

CAMBIOS ESTACIONALES EN LAS COMUNIDADES DE FITOPLANKTON Y DE ZOOPLANKTON DE LA ALBUFERA DE ADRA

P. Carrillo*; L. Cruz-Pizarro* ; R. Morales* & P. Sánchez-Castillo**

* Departamentode Biología Animal, Ecología y Genética. Universidad de Granada.

** Departamentode Biología Vegetal. Universidad de Granada.

Palabras clave: Phytoplankton, Zooplankton, Seasonal changes, Albufera de Adra.

ABSTRACT

SEASONAL CHANGES OF THE PLANKTONIC COMMUNITIES IN THE ALBUFERA OF ADRA LAGOON

This paper is a part of a major project for the ecological study of the Albufera of Adra (Almería, Spain), and shows data obtained on the structure and seasonal dynamics of phytoplankton and zooplankton communities from December 1984 to January 1986.

Chlorophyceans and, in a lesser proportion, Dinophyceans dominate the phytoplankton well along the annual cycle in the two studied lakes, while Rotifers are the dominant group in the zooplankton, both in species richness and in number of individuals.

The coexistence between congeneric species seems to be maintained by temporal segregation rather than by spatial separation. The species can be divided, to some extent, into groups according to their seasonal occurrence and the seasonal changes of the community structure, measured by diversity and succession rate indexes, are studied.

The observed community annual cycles are suggested to be a consequence of the human influence through agricultural practices in the surrounding areas.

INTRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO

Las lagunas de la Albufera de Adra forman parte de la zona húmeda natural que se sitúa en el extremo oriental del delta del río Adra (Almería), cuyo origen se debe a la acción de una importante dinámica litoral favorecida por la existencia de una corriente de deriva paralela a la línea de costa, que facilita el movimiento de materiales arrastrados por el río en su desembocadura.

El paisaje de esta zona se ha visto sensiblemente modificado en los últimos cien años por la desecación de amplias zonas; debido a procesos derivados de la desforestación y, sobre todo, por los encauzamientos sucesivos del río de Adra (Ruz, 1981).

En la actualidad el sistema lagunar está constituido por cuatro lagunas, dos de mayor tamaño:

la Laguna Honda (aprox. 1.6 Ha de superficie; 1.5 m de profundidad máxima), la más antigua—existen testimonios de su existencia desde mediados de siglo XVIII— y la Laguna Nueva, originada en la década de los años treinta, de mayores dimensiones (aprox. 3 Ha de superficie) y profundidad máxima (2.0 m). Ambas se encuentran rodeadas, casi completamente, de terrenos dedicados a la agricultura (invernaderos) algunos de ellos obtenidos desecando parte de las lagunas.

La Laguna Litoral, muy próxima al mar es mucho menor (aprox. 0.4 Ha), más somera (0.25 m de profundidad máxima) y reciente (consecuencia de la riada de 1973). Existe otra lagunita, de tamaño similar a la anterior, situada al oeste de la Nueva, entre naranjos.

En el año 1984, el Instituto de Estudios Almerienses (IAE) promovió y subvencionó un amplio programa para el estudio de las Albuferas de Adra con el que se trataba de abordar, conjuntamente, el análisis de los factores ambientales y el estudio del componente biótico de estos singulares ecosistemas y se pretendía, además, poner de manifiesto los efectos del stress al que las actividades humanas vienen sometiendo a las lagunas en los últimos años. El presente trabajo es parte de dicho estudio.

Son muy escasos los trabajos con algún sentido limnológico que se han realizado en estos sistemas. MARGALEF MIR (1981) incluye ambas lagunas en su estudio sobre la distribución de los macrófitos de las aguas dulces y salobres del litoral mediterráneo español. LÓPEZ (1983) ofrece un detallado análisis e interpretación de las características químicas de las aguas de dichas lagunas y SÁNCHEZ-CASTILLO (1984) aporta los primeros datos sobre la dinámica estacional de algunos parámetros físico-químicos, así como de sus comunidades algales.

ALONSO (1985) estudia la Laguna Nueva dentro de un extenso trabajo sobre la taxonomía, ecología y distribución de los Cladóceros en las lagunas de la península y, más recientemente, DEL RÍO (1986) presenta una caracterización química de las aguas de las lagunas, de los suelos y de los lodos del entorno y hace una primera cuanti-

ficación de los efectos derivados de la contaminación por plaguicidas.

De estos resultados y de los nuestros propios (SÁNCHEZ-CASTILLO et al. 1987) se desprende que se trata de aguas poco transparentes, bien oxigenadas, de elevado residuo salino, fuertemente mineralizadas y con valores altos de alcalinidad en su composición.

Las proporciones iónicas, en equivalentes disueltos, corresponde en ambas lagunas, a las relaciones: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Alc.} > \text{NO}_3^-$ y $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$.

En las variaciones (mínimas) de la mayoría de estos parámetros a lo largo del periodo de estudio fué difícil visualizar un carácter cíclico y, tan sólo los valores de mineralización y de cloruros así como los de las relaciones $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$ y $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+ + \text{K}^+$, parecen evidenciar intrusiones marinas durante el estiaje, (particularmente, en la Laguna Nueva) que alternan con periodos de mayor influencia del agua "dulce" (especialmente patentes en la Laguna Honda) (SÁNCHEZ-CASTILLO et al., 1987).

Ambas lagunas se pueden considerar como eutróficas y, de la comparación con los datos de nutrientes sobre periodos superiores a un ciclo anual (IGME, 1977; LÓPEZ, 1983) parece desprenderse la existencia de un ritmo intenso de eutrofización de las aguas, posiblemente como consecuencia de las prácticas agrícolas de sus entornos. SERRA et al. (1984) observan algo semejante en la Albufera de Valencia.

Las variaciones en el perfil vertical son aún menos evidentes a lo que contribuye, sin duda, la ausencia de estratificación térmica en la que, a su vez, el fuerte viento dominante en la zona jugará un papel importante.

