

FITOPLANCTON DEL PARQUE NACIONAL LAS TABLAS DE DAIMIEL. III. DIATOMEAS Y CLOROFITAS

por

ELIZABETH ORTEGA-MAYAGOITIA & CARMEN ROJO¹

¹ Área de Limnología, Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva.
Apartado Oficial 2085. E-46071 Valencia (España)

Resumen

ORTEGA-MAYAGOITIA, E. & C. ROJO (2000). Fitoplancton del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. III. Diatomeas y clorofitas. *Anales Jard. Bot. Madrid* 58(1): 17-37.

El Parque Nacional Las Tablas de Daimiel es un humedal semiárido, importante como reserva de biodiversidad, que sufre un acelerado proceso de eutrofización y profundos cambios hidrológicos. En este trabajo se describen la taxonomía, la dinámica y la ecología de las 9 diatomeas (2 centrales, 7 pennadas) y las 37 clorofitas (24 coccales, 8 flageladas y 5 especies de otros grupos) recolectadas entre los años 1996-1998. La mayor parte de las especies son características de ambientes eutróficos y algunas son indicadoras de salinidad (*Chaetoceros muelleri*). Las especies más abundantes fueron *Scenedesmus quadricauda*, *Cyclotella meneghiniana* y *Nitzschia acicularis*. *Pteromonas limnetica* es primera cita española. Con respecto al período de sequía de 1992-1993, se constata una considerable disminución en la densidad fitoplanctónica y una sustitución de especies del 50 %. Se observó una gran heterogeneidad espaciotemporal en la distribución de los táxones, y no se encontró ningún patrón estacional o geográfico.

Palabras clave: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyta*, fitoplancton, eutrofización, humedal, Castilla-La Mancha, España.

Abstract

ORTEGA-MAYAGOITIA, E. & C. ROJO (2000). Phytoplankton from Las Tablas de Daimiel National Park. III. Diatoms and chlorophytes. *Anales Jard. Bot. Madrid* 58(1): 17-37 (in Spanish).

Las Tablas de Daimiel National Park is an important semi-arid wetland, biodiversity reserve, that is experiencing an accelerated eutrophication process and dramatic hydrological changes in recent years. This paper reports the taxonomy, dynamics and ecology of 9 planktonic diatoms (2 centric, 7 pennate) and 37 chlorophytes (24 coccoids, 8 flagellated and 5 species of other groups) which were found from 1996 to 1998. Despite the higher diversity of Chlorococcales, diatoms made a major contribution to algal biomass. Most species are typical of eutrophic systems and some are salinity indicators (*Chaetoceros muelleri*). *Scenedesmus quadricauda*, *Cyclotella meneghiniana* and *Nitzschia acicularis* were the most common species. *Pteromonas limnetica* is a new record for Spain. There was a remarkable decrease in phytoplankton density and a 50 % species substitution in comparison to the drier period 1992-1993. Species distribution through the wetland was very heterogeneous spatially and temporally, without any pattern.

Key words: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyta*, phytoplankton, eutrophication, wetland, Castilla-La Mancha, Spain.

INTRODUCCIÓN

A pesar del creciente interés que ha suscitado el estudio de los humedales en las últimas décadas (CONSTANZA & *al.*, 1997), el fitoplancton sigue siendo uno de sus componentes biológicos menos investigados, probablemente debido a que en estos ecosistemas la mayor parte de la producción primaria es generada por los macrófitos (KADLEC & KNIGHT, 1996). Sin embargo, de las profundas diferencias morfológicas, hidrológicas, físicas y químicas que existen entre humedales y lagos puede obtenerse información valiosa sobre los procesos que controlan la composición, estructura y dinámica del fitoplancton. En los humedales afectados por la eutrofización estos productores primarios muestran dinámicas y patrones muy complejos y distintos a los descritos en los lagos (QUINTANA & *al.*, 1998; ROJO & *al.*, 2000; SÁNCHEZ-CARRILLO & *al.*, 2000). Un ejemplo de estas diferencias se ha encontrado en el Parque Nacional Las Tablas de Daimiel (PNTD), un humedal semiárido incluido en las listas de los convenios Ramsar y ZEPa de Conservación (TROYA & BERNUÉS, 1990). En los últimos años ha sufrido cambios muy marcados en su hidrología, y está afectado por un inexorable proceso de eutrofización (ARAUZO & VICIOSO, 1996), que se constata tanto durante los períodos de sequía como con abundancia de agua. Desde 1992 a la fecha se ha realizado un estudio del fitoplancton de este humedal en el que se ha encontrado un comportamiento del fitoplancton que no responde a los modelos clásicos de eutrofización y sustituciones estacionales (ROJO, 1996; ROJO & *al.*, 2000). En este artículo se describen las dinámicas de las poblaciones y la ecología de las diatomeas y clorofitas, dos de los grupos de algas que suelen ser más comunes en sistemas de elevada eutrofia (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992), y es el último de una serie publicada en esta revista (ROJO & *al.*, 1999b; ORTEGA-MAYAGOITIA & ROJO, 2000).

MATERIAL Y MÉTODOS

El PNTD es un humedal hipertrófico somero formado por un sistema de islas y cuerpos

de agua interconectados; está situado en la llanura Manchega (Ciudad Real), donde la precipitación y la temperatura media anual de la región son de 407 mm y 13,7 °C, respectivamente. Información más exhaustiva sobre su ecología e historia puede consultarse en ÁLVAREZ-COBELAS & CIRUJANO (1996) y SÁNCHEZ-CARRILLO & ÁLVAREZ-COBELAS (2000).

Las muestras se recogieron mensualmente de marzo de 1996 a diciembre de 1998 en cinco puntos del PNTD: Filtro Verde de Villarrubia de los Ojos, Patagallina, Molemocho, Entradilla y Puente Navarro (véase mapa en ROJO & *al.*, 1999b). Filtro Verde es un canal somero, con una abundante población de macrófitos, por donde llegan las aguas del río Gigüela hacia el interior del Parque. Aguas abajo, en la entrada del Parque, se encuentra Patagallina, punto de entrada del canal del Gigüela al PNTD. Entradilla es una pequeña tabla (zona de aguas someras desprovistas de vegetación emergente), más o menos salada según la época y generalmente aislada del patrón de circulación hídrico. Molemocho es el punto por donde entraban las aguas del río Guadiana, pero actualmente es una zona por la que en algunos años sale el agua del PNTD. Puente Navarro es el último punto del humedal, por donde salen ocasionalmente las aguas, y en el que ha instalado una presa que regula la superficie inundada de esta zona.

Para los recuentos, volumen celular e identificación, se siguió la metodología reseñada en ORTEGA-MAYAGOITIA & ROJO (2000).

RESULTADOS

Taxonomía, fenología y autoecología de las poblaciones

Se identifican 9 táxones pertenecientes a *Bacillariophyceae* y 37 a *Chlorophyta*, que se describen y comparan con los publicados por otros autores. También se reseñan los lugares y fechas en los que aparecieron en el humedal, y se describe su ecología.

