras componentes principales también reflejan diferencias en el perfil vertical, la otra fuente de variación en la distribución del zooplancton. La tercera componente, además de responder a los cambios entre invierno y primavera, caracterizados por el aumento de la diversidad y densidad zooplanctónicas, es la única que introduce cierta separación entre estaciones de muestreo puesto que adquiere mayor valor en la estación 3, caracterizada en la primavera por la mayor diversidad y mayor número de especies (véase figuras 2 y 3).

El análisis discriminante hecho con el objetivo de indagar las posibles diferencias en el mixolimnion de las tres estaciones de muestreo, pone de manifiesto pequeñas diferencias entre la estación 3 y las otras dos. La densidad zooplanctónica es algo mayor en esta estación menos influenciada por la salinidad que las anteriores. Este hecho ha sido comprobado también en otros estuarios salobres (Holst *et al.*, 1998). Las diferencias entre estaciones de muestreo se registran predominantemente con especies ticoplanctónicas de aguas dulces que adquieren mayor densidad en la estación 3. Sin embargo en esta estación también se encontraron especies marinas (*Acartia grani*, *Acartia clausi*, *Synchaeta grimpei*) y eurihalinas en densidades importantes (*Brachionus plicatilis*, *F. enigmaticus*, *Euplotes* sp.), responsables de la mayor densidad zooplanctónica en este punto. La presencia de algunas especies marinas (géneros *Synchaeta*, *Acartia*, *Oithona*, *Euterpina*) en ecosistemas costeros de salinidad inferior a la marina, ha sido constatada repetidamente (Ferrari & Carrieri, 1985; Forés *et al.*, 1986; Guisande *et al.*, 1986; Onciu & Rusu, 1986; Heinbokel *et al.*, 1988; Menéndez *et al.*, 1986; Pretus *et al.*, 1992; Arndt *et al.*, 1990; Dolan & Gallegos, 1991, 1992). Varias de estas especies, por ejemplo rotíferos del género *Synchaeta* y copépodos del género *Acartia*, han sido cultivadas en el laboratorio en agua de mar más o menos diluida (Brownell, 1988; Egloff, 1988; Tiselius *et al.*, 1995; Oltra y Todoli, 1997).

En resumen, el estudio ha puesto de manifiesto la existencia de valores de diversidad zooplanctónica relativamente elevados en algunos momentos del ciclo anual, en el ambiente heterogéneo y fluctuante del Estany de Cullera. Se han constatado diferencias notables en la distribución de especies en la columna de agua, atribuibles a diferencias de salinidad. También se han puesto de manifiesto diferencias en el ciclo anual, esperables y probablemente reforzadas en este ecosistema por la variación estacional más o menos regular de la salinidad. En las aguas mixolimníticas se han detectado pequeñas diferencias entre la estación 3, menos sometida a la