La comparación, dentro del mismo ciclo anual, de los resultados que ofrecen SÁNCHEZ-CASTILLO et al. (1987) para la zona limnética y los que muestra DEL RÍO (1986) en la zona litoral, pone de manifiesto, para la mayoría de los parámetros, una heterogeneidad horizontal en la que pueden influir factores como la presencia (ó no) de vegetación enraizada, la proximidad del fondo, la influencia relativa de la orilla, etc.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el periodo Diciembre 1984 - Enero 1986, se llevó a cabo un muestreo con periodicidad aproximadamente mensual en la zona de máxima profundidad de ambas lagunas, de características esencialmente limnéticas.

Para la obtención de las muestras se utilizó una doble botella de Van Dorn de ocho litros de capacidad cada una que se sumergía desde la superficie hasta el fondo a intervalos regulares de 0.5 m de profundidad.

Del volumen de agua recogido a cada profundidad, se filtraban ocho litros a través de una malla circular de Nylal de 40 μm de diámetro de poro que, inmediatamente después, se conservaba en formol al 4% para el estudio cuantitativo del zooplancton.

Las muestras para el estudio de fitoplancton (100ml) se fijaron con lugol-acético y, para análisis y cuantificación de los pigmentos fotosintéticos, se filtraban dos litros de agua a través de filtros Whatman GF/C de los que, más tarde, se extraían en metanol al 100%. Para el cálculo de la concentración de clorofila-a se utilizó la expresión propuesta por TALLING & DRIVER (1963).

Como complemento al muestreo cuantitativo, y en cada ocasión, se tomaron muestras cualitativas de fito y zooplancton mediante arrastres verticales (desde el fondo hasta la superficie) y horizontales a lo largo de un transecto siguiendo el eje mayor de las lagunas - mediante redes simples de plancton de 1 m de longitud; 30 cm de diámetro de boca y malla de 25 y 40 μm respectivamente.

El recuento de los organismos se llevó a cabo utilizando un microscopio invertido Leitz Labovert con el que se contaban, a 320 aumentos, 50 campos de submuestras sedimentadas de fitoplancton y la totalidad de la muestra de zooplancton sedimentada, a 100 aumentos.

Como estima de la estructura de ambas comunidades planctónicas hemos medido la diversidad específica utilizando el índice de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1963; WASHINGTON, 1984):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i \text{ donde } p_i \text{ es la proporción}$$

real de individuos (N_i/N) de la especie i y s es el número total de especies observadas.

Para cuantificar la sucesión de las poblaciones zooplanctónicas, se utilizó el índice diario de sucesión propuesto por WILLIAMS & GOLDMAN (1975):

$$TS = \left[\sum_{i=1}^s \left(\frac{P_{ij+1} - P_{ij}}{(j+1) - j} \right)^2 \right]^{1/2}$$

donde, j representa cada fecha de muestreo y P_{ij} el número de individuos, en porcentaje, de la especie i en el muestreo j .

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición específica

En líneas generales, la estructura biológica de las comunidades fito y zooplanctónica, en ambas lagunas, corresponde a la que cabría esperar en este tipo de ambientes relativamente poco estructurados - hasta cierto punto impredecibles y sometidos a un intenso stress por contaminación.

El fitoplancton está dominado por Clorofíceas y, en menor medida, por Dinofíceas (Fig. 1). El resto de los grupos muestran escasa representación específica y numérica y aparecen en situaciones más o menos puntuales del ciclo anual.

Las especies más abundantes: *Monoraphidium minutum*, *Peridinium borgei*, *Cryptomonas erosa*, son taxones típicamente planctónicos y propios de ecosistemas eutróficos.

Otras especies de las presentes como *Gomphosphaeria aponina* y *Spirulina major*, entre las Cianofíceas y *Chaetoceros muelleri* y *Mastogloia braunii*, entre las Diatomes, tienen un marcado carácter mesohalobio y se desarrollan cuando la concentración de cloruros es alta. TOMÁS (1982) y SÁN-

CHEZ-CASTILLO (1987) encuentran estas mismas especies mucho mejor representadas en la zona litoral de la Laguna Honda así como entre el plancton de la pequeña Laguna Litoral (SÁNCHEZ CASTILLO, 1987).

Se encuentran, finalmente, otras especies presentes en la zona limnética como *Johannesbaptista pellucida*, *Euglena tripteris*, *Bacillaria paradoxa* y *Campylodiscus clypeus* que han sido citadas como típicamente litorales o bentónicas.

El zooplankton de ambas lagunas está dominado por los Rotíferos, tanto en cuanto a la riqueza específica como (y sobre todo) en relación con las densidades poblacionales calculadas sobre una base anual (Fig.1). Los Cladóceros constituyen el grupo más abundante entre los Crustáceos, con tamaños poblacionales muy semejantes en ambas lagunas. Los Protozoos llegan a constituir una fracción importante (6.8%), en términos del número de individuos, en la Laguna Nueva.

Se trata, en general, de especies eurioicas y ampliamente distribuidas (*Ceriodaphnia reticulata*, *Testudinella patina*) o bien característica de aguas eutróficas (*Brachionus calyciflorus*, *Trichocerca* sp., *Notholca* gr. *squamula*) y de elevada salinidad (*Brachionus plicatilis*, *Alona rectangula*, *Hexarthra fennica oxyuris*). Con frecuencia, son polimorfas (*Brachionus angularis*, *Keratella quadrata*).

Entre las especies identificadas, predominan las adaptadas a la vida bentónica sobre fondos ricos en detritos (*Alona rectangula*, *Brachionus quadridentatus*, *Cephalodella gibba*, *Lepadella patella*, *Colurella adriatica*, *Lecane luna*, *Lecane furcata*, *Lecane closterocerca*) o propias de la zona litoral donde viven como perifíticas o entre la vegetación macroscópica sumergida (*Ceriodaphnia reticulata*, *Megacyclops gigas*, *Trichocerca* sp., *Brachionus urceolaris*) cuya presencia en el plancton es ocasional (heleoplanctónicas debido a migraciones que, en ocasiones, pueden ir asociadas a blooms fitoplanctónicos determinados).