Una de las clorofitas encontradas es primera cita para España, y todas las especies de diatomeas ya estaban citadas de la Península Ibérica.

BACILLARIOPHYCEAE**CHAETOCERACEAE****Chaetoceros muelleri** Lemmerm. 1898
(fig. 1a)

Los frústulos son cilindros muy cortos, circulares en vista valvar, con dos setas muy largas y delicadas a ambos lados de las valvas. Se observaron algunas cadenas de dos individuos, pero la mayoría eran solitarios. Su tamaño, 16-24 μm de diámetro \times 2-8 μm de altura, es algo mayor que el referido para las muestras estudiadas por ROJO (1996) en este mismo humedal (12 \times 4 μm), pero queda dentro de los valores señalados por KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991).

Esta alga apareció en la tabla de la Entradilla en la primavera de los tres años, y llegó hasta el 37 % del biovolumen total de fitoplancton en abril de 1998. Su máximo se presentó en Patagallina en X-1996, con 440 ind/ml.

La mayor parte de las especies de este género son marinas (GERMAIN, 1981), y es *Ch. muelleri* una diatomea que se encuentra en aguas continentales salobres (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1991; OLRİK, 1994), como las de Entradilla, donde la salinidad varía entre 2 y 12 $\mu\text{mS/cm}$. Su presencia en primavera cuando la concentración de N es alta la sitúa entre las diatomeas colonizadoras oportunistas (OLRIK, 1994). En España se había encontrado, entre otros enclaves, en las Tablas de Daimiel (ROJO, 1996) y en las lagunas del Racó de L'Olla (SORIA & ROS, 1991).

COSCINONODISCACEAE**Cyclotella meneghiniana** Kütz. 1844

Los frústulos son cilindros cortos, en vista valvar se aprecian estrías radiales en el contorno. Su tamaño, 12 μm de diámetro \times 14 μm de altura, queda dentro de los rangos (8-30 \times 5-43 μm) señalados por GERMAIN (1981) y KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991), aunque se ajustan mejor al tamaño dado por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS (1994).

Fue una de las especies más comunes a lo largo de todo el año, ya que apareció en el 60 % de las muestras revisadas, y especial-

mente relevante en Filtro Verde (90 % de las muestras), donde dominó de manera continua durante 1997 hasta la primavera de 1998 (fig. 2). La mayor densidad se encontró en Patagallina, y fue de 73.890 ind/ml (90 % de la densidad y el 87 % del biovolumen de fitoplancton) en IX-1997. No encontramos un patrón claro de dinámica estacional, aunque sus picos de abundancia fueron más elevados en verano y otoño.

La amplia distribución espaciotemporal que presenta se corresponde con su carácter cosmopolita. Aparece en una amplia variación de estados tróficos, incluso en sistemas hipertróficos (GERMAIN, 1981; ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992; ROMO & MIRACLE, 1994). Se han descrito picos de abundancia tanto en situaciones en las que el N pudiera ser el factor limitante (CHOLNOKY, 1968), como cuando lo pudiera ser el P (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1994). Es una especie ampliamente distribuida en España (ROJO, 1990).

Cyclotella ocellata Pant. 1901

Los frústulos son similares a los de *C. meneghiniana*, pero en la zona central de la valva se observan pequeños "ocelos" (depressiones circulares) irregularmente dispuestos. Su tamaño queda siempre dentro del rango de 5-27 μm de diámetro dado por KISS & *al.* (1996).

Se encontró en todos los puntos a lo largo de todo el año pero fue más abundante en primavera y verano en Molemocho y Filtro Verde. Su máximo fue de 31.000 ind/ml (V-1997, Molemocho) y aportó el 91 % de la densidad total y el 53 % del biovolumen. Durante este pico dominó junto con *Euglena splendens* Dang. 1901 y en menor grado, con *Lepocinclis ovum* (Ehr.) Mink. 1898, especies indicadoras de ambientes muy eutróficos.

Esta especie, que se puede presentar todo el año, suele tener un rápido ascenso entre primavera y verano y luego decae. Se ha observado una relación directa entre sus períodos de crecimiento y el aumento en la cantidad de fósforo (ROJO & *al.*, 1999a), como sucede en el PNTD. En España se ha citado, por ejemplo, en el Estany de Cullera (ROJO, 1984), y en numerosos embalses (PÉREZ, 1992; DASÍ & *al.*, 1998).