influencia marina, y las demas. En dicha estación la densidad zooplanctónica era algo mayor, a causa del mayor crecimiento de las especies eurihalinas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte de un proyecto de investigación financiado por la CAICYT (nº 3778/79). Agradecemos a Eduardo Vicente, Carles Abellà y Ricardo Guerrero su colaboración en el trabajo de campo, toma de muestras y facilitarnos datos de clorofila. Agradecemos también a Carmen Rojo el facilitarnos los datos de fitoplancton.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNDT, H., C. SCHRODER & W. SCHNESE. 1990. Rotifers of the genus *Synchaeta* - an important component of the zooplankton in the coastal waters of the Southern Baltic. *Limnologia*, 21: 233-235.
- BROWNELL, C.L. 1988. A new pelagic marine rotifer from the southern Benguela, *Synchaeta hutchingsi*, n. sp., with notes on its temperature and salinity tolerance and methods of culture. *Hydrobiologia*, 162: 225-233.
- DIXON, W.J., M.B. BROWN, L. ENGELMAN, J.W. FRANE, M.A. HILL, R.I. JENNRICH & J.D. TOPOREK. 1983. *BMDP Statistical Software*. Univ. California. Berkeley. 773 pp.
- DOLAN, J.R. & C.C. GALLEGOS. 1991. Trophic coupling of rotifers, microflagellates, and bacteria during fall months in the Rhode River Estuary. *Mar: Ecol. Prog. Ser.*, 77: 147-156.
- DOLAN, J.R. & C.C. GALLEGOS. 1992. Trophic role of planktonic rotifers in the Rhode River Estuary, spring-summer 1991. *Mar: Ecol. Prog. Ser.*, 85: 187-199.
- EGLOFF, D.A. 1988. Food and growth relations of the marine microzooplankton, *Synchaeta cecilia* (Rotifera). *Hydrobiologia*, 157: 129-141.
- FERRARI, I. & A. CARRIERI. 1985. Distribuzione e dinamica stagionale dei cladoceri e dei copepodi planctonici della Sacca di Scardovari. *Nova Thalassia*, 7: 157-162.
- FORÉS, E., M. MENÉNDEZ & F.A. COMÍN. 1986. Contribución al conocimiento de crustáceos y rotíferos del Delta del Ebro. *Misc. Zool.*, 10: 105-111.
- GUISANDE C., T. LOPEZ, T. & J. TOJA. 1986. Zooplankton del estuario del río Guadalquivir. *II Simposio del Agua en Andalucía*, Vol I: 361-372.
- HEINBOKEL, J.F., D.W. COATS, K.W. HENDERSON & M.A. TYLER. 1988. Reproduction rates and secondary production of three species of the rotifer genus *Synchaeta* in the estuarine Potomac River. *J. Plankton Res.*, 10: 659-674.
- HOLST, H., H. ZIMMERMANN, H. KAUSCH & W. KOSTE. 1998. Temporal and spatial dynamics of planktonic rotifers in the Elbe Estuary during spring. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47: 261-273.
- JERLING, H.L. & D.P. CYRUS. 1999. The zooplankton communities of an artificially divided subtropical coastal estuarine-lake system in South Africa. *Hydrobiologia*, 390: 25-35.
- MENENDEZ, M. & F.A. COMÍN. 1986. Variación estacional del zooplankton en las lagunas costeras del Delta del Ebro (N.E. España). *Oecologia Aquatica*, 8: 47-60.
- MIRACLE, M.R. 1974. *Estructura y dinamica de las poblaciones zooplanctónicas del lago de Banyoles*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 479 pp.
- MIRACLE, M.R. & E. VICENTE. 1985. Phytoplankton and photosynthetic sulphur bacteria production in the meromictic coastal lagoon of Cullera (Valencia, Spain). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 2214-2220.
- NORUSIS, M.J. 1986. *SPSS/PC + for the IBM/PC/XT/AT*. SPSS Inc., Chicago, IL.
- OLTRA, R. 1993. *Estudio del zooplankton de dos lagunas litorales mediterráneas: El Estany de Cullera y la Albufera de Valencia*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. 437 pp.
- OLTRA, R. & M.R. MIRACLE. 1992. Seasonal succession of zooplankton populations in the hypertrophic lagoon Albufera of Valencia (Spain). *Arch. Hydrobiol.*, 124: 187-204.
- OLTRA, R. & M.R. MIRACLE, 2000a. Variación espacio-temporal de las poblaciones de rotíferos de la laguna meromictica Estany de Cullera (Valencia). *Limnetica*, 19:39-52.
- OLTRA, R. & M.R. MIRACLE, 2000b. Variación espacio-temporal de las poblaciones de crustáceos, larvas de poliquetos y protozoos de la laguna meromictica Estany de Cullera (Valencia). *Limnetica*, 19:53-65.

- OLTRA, R. & R. TODOLÍ. 1997. Effects of temperature, salinity and food level on the life history traits of the marine rotifer *Synchaeta cecilia valentina*, n. subsp. *J. Plankton Res.*, 19: 693-702.
- ONCIU, T. 1990. Changements produits en 1989 dans la structure qualitative du zooplancton de la Lagune Sinoie comme suite a la salure. *Rapp. Comm. int. Mer Me'dit.*, 32: 74.
- ONCIU, T. & M. RUSU. 1986. La dynamique de la structure qualitative du zooplancton de la lagune Sinoie au cours des anneés 1971-1985. *Rapp. Comm. int. Mer Me'dit.*, 30: 55.
- PRETUS, J.L., J. DE MANUEL & L. CARDONA. 1992. Temporal heterogeneity, zooplankton composition and fish food supply in the Albufera of Minorca, a highly fluctuant environment. *Bulletin de l'Institut oce'anographique, Monaco*, n° spécial 11: 179-188.
- ROJO, C. & M.R. MIRACLE. 1984. Fluctuación estacional de las poblaciones fitoplanctonicas del Estany de Cullera (Valencia). *Anales de Biología*, 2 (Sec. Esp., 2): 161-168.
- ROJO, C. & M.R. MIRACLE. 1989. Phytoplankton fluctuations during an annual cycle in the coastal lagoon of Cullera (Spain). *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 14: 179-194.
- ROJO, C., M.R. MIRACLE & M. SERRA. 1986. Interrelación entre las especies de microalgas halladas en el Estany de Cullera (Valencia). *Limnetica*, 2: 35-40.
- SHANNON, C.E. & W. WEAVER. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- TISELIUS, P., B. HANSEN, P. JONSSON, T. KIORBOE, T.G. NIELSEN, S. PIONTKOVSKI & E. SAIZ. 1995. Can we use laboratory-reared copepods for experiments?. A comparison of feeding behaviour and reproduction between a field and laboratory population of *Acartia tonsa*. *ICES J. mar. Sci.*, 52: 369-376.