Además de las especies que se muestran en la Tabla II, procedentes de muestreos cuantitativos, se han identificado individuos pertenecientes a las especies *Keratella cochlearis*, *Lecane bulla*, *Oxyurella tenuicaudis*, *Ceriodaphnia laticauda* y *Eucyclops serrulatus*, sobre muestras cualitativas y, normalmente, en muy baja densidad.

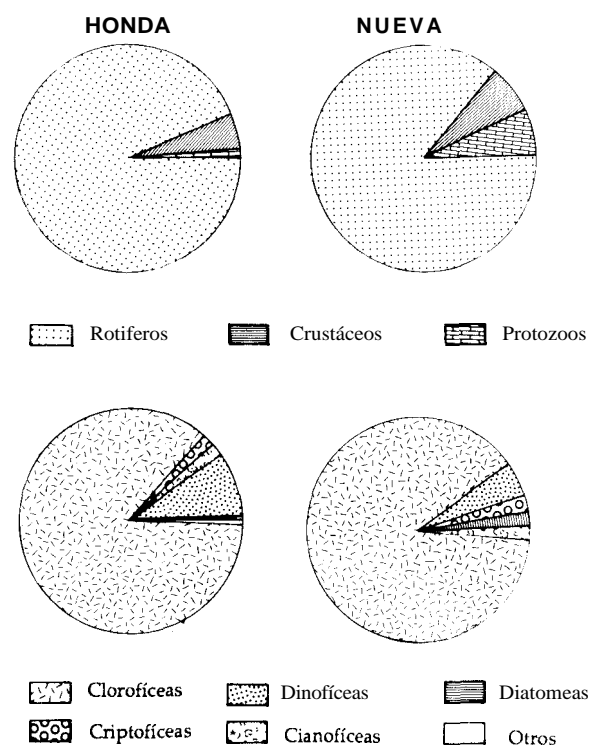


Figura 1.- Abundancia relativa anual, en porcentaje, de los diferentes grupos de Fitoplancton y Zooplancton en las lagunas estudiadas.

Phytoplankton and Zooplankton relative annual abundance in the lakes studied.

Megafenestra aurita, citada por ALONSO (1985) en la Laguna Nueva (Abril, 1982), no ha sido encontrada.

La metodología de muestreo, en especial el diámetro de poro de la malla utilizada para la filtración de las muestras de zooplankton, no es la más recomendable para el estudio de los Protozoos o planctónicos por lo que seguramente no están representados adecuadamente en las mismas.

Nauplios y copepoditos incluyen todos los individuos que se han observado en ambas categorías larvarias, pertenecientes a especies diferentes (*M. gigas*, *E. serrulatus*). Debido a que son suficientemente numerosos para ignorarlos, y porque sin desde un punto de vista estrictamente taxonómico, sí en un sentido funcional añaden información a la comunidad, los hemos considerado como sendas especies en el cálculo de la diversidad.

Tabla I.- Abundancia promedio de las especies de fitoplancton durante las estaciones del año (ind./cm³).
Mean densities (ind/cm³) of main fitoplankton species for each season in Honda and Nueva Lagoons.

	HONDA				NUEVA			
	I	P	V	O	I	P	V	O
CYANOPHYCEAE								
Microcystisaeruginosa	0.5	19.8	53.9	3.8	71.5	13.3	19.1	93.8
Chroococcusdispersus	0.0	0.5	0.0	0.0				
Merismopedia punctata	19.1	1026.2	58.1	13.3	86.4	130.1	35.1	69.9
Gomphosphaeria aponina					0.0	0.0	26.6	0.0
Johannesbaptistia pellucida					2.2	0.0	0.0	0.0
Oscillatoria amphibia	720.8	0.2	0.0	406.9	506.6	38.2	29.1	791.8
Oscillatoria princeps	9.1	0.0	0.0	23.5				
Oscillatoria geminata					0.0	60.9	0.0	0.0
Spirulina major	7.6	0.1	0.1	0.4				
Anabaena vignieri					0.0	0.0	5.2	2.5
Anabaenopsis sp.					15.0	0.0	0.0	0.0
DINOPHYCEAE								
Amphidinium sp.	36.9	0.0	0.0	0.2	640.5	164.3	477.2	4543.7
Peridinium borgei	3175.5	2035.9	1297.1	8412.2	221.3	221.0	243.6	10.8
Peridinium inconspicuum	85.6	395.3	217.7	0.0	0.0	0.0	19.1	0.0
EUGLENOPHYCEAE								
Euglena pisciformis	375.4	0.0	5.0	0.8				
Euglena tripteris	0.0	0.1	0.0	0.0				
Euglena sp.	47.3	0.0	4.0	3.3				
Phacus mirabilis	3.4	0.0	0.0	0.4				
Phacus orbicularis	0.0	4.8	0.0	0.0				
CRWTOPHYCEAE								
Cryptomonas erosa	511.5	97.4	1254.4	517.1	609.5	173.6	189.7	1442.4
Rhodomonas sp.					0.0	30.4	0.0	0.0
DIATOMOPHYCEAE								
Chaetoceros muelleri	120.4	0.0	10.1	103.9	754.0	0.0	17.4	31.1
Cyclotella meneghiniana	14.9	154.0	75.7	0.0	321.6	338.5	111.8	478.9
Synedra affinis	4.1	0.0	140.3	21.6	109.6	0.0	0.0	1.7
Cocconeis placentula	0.0	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	14.9	1.7
Navicula cryptocephala	0.0	0.2	0.0	0.0				
Mastogloia braunii					0.0	0.0	8.3	0.0
Amphora ovalis	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
Cymbela laevis					0.0	29.9	2.5	0.0
Bacillaria paradoxa	0.0	1.3	0.0	0.0				
Nitzschia microcephala	0.0	29.2	0.0	0.0				
Rhopalodia gibba					0.0	0.0	0.2	0.0
Campylodiscusclypeus	0.0	0.8	0.2	0.0				
Epithemia sorex					0.0	0.1	0.1	0.0
CHLOROPHYCEAE								
Oocystis lacustris	0.0	31.1	0.0	0.0				
Tetraedron minimum	0.1	0.0	0.0	0.4	3.3	20.0	0.8	0.0
Monoraphidium contortum	0.0	36.3	1.7	0.0	67.0	1759.6	12.8	21.6
Monoraphidium komarkovae	117.1	696.5	0.0	0.0				
Monoraphidium minutum	765.6	56595.4	23041.3	291.9	34622.9	36147.6	318.2	3152.8
Scenedesmus acuminatus					3.3	19.9	0.8	0.0
Scenedesmus eornis					822.1	4.4	0.0	1756.9
Scenedesmus quadricauda	88.9	88.4	19.1	3.3	6.6	206.5	8.3	13.3
ZYGOPHYCEAE								
Cosmarium sp.	0.0	0.0	1.7	0.8				