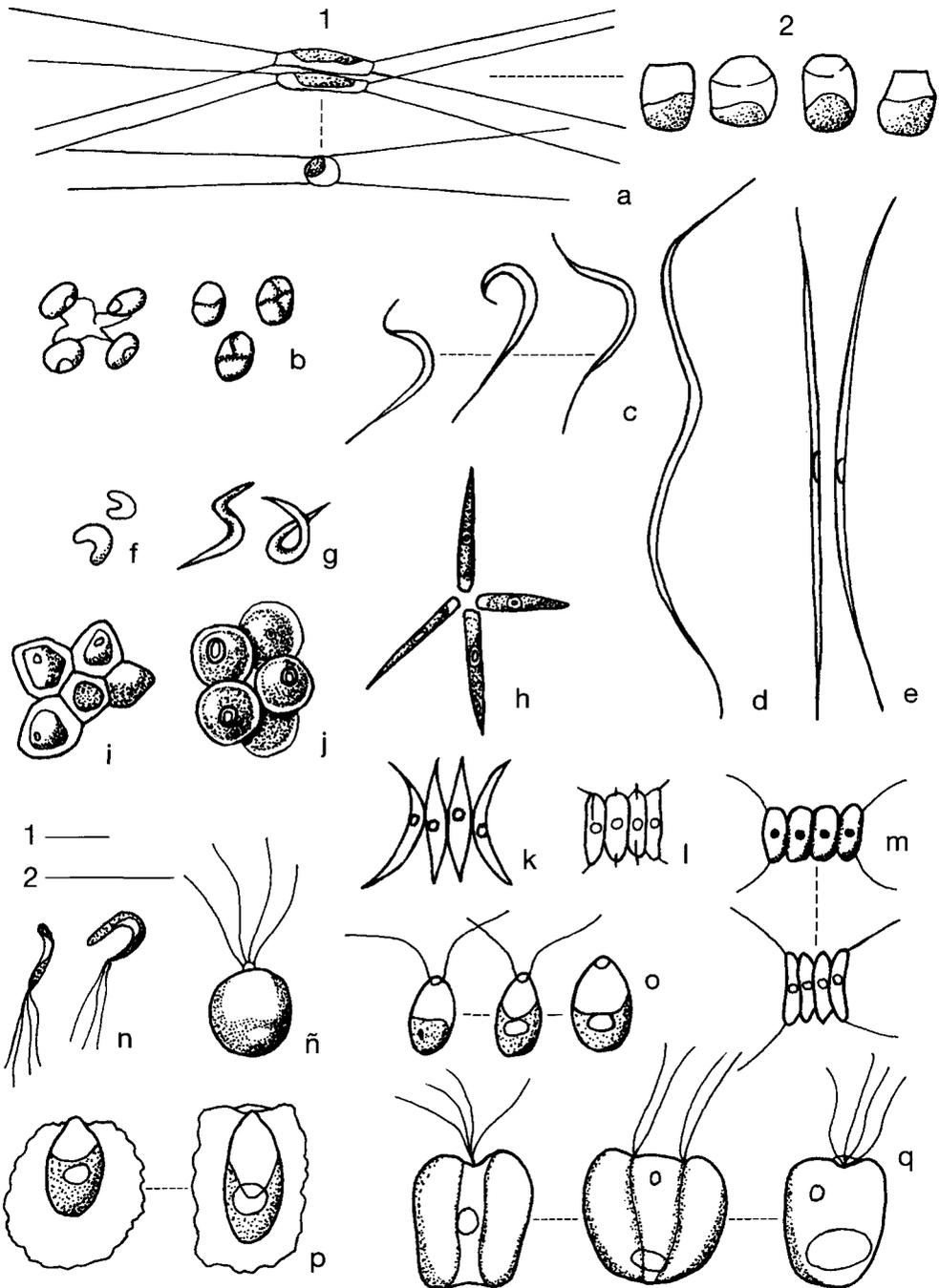


Fig. 1.—a, *Chaetoceros muelleri* (1, células vegetativas; 2, esporas); b, *Dictyosphaerium tetrachotomum*; c, *Monoraphidium arcuatum*; d, *M. irregulare*; e, *M. komarkovae*; f, *M. cf. minutum*; g, *M. skujae*; h, *Actinastrum hantzschii*; i, *Coelastrum astroideum*; j, *C. microporum*; k, *Scenedesmus acuminatus*; l, *S. armatus*; m, *S. quadricauda*; n, *Spermatozopsis exsultans*; ñ, *Carteria* sp.; o, *Chlamydomonas* sp.; p, *Pteromonas limnetica*; q, *Pyramimonas cf. nanna*. (Escala, 10 μ m: 1 = a-p; 2 = q.)

FRAGILARIACEAE

Asterionella formosa Hassall 1850

Apareció de manera esporádica y en baja densidad en Molemocho. Se ha encontrado en sistemas de baja eutrofia, así como en hipertróficos (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992). Citada en España en los embalses de El Vellón (ARAUZO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1994) y Riaño (NEGRO *et al.*, 1994), entre otros.

RHIZOLENIACEAE

Rhizosolenia sp.

Frústulos cilíndricos muy alargados, con una espina gruesa, larga, y ligeramente excéntrica en cada extremo. No pudieron observarse las cinturas conectivas de los frústulos. Tamaño 28-80 × 4 µm.

La encontramos de manera discontinua entre el verano y el otoño de 1996 en Molemocho, donde presentó su población máxima en agosto, que fue de 155 ind/ml. En Patagallina apareció puntualmente en X-1996.

BACILLARIACEAE

Nitzschia acicularis (Kütz.) W. Smith 1853

La zona central de los frústulos es lanceolada en vista valvar, los extremos son muy largos y se estrechan gradualmente. Sus medidas 100 × 4 µm, que se ajustan al límite superior indicado por GERMAIN (1981; 35-100 × 3-5 µm), quedan incluidas en los valores medios dados por KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997b; 30-150 × 2,2-5 µm).

Se presentó a lo largo de todo el año en todos los puntos (45 % de las muestras), pero fue más abundante en Molemocho y en Puente Navarro, donde formó picos a finales del verano y en el otoño de los tres años, aunque en 1998 fueron más elevados (fig. 2). En el resto de los puntos fue más irregular. Su máximo fue de 58.610 ind/ml (IX-1998, Molemocho) y aportó el 44 % del biovolumen de fitoplancton.

Apareció asociada a *Cryptomonas erosa* Ehr. 1838. Tanto esta especie como la siguiente, que pertenecen al grupo *Lanceolatae*

(KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1997b) no son comunes en el plancton de los lagos templados, pero suelen encontrarse en sistemas eutróficos someros (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992; ROSENSTRÖM & LEPISTÖ, 1996). En España está ampliamente distribuida (ROJO, 1990).

Nitzschia palea (Kütz.) W. Smith 1856

Las valvas son lanceoladas con los lados más o menos paralelos en el área central, algunas veces los extremos son capitados. En torno a 30 estrías en 10 µm. Sus medidas, 18-66 × 2,5-4,5 µm, se ajustan a las indicadas por KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997b) y por GERMAIN (1981).

Fue una de las algas más frecuentes en el humedal, ya que apareció en el 57 % de las muestras. Estuvo presente la mayor parte del año, aunque su dinámica fue distinta en cada punto (fig. 2). A lo largo del primer año su abundancia fue aumentando hasta el invierno de 1996-1997, cuando decayó en todos los puntos, y luego comenzó a ser más fluctuante. Se formaron varios picos alternados, que fueron simultáneos solo en VIII-1997 (Patagallina y Filtro Verde). Su máximo fue de 19.540 ind/ml en Filtro Verde en X-1998.

Especie relacionada con ambientes eutróficos (WENDKER & GEISSLER, 1988). Se ha citado en lugares ricos en P, pudiendo generar picos de densidad en verano (OLRIK, 1994), como ocurre en el PNTD, si bien el pico más elevado lo observamos a principios del otoño. Es una especie cosmopolita (GERMAIN, 1981) ampliamente distribuida por España (ROJO, 1990).

Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) W. Smith 1853

Se encontró una pequeña población en Filtro Verde en IV-1997. Citada en el catálogo de ÁLVAREZ-COBELAS & ESTÉVEZ (1982), aunque sin especificar las localidades españolas.

NAVICULACEAE

Navicula cryptocephala Kütz. 1844

Valvas lanceoladas ligeramente capitadas, con 15 estrías en 10 µm. Sus medidas, 25-35 ×

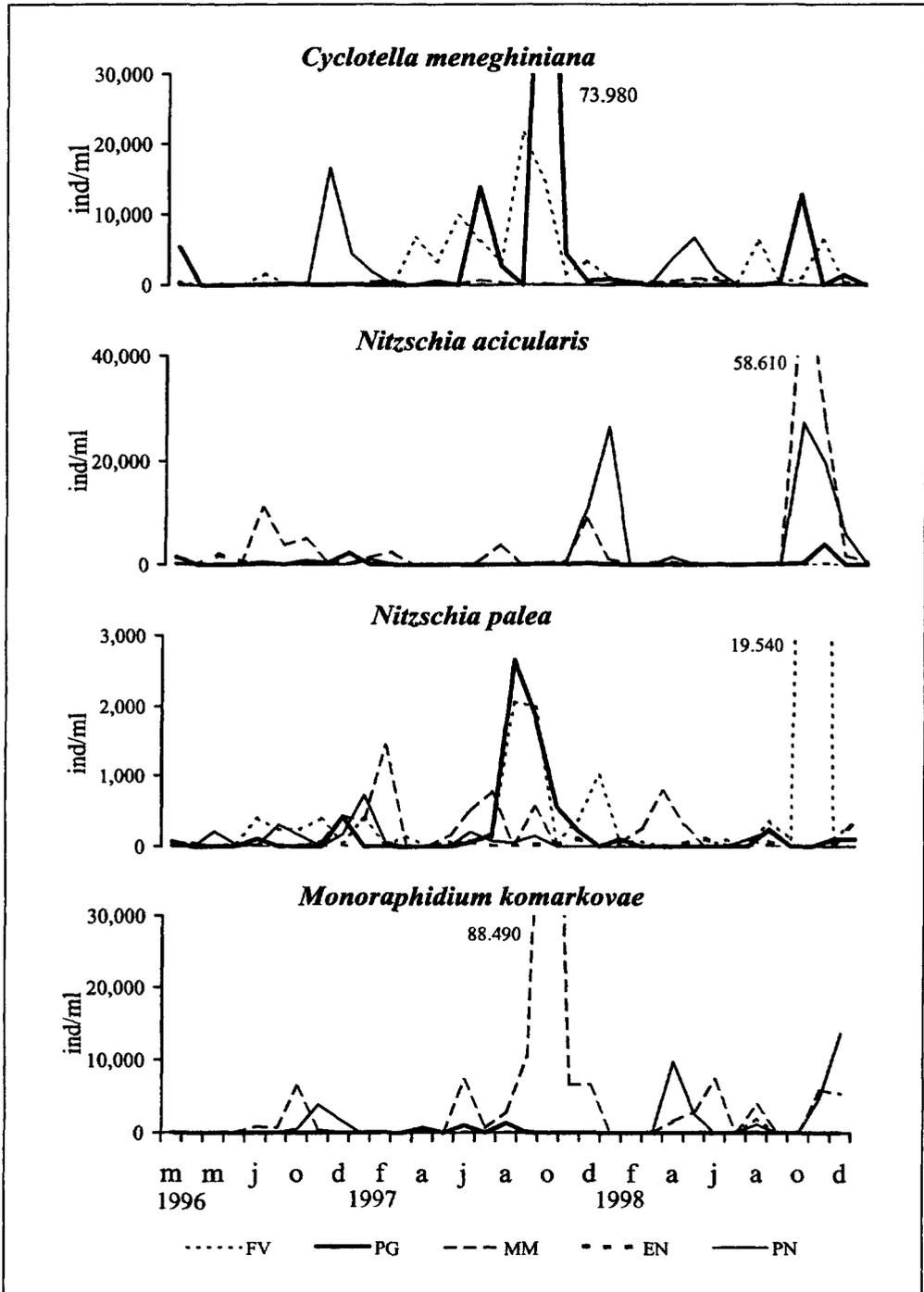


Fig. 2.—Dinámica de la densidad (ind/ml) de algunas poblaciones de fitoplancton de cinco puntos de Las Tablas de Daimiel, desde 1996 hasta 1998. (FV, Filtro Verde; PG, Patagallina; MM, Molemocho; EN, Entradilla; PN, Puente Navarro.)

5-7 μm , quedan dentro de los rangos señalados por GERMAIN (1981) y KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997a).

Presente en todos los puntos de muestreo, excepto Patagallina, de forma discontinua, aunque con mayor frecuencia a finales de la primavera y en verano. No formó poblaciones importantes, y su densidad máxima fue de 221 ind/ml en Filtro Verde en IX-1997.

Es una especie cosmopolita que se ha encontrado en un amplio intervalo de condiciones ambientales y que tolera aguas muy contaminadas con materia orgánica (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1997a). En España se ha citado, por ejemplo, en el Estany de Cullera (ROJO, 1984), en el embalse de los Bermejales (PÉREZ, 1992) y en la Albufera de Valencia (ROMO & MIRACLE, 1994).

CHLOROPHYTA

PRASINOPHYCEAE

POLYBLEPHARIDACEAE

Pyramimonas cf. nanella Conrad & Kuff.
1954 (fig. 1q)

Células redondeadas, ovals, o lobuladas de 8-10 \times 11-12 μm (fig. 1). Los flagelos emergen juntos o separados de la zona lobular. Pirenoide grande en la parte inferior de la célula. Estigma presente.

Se encontró de manera discontinua a lo largo de todo el estudio, en todos los puntos excepto en Patagallina. Sus picos de abundancia se sitúan en primavera y otoño (fig. 3). Su máximo poblacional se registró en Entradilla (VI-1996), con 1.410 ind/ml (44 % del biovolumen de fitoplancton). En V-1996, durante un mínimo de densidad de fitoplancton total en Filtro Verde, contribuyó con el 99 % de la abundancia y del biovolumen con 330 ind/ml, hecho que coincidió con un pico de concentración de fósforo total. *P. nanella* no se ha citado con anterioridad en España (CAMBRA & *al.*, 1998), pero se ha encontrado en aguas meso-eurihalinas de Bélgica (ETTL, 1983).

CHLOROPHYCEAE

CARTERiaceAE

Carteria sp. (fig. 1ñ)

Células casi esféricas, de 3-6 \times 6-8 μm , con un abultamiento por donde emergen cuatro flagelos de aproximadamente la misma longitud que la célula. No se observó estigma. El contenido celular es difuso, con un cloroplasto en forma de copa. Similar a *C. rotunda* Ettl. & O. 1959, pero es mucho más pequeña.

Se encontró en Filtro Verde y Patagallina de manera discontinua a lo largo de todo el año, principalmente en verano y otoño. Su máximo poblacional fue de 6.340 ind/ml en VIII-1997 en Filtro Verde. Durante un mínimo de densidad de fitoplancton en IV-1996 en este mismo punto, aportó el 94 % de la abundancia total.

Carteria es un género común en aguas hipertróficas (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBEN, 1992) al que OLRİK (1994) ha encontrado formando picos o florecimientos en verano, como en este estudio.

CHLAMYDOMONADACEAE

Chlamydomonas ehrenbergii Gorosch.
1891

Células redondeadas, con la membrana ligeramente separada del borde del citoplasma. Cloroplasto en forma de copa. Tiene dos flagelos que se insertan en un pequeño abultamiento en la parte posterior de la célula, y cuya longitud es ligeramente superior a la de ésta. Sus medidas, 8-14 μm de diámetro, son más pequeñas que las descritas por Ettl (1983), pero quedan dentro del rango indicado por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS (1995b).

Apareció de manera muy esporádica a lo largo del período de estudio en Filtro Verde, Patagallina y Entradilla, sobre todo en invierno y en otoño. Su máximo poblacional fue de 1.180 ind/ml en Patagallina en XII-1998.