I: Invierno; P: Primavera; V: Verano, O: Otoño. I: Winter, P: Spring, V: Summer, O: Autumn

Sucesión estacional

La Tabla I muestra la abundancia de las distintas especies de fitoplancton, en valores promedio para cada estación del año, en las lagunas estudiadas. Durante la Primavera, las Clorofíceas constituyen el grupo dominante. Esta situación se mantiene hasta el Otoño en la Laguna Honda mientras que en la Nueva ya a mediados de Verano la comunidad está compuesta por Dinofíceas, Criptofíceas y Cianofíceas, siendo las prime-

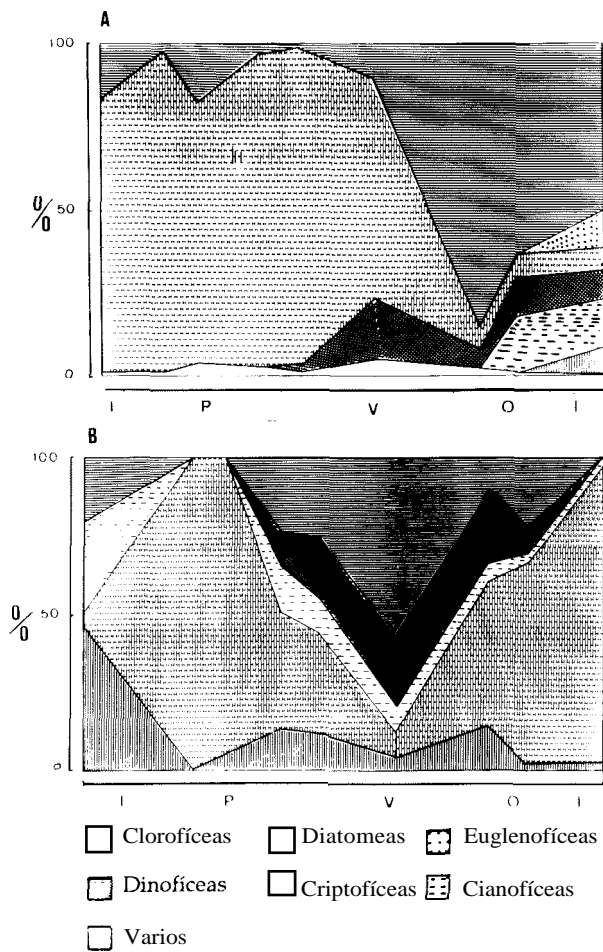


Figura 2.- Evolución de la comunidad fitoplanctónica durante el ciclo anual de estudio A) Laguna Honda, B) Laguna Nueva.
Evolution of the phytoplankton community during the annual cycle. A) Lake Honda, B) Lake Nueva.

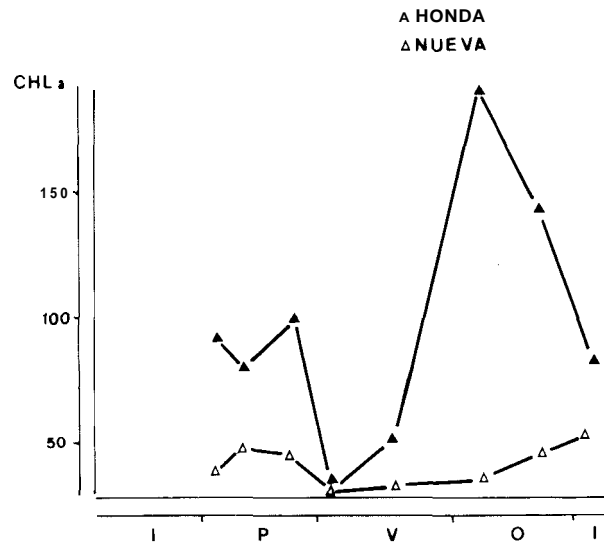


Figura 3.- Distribución estacional de la concentración media de clorofila-a ($\mu\text{g/l}$) en el perfil vertical.
Seasonal distribution of chlorophyll-a mean values ($\mu\text{g/l}$) in the vertical profile.

ras el grupo dominante (Fig. 2A). Un cambio similar en la estructura, aunque retrasado en el tiempo, se aprecia en la Laguna Honda (Fig. 2B).

En primavera *Monoraphidium minutum*, *Cyclotella meneghiniana* y *Scenedesmus quadricaudata* son las especies mejor representadas, siendo *M. minutum* la especie dominante en ambas lagunas. En este periodo se detectan concentraciones relativamente altas de fosfatos, con valores superiores a 0.1 ppm en las dos lagunas (DEL RÍO, 1986) así como elevadas concentraciones de clorofila-a con valores de hasta 101 $\mu\text{g/l}$ en la Laguna Honda que coincide con el máximo poblacional de *M. minutum* y de 43 $\mu\text{g/l}$ en la Laguna Nueva (Fig. 3) asociado con el máximo desarrollo de las poblaciones de *M. minutum* y *M. contortum*. Durante esta estación, como era de esperar por la dominancia de *M. minutum*, se miden los valores más bajos de diversidad (0.35 bits/ind., en la Laguna Honda y 0.64 bits/ind., en la Nueva) (Fig. 4).