Sus apariciones esporádicas y en elevada densidad se han observado en otros ambientes hipertróficos (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995b), siendo su comportamiento el de un alga

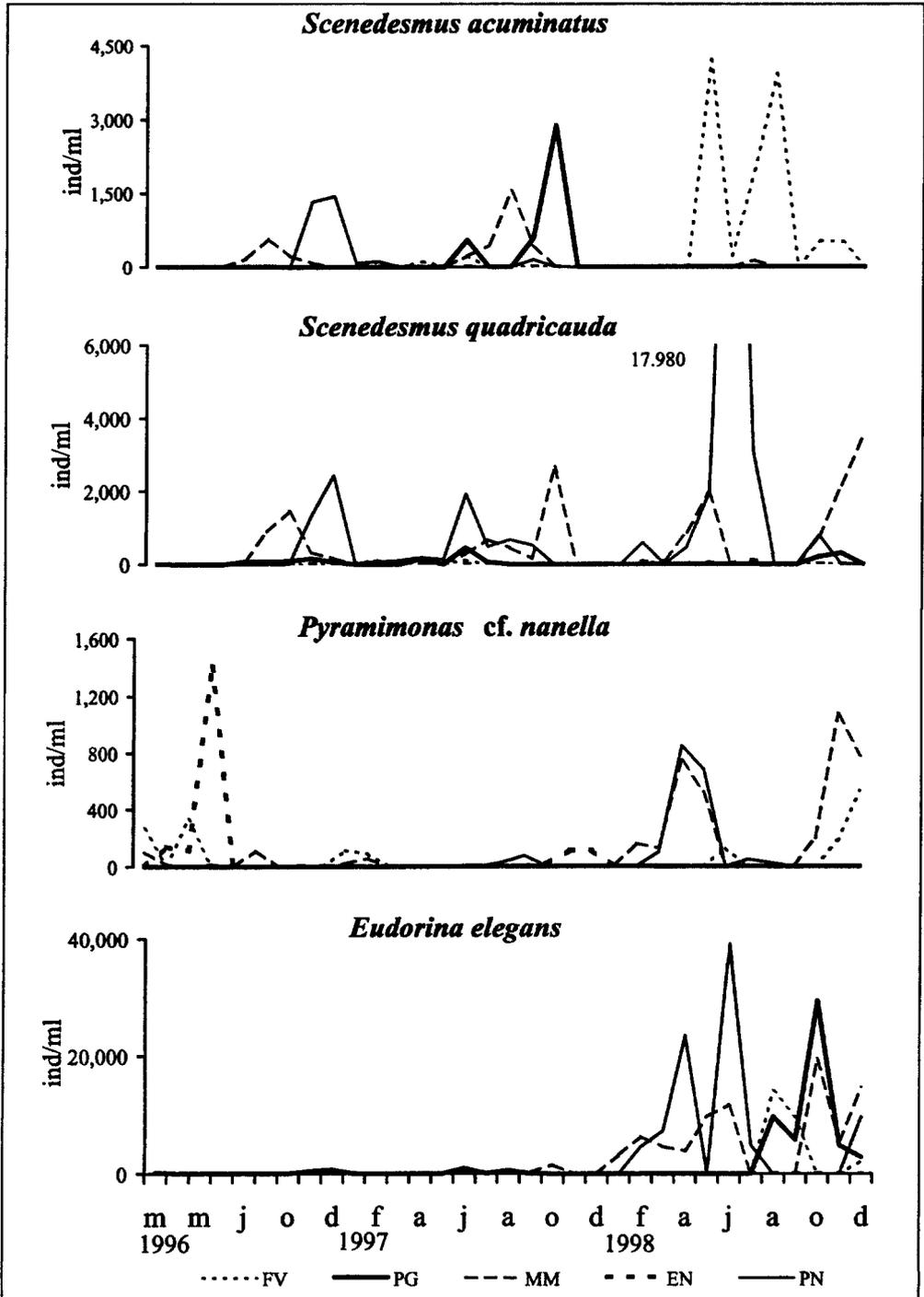


Fig. 3.—Dinámica de la densidad (ind/ml) de algunas poblaciones de fitoplancton de cinco puntos de Las Tablas de Daimiel, desde 1996 hasta 1998. (FV, Filtro Verde; PG, Patagallina; MM, Molemocho; EN, Entradilla; PN, Puente Navarro.)

oportunista (OLRIK, 1994). En España solo se ha citado en la laguna del Porcal (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995b) y en Granada (SÁNCHEZ-CASTILLO, 1983 en CAMBRA & *al.*, 1998).

Chlamydomonas sp. (fig. 1o)

Células orladas y algo piriformes, de 8-9 × 7-8 µm. Cloroplasto en forma de copa; en la mitad inferior de la célula un solo pirenoide basal. Estigma en el tercio inferior de la célula. Los flagelos se insertan en una débil protuberancia de la parte superior. Semejante a *Ch. basimaculata* Pascher & Jahoda 1928, pero con una pared más tenue, y con la zona apical más definida.

Se encontró en todos los puntos, con una frecuencia bastante irregular, desde III-1996 hasta I-1997, y puntualmente en III-1998 en Entradilla. Su máximo se registró en VIII-1996 en Filtro Verde, con 830 ind/ml, y es la especie dominante por su abundancia en ese punto (50 %). Sin embargo, por encontrarse junto a especies de mayor tamaño como *E. splendens* y *Phacus* sp., su contribución al biovolumen fue insignificante.

Al parecer su dinámica es alternante con *Ch. ehrenbergii*, siendo ésta más común en verano. Esto coincide con lo señalado por OLRİK (1994), quien considera a este género propio de invierno-primavera, de colonización rápida, oportunista cuando abundan los nutrientes, y a la vez se le encuentra como componente principal del biovolumen y soportando la reducción de nutrientes en el verano.

Spermatozopsis exsultans Kors. 1913 (fig. 1n)

Células alargadas y curvadas en forma de hoz o ligeramente sigmoidales. El extremo posterior de la célula es redondeado o ligeramente afilado y en el anterior, que también es redondeado, se insertan cuatro flagelos (aunque a veces no se ven todos) de 1-1,5 veces la longitud de la célula. Sus medidas, 8-9 × 2 µm, quedan dentro de los márgenes descritos por Ettl (1983).

Se encontró en Patagallina, Molemocho y Entradilla, principalmente en verano y en otoño. Su población más elevada, con

1.660 ind/ml, se registró en IX-1997 en Molemocho.

Esta es una especie cosmopolita que se encuentra generalmente en aguas eutróficas (Ettl, 1983). En España ha sido escasamente citada (CAMBRA & *al.*, 1998). En su estudio sobre la limnología de las lagunas de La Mancha, ARMENGOL & *al.* (1975) encontraron *Spermatozopsis* sp., referencia no recogida en el catálogo de clorofitas (CAMBRA & *al.*, 1998) a pesar de que este género tiene una sola especie descrita (Ettl, 1983), debido quizá a que las dimensiones dadas por ARMENGOL & *al.* son mayores que las que corresponden a la descripción de la especie.

PHACOTACEAE

Pteromonas angulosa (Carter) Lemmerm. 1900

Las células son lenticulares y están envueltas por una lóriga circular, con los bordes laterales muy amplios, y los superiores rectos o ligeramente inclinados hacia el punto de inserción de los dos flagelos. Sus medidas, lóriga de 12-16 × 8-15 µm, quedan dentro de los márgenes dados por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS (1995b), y son algo más pequeñas que las indicadas por Ettl (1983).

En III-1996 apareció en Filtro Verde, Patagallina y Entradilla. Aunque la abundancia de sus poblaciones fue muy baja, su máximo, de 28 ind/ml, coincidió con la mínima densidad de fitoplancton de Entradilla, por lo que su biovolumen representó el 14 % del total en este punto.