El cambio en la estructura de la comunidad fitoplanctónica que se observa durante el verano es particularmente notable en la Laguna Nueva. *Cryptomonas erosa*, *Oscillatoria amphibia* y *Microcystis aeruginosa* son ahora las especies que predominan y se observa un incremento en los valores de equitabilidad y, por ende, de diversidad. En la

Laguna Honda, *M. minutum* presenta un descenso en su densidad poblacional, aunque sigue siendo el taxon más abundante. Tan sólo *C. erosa* presenta un crecimiento considerable en este periodo.

M. aeruginosa llega a formar "flores de agua" durante el verano en la Laguna Honda, coincidiendo con altas concentraciones de fosfatos y elevadas temperaturas. Esta situación, sin embargo, no se refleja en la medida de la estructura de la comunidad, al haberse expresado su abundancia como número de colonias/litro. Estas proliferaciones de *M. aeruginosa* son frecuentes en aguas salobres, aunque no siempre este incremento aparente de biomasa corresponde a una producción elevada, como apunta MARGALEF (1969) en el caso de muchas Cianofíceas.

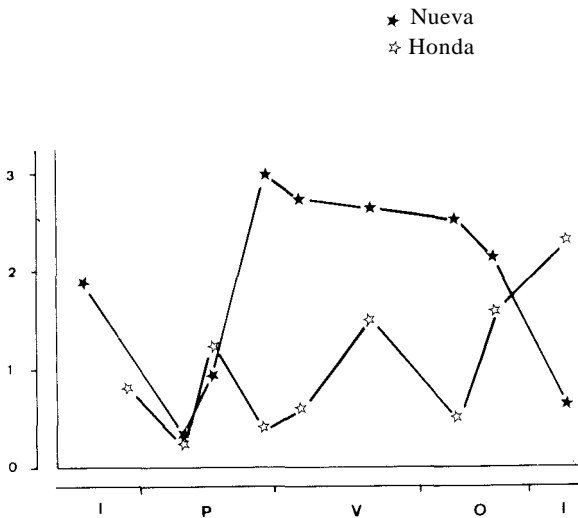


Figura 4.- Diversidad fitoplanctónica (bits/ind) en la columna de agua, a lo largo del ciclo anual. Phytoplankton diversity values (bits/ind) (mean for the water column) in the annual cycle.

A lo largo del otoño se produce un incremento de la mineralización así como de la concentración de nutrientes, en ambas lagunas que, en la Honda, se manifiesta por un gran desarrollo de la población de *Peridinium borgei*, que llega a representar más del 75 % del total de individuos de la comunidad y que se corresponde con los mayores valores de la concentración de clorofila-a medida a lo largo del ciclo de estudio (192 µg/l) (Fig. 3).

En la Laguna Nueva, la estructura de la comunidad en otoño es muy similar a la comentada para la situación de primavera, siendo de nuevo, *M. minutum* la especie dominante. Se observa un incremento continuado de los valores de clorofila-a (Fig.3) así como una disminución progresiva de los valores de diversidad hacia el final de este periodo y en invierno debido a la dominancia de clorofíceas (Fig.4).

Durante el invierno la Laguna Honda presenta un incremento en los valores de diversidad (Fig.4) debido, fundamentalmente, a un aumento de la riqueza específica. Situaciones similares fueron observadas por COMÍN (1984) en la laguna de Buda, tanto en la composición taxonómica a nivel de grandes grupos como en la sucesión estacional.

En ambas lagunas *Chaetoceros muelleri* presenta sus máximos poblacionales a final de otoño o durante el invierno, coincidiendo, en general, con máximos de mineralización como suele ser habitual en este taxon propio de aguas salobres (BLINN, 1984).

En la Tabla II se presentan los resultados, en promedios estacionales, de los recuentos de las especies de zooplancton efectuados sobre las muestras cuantitativas y la figura 5 muestra la evolución, en porcentaje de Crustáceos, Protozoos y Rotíferos (diferenciados en familias) durante el ciclo anual de estudio en las dos lagunas.

Como se aprecia, los Rotíferos constituyen el grupo dominante a lo largo del año en la Laguna Honda. Los Crustáceos sólo están presentes en las muestras pelágicas durante parte del invierno y en la primavera con dos máximos, a finales de Enero y de Marzo, que corresponden a otros tantos de Nauplios, en buena proporción de *M. gigas*, la Única especie de Copépodo adulto que se ha encontrado aunque muy esporádicamente y en muy baja densidad, en la zona pelágica sobre muestras cuantitativas.

Alona rectangula y *Ceriodaphnia reticulata*, los dos Cladóceros censados, muestran una presencia muy accidental hacia finales de invierno y comienzos de primavera.

Las poblaciones de Protozoos planctónicos aparecen igualmente de forma esporádica durante el otoño y comienzos de invierno y siempre con

Tabla II.- Abundancias promedio de las especies del zooplancton durante las estaciones del año (org/8 dm²).
Mean densities (org/8dm²) of zooplankton species for each season in Honda and Nueva lagoons.