Aparece a finales del invierno, coincidiendo con períodos donde el fósforo puede ser limitante (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995b). En España se ha citado escasamente (CAMBRA & *al.*, 1998).

Pteromonas limnetica Hortob. 1954 (fig. 1p)

Lóriga más o menos circular o elipsoide en vista frontal y fusiforme en la lateral, con una depresión en el punto de inserción de los flagelos. La superficie de la lóriga es claramente rugosa e irregular. Sus medidas, lóriga de 15-24 × 14-22 µm, son algo más pequeñas que las

descritas por Ettl (1983), cuya longitud mínima es de 23,5 μm . La información que Ettl proporciona es escasa, y no indica la existencia de variedades de menor tamaño, o bien, de especies semejantes.

La encontramos de manera continua desde IV a XI-1996 en Entradilla, donde contribuyó de forma importante al biovolumen en varias fechas, el 74 % en VII y el 43 % en X, en las que el fitoplancton total era escaso. Su población más numerosa se observó en V-1996 y fue de 640 ind/ml.

Su densidad más elevada se presentó durante un máximo de concentración de fósforo en la tabla de la Entradilla, que fue a su vez el más alto que se observó en todo el humedal durante el período de estudio. No se encuentra en la lista florística de Cambra & al. (1998), por lo que puede tratarse de un nuevo registro para España.

VOLVOCEAE

Eudorina elegans Ehr. 1831

Células casi esféricas con dos flagelos, agrupadas en colonias huecas ovales de hasta 20 individuos, con los pequeños flagelos dirigidos al exterior atravesando la matriz gelatinosa, aunque generalmente son difíciles de observar en todas las células. Sus medidas, células de 4-8 μm de diámetro, son mucho más pequeñas que las descritas por Ettl (1983).

A lo largo de 1996 y 1997 se presentó de manera intermitente y en escaso número, pero en 1998 fue marcadamente más abundante, y como se observa en la figura 3, su fenología fue muy distinta en cada punto, ya que se presentaron picos de densidad en épocas diferentes. Los más elevados fueron los de Puente Navarro en primavera, y de Patagallina en otoño. Su máximo, con 39.080 ind/ml, se produjo en Puente Navarro en VI-1998, y fue el 50 % de la densidad total de fitoplancton, compartiendo dominancia con *Scenedesmus cornis* y *S. quadricauda*.

Su presencia en cualquier circunstancia coincide con la precisión realizada por Orlík (1994) sobre *Eudorina* y *Pandorina*, géneros a los que considera de transición entre las es-

trategias C y S. Su asociación con *Scenedesmi* los sitúa como una colonizadora más entre la primavera y el verano. Está ampliamente distribuida por España (Cambra & al., 1998).

Pandorina morum (O.F. Müller) Bory 1824

Células más o menos cónicas, redondeadas, con dos flagelos en la porción superior, más ancha. Forman colonias elipsoides o esféricas en las que se agrupan de modo compacto 16 células, con los flagelos proyectados hacia el exterior, y que atraviesan la casi transparente matriz mucilaginosa. Los flagelos, que en la mayoría de los casos no es posible observar, miden más de dos veces la longitud de la célula. Sus medidas, células de 6-8 μm , cenobios de 18-40 μm , tienen unos límites inferiores ligeramente menores a los aportados por Ettl (1983) y Rojo & Álvarez-Cobelas (1995b).

Esta alga apareció en Patagallina, de manera discontinua en el verano-otoño de 1996, y en Molemocho y Puente Navarro en el invierno de 1997. Su máximo poblacional, de 570 ind/ml, fue en VIII-1996 en Patagallina, y por su tamaño contribuyó de manera significativa al biovolumen general en los meses en que se encontró (fig. 4).

Aunque en el plancton de sistemas eutróficos suelen ser más comunes las volvocales unicelulares, *P. morum* y *E. elegans* ya se han encontrado con anterioridad en ambientes hipetróficos (Álvarez-Cobelas & Jacobsen, 1992). Ampliamente distribuida en España (Cambra & al., 1998).

ANKISTRODESMACEAE

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs 1848

Células fusiformes, cilíndricas en su parte media, arqueadas, formando colonias de 2 células, en las que éstas se unen longitudinalmente con las puntas vueltas hacia afuera. El tamaño de las células, 25-30 \times 1-2 μm , es semejante al dado por Komárek & Fott (1983).

Se observó de forma discontinua entre VIII y X-1996 en Patagallina y Puente Navarro, y se extendió hasta VIII-1997 en Molemocho.

Su máximo, con 1.270 ind/ml, fue en VIII-1996 en Patagallina.

En el verano de 1996, último año de una larga sequía, Patagallina era un lugar muy contaminado, adecuado para esta especie que, al igual que la anterior y demás miembros de este género, se encuentra comúnmente en ambientes hipertróficos y someros (REYNOLDS, 1984). Ampliamente distribuida por España (CAMBRA & *al.*, 1998).

Closteriopsis acicularis (G.M. Smith)
Belcher & Swale 1962

Apareció en el verano de 1997 en Patagallina y Puente Navarro en escaso número. Ha sido escasamente citada en España (CAMBRA & *al.*, 1998).

Monoraphidium arcuatum (Kors.) Hind.
1970 (fig. 1c)

Células fusiformes muy alargadas y arqueadas, de $40-50 \times 1-2 \mu\text{m}$, con los extremos terminados en punta. Al igual que la especie anterior, las células observadas fueron algo más finas y largas que las descritas por KOMÁREK & FOTT (1983) y más semejantes a las medidas proporcionadas por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS (1995a; $40-90 \times 2-3 \mu\text{m}$). La forma hallada en IV-1997 en Puente Navarro tenía $4 \mu\text{m}$ de ancho, que coincide con el intervalo indicado por KOMÁREK & FOTT (1983).

Esta especie se encontró esporádicamente en la primavera de 1997 en Filtro Verde y Patagallina, y en el verano y el otoño de 1998