	HONDA				NUEVA			
	I	P	V	O	I	P	V	O
ROTIFEROS								
Keratella quadrata	95.7	36464.0	67.0	22.0	50.0	2291.7	9.0	13.7
Brachionus urceolaris	0.0	79.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
Brachionusquadridentatus	14.0	121.0	3.0	0.0	1759.3	4.9	0.7	0.0
Brachionuscalyciflorus	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
Brachionus plicatilis ssp 1	203.3	74.7	104.0	2446.0	870.0	223.0	0.0	2943.0
Brachionus plicatilis ssp 2	46.6	47.3	266.1	3736.0	155.3	0.0	78.7	69.5
Brachionus plicatilis ssp 3	5.6	20.7	1364.7	0.0	0.0	2068.0	171.0	169.0
Brachionus angularis	14.0	86.7	47.0	0.0				
Notholca gr. squamula	0.0	0.6	0.0	0.0				
Lepadella patella	4.0	1.3	72.0	59.0	10.7	25.0	7.6	4.5
Colurella cf. adriatica	24.0	2.2	2.0	16.0	14.7	3.6	0.1	127.0
Lecane furcata	10.7	10.9	11.0	4.5	0.0	1.2	109.0	45.7
Lecane luna	0.0	0.0	47.0	0.0	0.0	0.0	0.9	8.0
Lecane sp 1	0.0	0.2	3.0	10.0				
Lecane sp 2	0.0	0.0	0.0	3.0				
Lecane closterocerca	0.7	0.4	0.0	1.5				
Cephalodella gibba	0.0	0.0	0.2	0.0				
Cephalodella sp.	2.7	1.3	63.0	44.0	0.0	0.0	8.9	0.0
Trichocerca sp.	122.0	6.0	297.0	853.0	1.3	59.3	118.5	971.2
Synchaeta sp.	2525.1	876.2	258.0	540.0	0.0	1375.7	7.9	1.5
Polyarthra sp.	6.7	9.3	11.0	77.0				
Testudinella patin	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.0
Filinia cf. cornuta	0.0	442.7	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	2.5
Hexarthra oxyuris	109.3	27.3	207.0	20324.0	206.7	185.3	123.4	4091.0
CRUSTACEOS								
Nauplios	1344.0	2132.0	0.0	0.0	412.7	768.3	9.9	26.2
Copepoditos	29.1	106.3	1.5	0.0	0.0	64.5	0.7	0.0
Megacyclops gigas	0.0	9.1	0.0	0.0				
Alona rectangula	0.5	2.8	0.0	0.0	0.0	2.1	49.0	0.0
Ceriodaphnia reticulata	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	28.7	0.0	0.0
PROTOZOOS								
Vorticella sp.	60.0	0.0	0.0	11.2	173.7	265.5	119.0	988.0
Ciliado no identificado	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	16.2	1.5	96.0

I: Invierno; P: Primavera; V: Verano; O: Otoño. I: Winter, P: Spring, V: Summer, O: Autumn.

densidades muy bajas en esta laguna, no llegando a representar en ningún momento más del 5 % del total de organismos/m² de la comunidad.

Entre las poblaciones de Rotíferos, *Keratella quadrata*, *Synchaeta* sp., *Brachionus plicatilis* ssp 1, *Hexarthra oxyuris*, y *Lecane furcata*, pueden ser calificados como perennes por su presencia continuada a lo largo del ciclo de estudio. Se trata de especies euplanctónicas (a excepción de *L. furcata*) y sus máximos poblacionales se suceden a lo largo del tiempo desde el final de invierno y comienzos de verano (*Synchaeta* sp.) hasta otoño (*Hexarthra oxyuris* y *B. plicatilis* ssp. 1), coincidiendo con el comienzo en el desarrollo de Cianofíceas, uno de los alimentos preferidos de esta última especie.

Brachionus quadridentatus y *Colurella cf. adriatica* se encuentran presentes, en ocasiones en muy baja densidad, durante buena parte de ciclo anual. La primera presenta un máximo poblacional a final de invierno y no está presente en las muestras cuantitativas durante el otoño y, la segunda muestra su máximo de densidad en otoño y no se ha encontrado a lo largo del verano.

Otro grupo de especies muy características es el compuesto por *B. angularis* y *Notholca* gr. *squamula*, catalogable como estivales pues su presencia en el plancton se reduce a los meses de verano. Un comportamiento similar se ha detectado en lagos y embalses italianos (BRAIONI & GERLMANI, 1983).

En función de su presencia en las muestras cuantitativas, el resto de las especies pueden ser agrupadas en conjuntos mucho menos precisos y de menor significación, por cuanto están formados por especies bénticas y semipelágicas cuya presencia en el plancton puede estar motivada por razones diversas, desde accidentales (*Lecane* sp. 1, *Lecane closterocerca*) hasta derivadas del desarrollo de especies fitoplanctónicas que le sirven de alimento. Este puede ser el caso de *T. patina*, asociada con el desarrollo en invierno y primavera de Clorofíceas, o el de *Trichocerca* sp. cuyo máximo otoñal se sitúa al comienzo del desarrollo de Cianofíceas; e incluso el de *Cephalodella* sp., igualmente en otoño, coincidiendo con el desarrollo de algas flageladas y sobre todo con el máximo de ciliados.

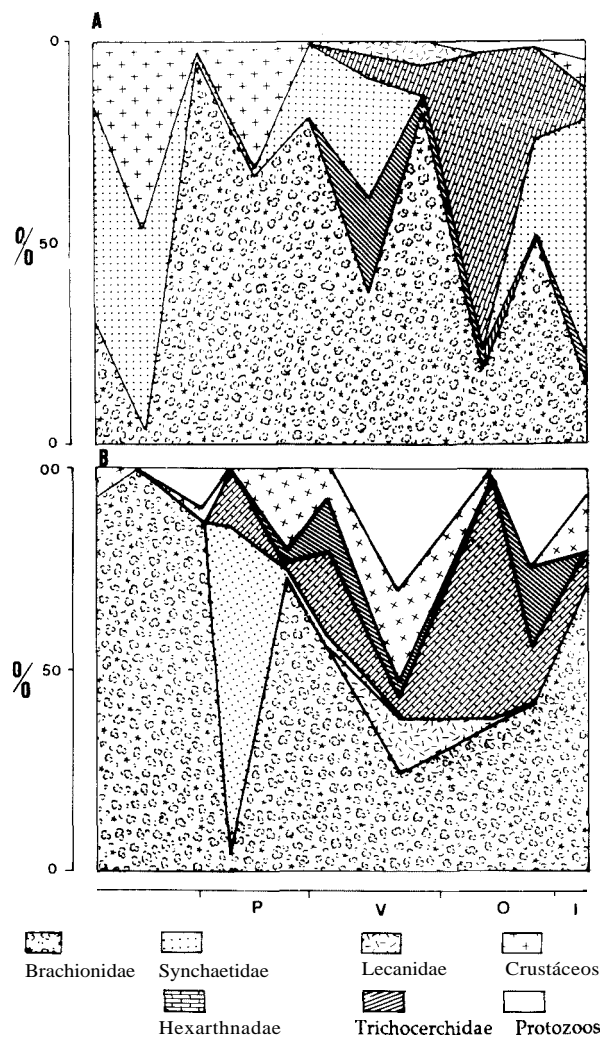


Figura 5.- Evolución de la comunidad zooplanctónica durante el ciclo anual de estudio. A) Laguna Honda, B) Laguna Nueva.

Evolution of the zooplankton community during the annual cycle. A) Lake Honda, B) Lake Nueva.

Brachionus urceolaris, *Brachionus calyciflorus* y *Filinia* cf. *cornufo* se incluirían en un grupo laxo que podríamos denominar de especies de invierno y primavera. Las dos especies con genéricas de dicho grupo presentan sus máximos poblacionales segregados en el tiempo.

B. plicatilis ssp 3 está presente durante la primavera y el verano y es la única especie euplanctónica con máximo poblacional estival.

Un grupo poco definido, a no ser por mostrar sus máximos poblacionales en otoño, es el que constituyen *B. plicatilis* ssp.2 y *Lepadella patella* que, junto con los ya citados de *Trichocerca* sp. y *Cephalodella* sp. están presentes durante buena parte del año, a excepción de los muestreos invernales.

Considerada en conjunto, la comunidad zooplanctónica sigue una evolución anual paralela a la del fitoplancton, con sendos máximos a comienzos de primavera y otoño (Figs. 3 y 6).

SÁNCHEZ-CASTILLO et al. (1987) muestran que para la mayoría de las especies es posible apreciar un patrón de distribución espacial uniforme. La coexistencia de especies de similares requerimientos parece asegurarse por una segregación temporal y, posiblemente alimenticia, antes que espacial (al menos en la dimensión vertical).

En la laguna Nueva destaca fundamentalmente la importancia relativa, en número de individuos, de los Protozoos que están presentes prácticamente a lo largo de todo el ciclo anual, llegando a constituir en verano y a finales de otoño y de invierno más del 10 % del total de la comunidad, debido sobre todo a la elevada densidad de *Vorticella* sp. Los Crustáceos, en cambio, están en promedio, mucho menos representados numérica-

mente que en la Laguna Honda debido sobre todo a que Nauplios y Copepoditos de Ciclópidos, aunque se encuentran presentes en el plancton durante todo el año, lo hacen en menor densidad. Esto hace suponer que el ciclo de vida de la especie(s) de Copépodos presente(s) debe ser diferente al observado en la Laguna Honda, aunque la fase de adulto, como allí, tenga lugar en el litoral y fondo de la laguna. De hecho, en la Laguna Honda no se ha observado ningún individuo adulto de Copépodo, ni siquiera en las muestras cualitativas procedentes de arrastres verticales.

Los Cladóceros están representados en la Laguna Nueva, igualmente, por *Ceriodaphnia reticulata* y *Alona rectangula*, esta última como especie más abundante cuya presencia en la zona pelágica restringe a los meses de primavera y verano.

La taxocenosis de Rotíferos en la Laguna Nueva es muy semejante a la de la Laguna Honda. Falta, sin embargo, *Polyarthra* sp. una especie euplanctónica bien representada en aquella; *Lecane closterocerca* así como *Lecane* sp.1 y *Lecane* sp.2, especies béntico-litorales cuya presencia era ocasional en la Honda y sobre todo destaca la ausencia de dos especies semipelágicas típicas de primavera: *Brachionus angularis* y *Notholca* gr. *squamula*. El resto de las especies de Rotíferos muestran en su distribución espacio-temporal un patrón similar al de la Laguna Honda.

Las especies perennes siguen siendo las catalogadas como euplanctónicas que, a su vez son las que presentan las mayores densidades poblacionales (*K. quadrafa*, *B. plicatilis*, *H. fennica oxyuris* y *Synchaeta* sp.) aunque en algunos casos (*H. fennica*) casi no están presentes en invierno; o su presencia en otoño e invierno es muy limitada en el tiempo y en densidad (*Synchaeta* sp.) (Tabla II).

El grupo de especies de primavera-verano que se podía establecer en la Laguna Honda, sigue conservándose aquí, en donde además se incluye *B. quadridentatus*.

De nuevo observamos especies congénicas cuya coexistencia plantea situaciones que merecen un estudio posterior más detenido. *B. calyciflorus* muestra una clara segregación biométrica, quizá alimenticia y temporal con respecto a *B. urceolaris* y *B. quadridentatus*, mientras que entre

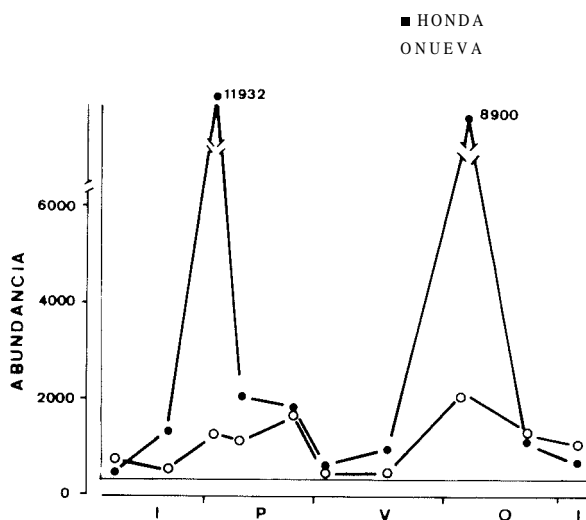


Figura 6.- Variación estacional de la densidad zooplanctónica (org/m²) en ambas lagunas.
Seasonal variation of the zooplankton density in both lagoons.