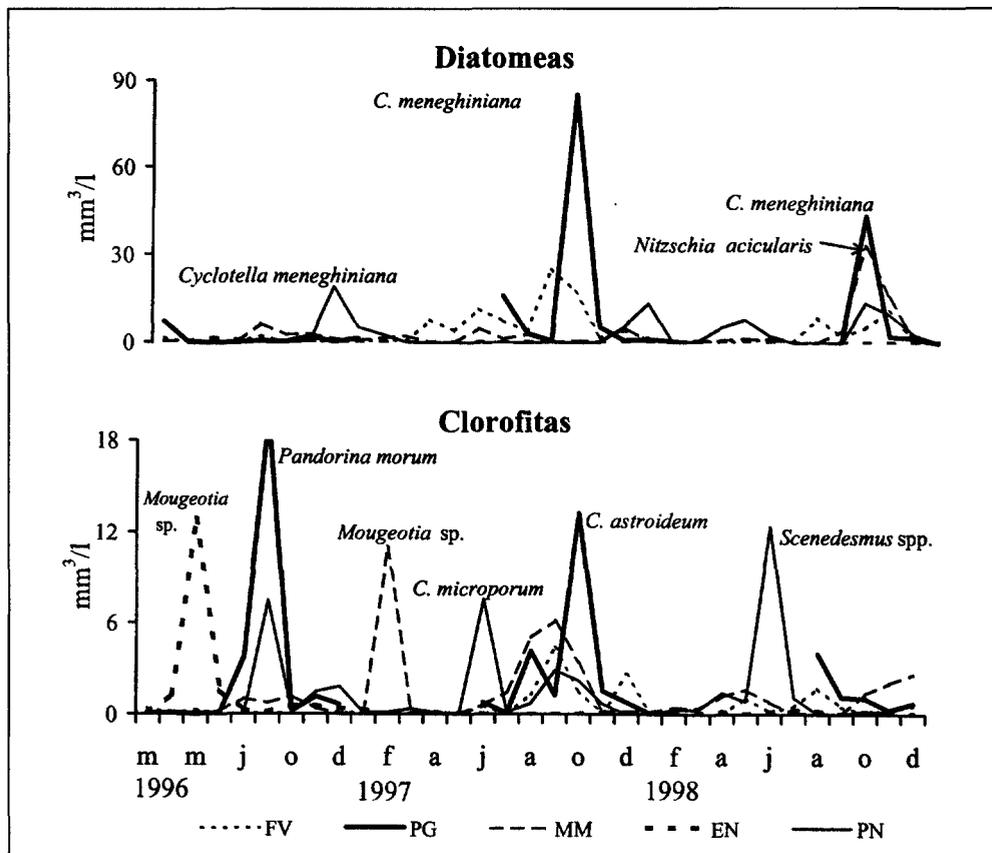


Fig. 4.—Dinámica del biovolumen de las clases taxonómicas. Se indican las especies causantes de los picos. (FV, Filtro Verde; PG, Patagallina; MM, Molemocho; EN, Entradilla; PN, Puente Navarro.)

en Puente Navarro. Su máximo, con 610 ind/ml, se produjo en XII-1997 en Puente Navarro, en una comunidad dominada ampliamente por *M. komarkovae* y *E. elegans*.

Las especies del género *Monoraphidium* son clorofitas de pequeño biovolumen, oportunistas de crecimiento rápido, que desarrollan poblaciones elevadas en primavera y en otoño-invierno (REYNOLDS, 1984; OLRİK, 1994), y de carácter cosmopolita (KOMÁREK & FOTT, 1983). *M. arcuatum* se ha citado en distintas regiones de España (CAMBRA & al., 1998).

***Monoraphidium irregulare* (G.M. Smith) Kom.-Legn. 1969 (fig. 1d)**

Células fusiformes y alargadas, que forman una o dos ondulaciones. Sus medidas, 60 × 2 µm, coinciden con las de KOMÁREK & FOTT (1983).

La encontramos con mayor frecuencia en Patagallina (57 % muestras) y en Filtro Verde, principalmente en el verano y el otoño de 1996, aunque también lo hizo puntualmente en primavera. Su máximo, con 890 ind/ml, se dio en VII-1997 en Patagallina.

Su presencia en las zonas más contaminadas del parque, donde coincide con las euglenas, la caracteriza como una especie de ambientes eutróficos y someros, como ya indica REYNOLDS (1984). Citada en diversas regiones de España (CAMBRA & al., 1998).

***Monoraphidium komarkovae* Nyg. 1979 (fig. 1e)**

Células fusiformes muy largas y finas, rectilíneas, aunque a veces se observan algo curvadas o sinusoides en los extremos. Sus medidas, 80-90 × 1,5 µm, quedan dentro de los rangos indicados por KOMÁREK & FOTT (1983).

En Molemocho fue más numerosa y frecuente (64 % de las muestras), sobre todo en verano y en otoño (fig. 2). Fue en este punto donde hallamos su máximo poblacional con 88.490 ind/ml, en X-1997, que constituyó el 94 % de la densidad total de fitoplancton y el 16 % del biovolumen. En Filtro Verde y en Patagallina las poblaciones fueron menores y esporádicas, dando picos en verano.

Su ecología es muy similar a la de *M. arcuatum*. Esta especie y la siguiente desarrollaron su máximo poblacional durante el período de dominancia de *Peridinium willei* Huitfeld-Kaas 1900 observado en Molemocho. Citada en provincias del este y del centro de España (CAMBRA & al., 1998).

***Monoraphidium cf. minutum* (Näg.) Kom.-Legn. 1969 (fig. 1f)**

Células fusiformes muy curvadas, con forma de media luna, o ligeramente espiraladas. Las puntas de las células son redondeadas, a veces algo afiladas, como en *M. circinale* (Nyg.) Nyg. 1979. Su tamaño, 5-8 × 2-3 µm, espiral de 5 µm de diámetro, coincide dentro del rango aportado por KOMÁREK & FOTT (1983).

Ausente en Patagallina. En el resto de los puntos aparece de manera puntual en distintas épocas del año, y sólo en Molemocho apareció regularmente entre el verano y el otoño de 1996 y 1997. Las poblaciones de esta especie no destacaron en las comunidades de fitoplancton, salvo en septiembre de 1997 en Molemocho, cuando el máximo poblacional, de 9.370 ind/ml, se sumó a *M. skujae* y *M. komarkovae* y propició la formación de un pico de densidad.

Esta especie es cosmopolita, de ecología similar a *M. arcuatum* y *M. komarkovae*, consideradas habitantes de ambientes eutróficos (KOMAROVÁ & LEGNEROVÁ, 1969). Ampliamente distribuida por la geografía española (ROJO, 1990; CAMBRA & al., 1998).

***Monoraphidium skujae* Fott 1981 (fig. 1g)**

Células de cilíndricas a ligeramente fusiformes, alargadas, con los extremos puntiagudos, dentro de la variabilidad descrita por KOMÁREK & FOTT (1983), ya que también pueden ser redondeados. La célula se curva en forma de espiral, de una a tres vueltas; de 17 µm de longitud de la espiral × 1-2,8 µm de ancho, 4-6 µm entre espiras.

Apareció en la segunda mitad del verano de 1997 en Puente Navarro y en Molemocho. En ambas tablas alcanzó densidades similares, siendo la más elevada con 7.850 ind/ml la de

IX-1997 en Molemocho, y coincidió con el pico de *M. minutum* señalado anteriormente.

Ecología similar a la de las especies de *Monoraphidium*. En España sólo se había encontrado en el lago Sanabria (VEGA & *al.*, 1992; CAMBRA & *al.*, 1998).

BOTRYOCOCCACEAE

Dictyosphaerium tetrachotomum Printz 1914 (fig. 1b)

Las colonias son esféricas, ovales o ligeramente irregulares, con 4-16-32 células que permanecen unidas por restos de la membrana de la célula madre. Células ovales a esféricas, de 3-6 µm de diámetro, que entran en el rango que KOMÁREK & FOTT (1983) dan para *D. tetrachotomum* var. *minutum* (W.R. Taylor) Kom. 1983.