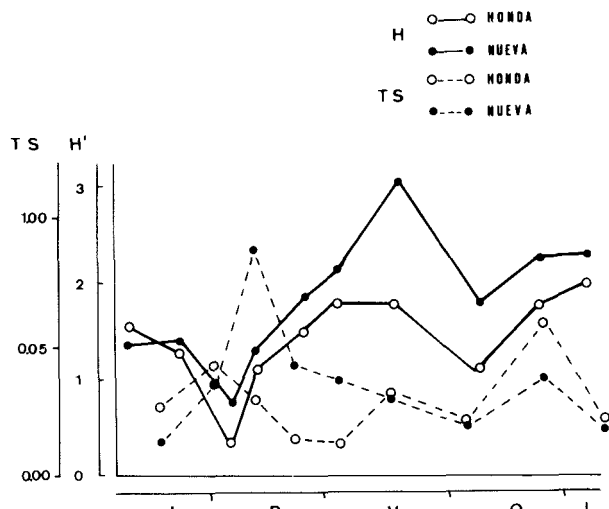


Figura 7.- Evolución de los valores del índice de diversidad (bits/ind) y de la tasa de sucesión del zooplankton (unidades/día).
Seasonal variations of the diversity (bits/ind) and succession rate (units/day) in the zooplankton community.

estas dos especies, más semejantes en tamaño no parece existir una clara segregación espacial (SÁNCHEZ-CASTILLO et al. 1987).

En esta laguna, como ocurría en la Honda, se aprecia una distribución más o menos uniforme

de los individuos en el perfil vertical (SÁNCHEZ-CASTILLO et al. 1987).

La variación de los valores del índice de diversidad en ambas lagunas, durante el periodo de estudio, se muestra en la figura 7. Son valores relativamente bajos, característicos de aguas eutróficas y de elevada contaminación y, en su evolución anual aparecen fluctuaciones en las que destacan un máximo estival y sendos mínimos en primavera y otoño (este último, más notable en la Laguna Nueva) que cuantifican los cambios que se observan en la comunidad tanto en cuanto al número de especies como en la distribución de las abundancias específicas.

El índice diario de sucesión de la comunidad muestra valores igualmente bajos (inferiores a 0.06/día en la Laguna Honda y a 0.09/día en la Nueva) y sus variaciones son mínimas aunque, sobre todo en la Laguna Honda, se evidencian máximos relativos que se corresponden con los mínimos de diversidad comentados cuando la comunidad presenta la máxima heterogeneidad en la distribución de las abundancias específicas al estar en primavera dominada por *Keratella quadrata* y, en otoño, por *H. oxyuris*.

En todo caso la influencia humana, ya comentada, sobre las lagunas parece ser la responsable de los ciclos observados.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M. 1985. *Las lagunas de la España peninsular: taxonomía, ecología y distribución de los Cladóceros*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- BLINN, D. W. 1984. Growth responses to variations in temperature and specific conductance by *Chaetoceros muelleri*. *Br. Phycol. J.*, 19: 31-35
- BRAIONI, M. G. & GELMANI, D. 1983 *Rotiferi monogononti* Consiglio nazionale delle ricerche AQ/1/200. Verona.
- COMIN, F. 1984. Características físico-químicas y fitoplancton de las lagunas costeras Encañizada, Tancada y Buda (Delta del Ebro). *Oecología aquatica*, 7: 99-162
- DEL RÍO, M.T. 1986. *El ecosistema acuático de las Albuferas de Adra (Almería). Estudio pormenorizado de sus componentes*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- I.G.M.E. 1977. *Estudio hidrogeológico de la cuenca Sur-Almería*. Informe técnico IX. Adra.
- LÓPEZ, P. 1983. *Aguas salinas epicontinentales próximas a la costa mediterránea española. Estudio del medio*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- MARGALEF, R. 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. *Mem. Simp. Inten. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO. Mexico, D. F.: 545-562
- MARGALEF MIR, R. 1981. *Distribución de los macrófitos de las aguas dulces y salobres del E. y NE. de España y dependencia de la composición química del medio*. Fundación Juan March. Madrid.
- Ruz, J. 1981. *Adra; Siglo XIX*. Ed. Cajal. Almería.
- SÁNCHEZ-CASTILLO, P. 1984. *Estudio limnológico de dos ecosistemas hídricos de la provincia de Almería*. Excma. Diputación Provincial de Almería.

- SÁNCHEZ-CASTILLO, P. 1987. Estudio de la salinidad sobre las poblaciones algales de tres lagunas litorales (Albufera de Adra, Almería). *Limnetica*. (en prensa).
- SÁNCHEZ-CASTILLO, P., CARRILLO, P., CRUZ-MARTÍNEZ, J.M., & CRUZ-PIZARRO, L. 1987. *Plancton de las lagunas de la Albufera de Adra: ciclo anual*. Instituto de Estudios Almerienses, Excma. Diputación Provincial de Almería. En prensa.
- SERRA, M., MIRACLE, M.R. & VICENTE, E. 1984. Interrelaciones entre los principales parámetros limnológicos de la Albufera de Valencia. *Limnetica* 1:9-19
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Urbana.
- TALLING, J.F. & DRIVER, W. 1963. Some problems in the estimation of chlorophyll-a in phytoplankton. *Proc. Conference on Primary productivity measurement, Marine and Freshwater, Hawaii 1961. U.S. Atomic Energy Comm. TID-7633*: 142-146.
- TOMAS, X. 1982. El género *Mastogloia* en los sistemas acuáticos del litoral mediterráneo español. *Coll. Bot.* 13 (2):929-944
- WASHINGTON, H.G. 1984. Diversity, Biotic and Similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.* 18: 653-694.
- WILLIAMS, J. & GOLDMAN, R. 1975. Succession rates in lakes phytoplankton communities. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19: 808-811.