Esta alga se observó en todos los puntos de forma intermitente e irregular, pero con mayor frecuencia en primavera y verano. En VII-1996 desarrolló su máximo poblacional, con 114.000 ind/ml, en Puente Navarro, que fue, con mucho, el pico de densidad más elevado de cuantos se registraron en el PNTD. Aunque representó el 98 % de la densidad, debido al pequeño volumen de sus células contribuyó solamente con el 48 % del biovolumen general, siendo importantes en ese momento también *Cryptomonas erosa* y *Euglena* sp.

La presencia de *D. tetrachotomum* a lo largo de todo el año, con crecimientos repentinos, ha sido observada también en la laguna hipertrófica de gravera del Porcal, aunque no se encontró una relación clara entre su dinámica y la concentración de N y P (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995a). Su mayor frecuencia de aparición de primavera a verano se ajusta bien a la descripción de OLRİK (1994) para clorofitas de pequeño tamaño en lagos someros. Esta especie ha sido escasamente citada en España (CAMBRA & *al.*, 1998).

COELASTRACEAE

Actinastrum hantzschii Lagerth. 1882 (fig. 1h)

Células cónicas, rectas o ligeramente arqueadas, unidas por la base y con las pun-

tas proyectadas hacia los vértices de un tetraedro. Sus medidas, 8-25 × 2-3 µm, coinciden con los rangos de KOMÁREK & FOTT (1983).

Se observó en Patagallina y Molemocho en el otoño de 1996 y en el verano de 1997, respectivamente. También se encontró en Filtro Verde en la primavera de 1996, pero en escaso número. Su población más elevada, con 7.600 ind/ml, se presentó en Patagallina en X-1996 y representó el 55 % de la densidad total.

En la laguna hipertrófica del Porcal, sus máximos poblacionales se encontraron también en otoño (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995a). Es una especie cosmopolita (KOMÁREK & FOTT, 1983) y típica de ambientes de elevada eutrofia (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992; ROSENSTRÖM & LEPISTÖ, 1996). Distribuida ampliamente por España (ROJO, 1990; CAMBRA & *al.*, 1998).

Coelastrum astroideum De Not. 1867 (fig. 1i)

Células más o menos cónicas, achatadas, que se unen por su base formando colonias esféricas huecas. Colonias de 8 células. Sus medidas, colonias de 25 µm de diámetro, son similares a las descritas por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS (1995a).

Apareció en Patagallina y Molemocho en el verano-otoño de 1997, y puntualmente en el verano del año siguiente. Los 890 ind/ml de su máximo poblacional se presentaron en Patagallina en X-1997, contribuyendo con el 54 % del biovolumen.

Este género es descrito por OLRİK (1994) junto con aquellas algas de transición entre las estrategias oportunistas, colonizadoras (primaverales) y tolerantes de las duras condiciones del final del verano. Sin embargo, aunque *C. microporum* fue más importante en primavera, *C. astroideum* lo fue a principios del otoño. Ambas están consideradas algas de ambientes hipertróficos (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992). Escasamente citada en España (CAMBRA & *al.*, 1998).

Coelastrum microporum Näg. in A. Braun
1855 (fig. 1j)

Similar en estructura a *C. astroideum*, pero las células son semiesféricas. Sus medidas, células de 8 µm y colonias de 20-26 µm de diámetro, concuerdan con las registradas por KOMÁREK & FOTT (1983).

Se encontró en VI-1997 en Puente Navarro y de IX a XII-1997 en Filtro Verde. Su máximo, con 410 ind/ml, se observó en Puente Navarro (31 % del biovolumen).

Su ecología ha sido comentada junto con *C. astroideum*. Ampliamente distribuida en España (ROJO, 1990; CAMBRA & al., 1998).

GOLENKINIACEAE

Golenkinia radiata Chod. 1894

Se recolectó exclusivamente en VIII-1996 en Patagallina. Se ha encontrado en diversas regiones de España (CAMBRA & al., 1998).

NEOCHLORIDACEAE

Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.
1840

Apareció en Puente Navarro, únicamente en VI-1997 y en baja densidad.

Se considera una especie indicadora de eutrofia (ROSENSTRÖM & LEPISTÒ, 1996). En España está ampliamente distribuida (CAMBRA & al., 1998).

Schroederia setigera (Schröd.) Lemmerm.
1898

Células fusiformes muy alargadas, rectas, cilíndricas en su parte media, con los extremos muy alargados en forma de setas. El contenido celular muy fragmentado y contraído. Con uno o más pirenoídes. Sus medidas, 70-150 × 3-5 µm, concuerdan con las dadas por KOMÁREK & FOTT (1983).

Se encontró únicamente en Molemocho en VII-1997, con una densidad de 5.310 ind/ml. Escasamente citada en España (CAMBRA & al., 1998).

Tetraedon minimum (A. Braun) Hansg.
1888

Células cuadrangulares, de 8-12 × 8-12 × 4 µm de grueso, con lados algo cóncavos. Apareció puntualmente en otoño de 1996 en Molemocho y Patagallina, y en el verano de 1997 en Molemocho y Puente Navarro. Su máximo, de 370 ind/ml, en IX-1997 en Puente Navarro, no fue relevante para el conjunto del fitoplancton.

Es una especie oportunista (OLRIK, 1994), que suele aparecer en cualquier época del año en sistemas someros hipertróficos, junto con géneros como *Ankistrodesmus* y *Monoraphidium* (REYNOLDS, 1984). En España está ampliamente difundida (CAMBRA & al., 1998).

OOCYSTACEAE

Oocystis sp.

Cenobio madre con 4 células elipsoidales. Células de 14 × 8 µm. Al no encontrarse una secuencia de su ciclo reproductivo, es difícil clarificar a qué especie pertenece.

Presente en todos los puntos, salvo en Molemocho, principalmente en primavera y verano, aunque en baja frecuencia. Su máximo, con 2.210 ind/ml, se registró en VI-1997 en Puente Navarro.

Su ecología básica es la de una clorofícea unicelular, oportunista (OLRIK, 1994), que además soporta grandes variaciones en las condiciones ambientales (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995a).

SCENEDESMACEAE

Scenedesmus acuminatus (Lagerh.) Chod.
1902 (fig. 1k)

Células fusiformes con los extremos terminados en punta. Formaron cenobios de 4-8 células, donde las centrales son rectas y las exteriores son cóncavas con los extremos arqueados hacia afuera. Esta última característica es una de las determinantes de la especie según MLADENOV & FURNADZIEVA (1995). Sus medidas, células de 19 × 4 µm, son semejantes a las aportadas por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS

(1995a) y a las encontradas en cultivos por TSARENKO & *al.* (1996), pero siempre menores a las grandes formas, $36-48 \times 1,5-9 \mu\text{m}$, de KOMÁREK & FOTT (1983).

Estuvo presente a lo largo de todo el período de estudio (fig. 3), pero de manera intermitente y distinta en cada punto. Se formaron varios picos de abundancia en primavera, verano y otoño. Las poblaciones más importantes se desarrollaron en Filtro Verde, donde alcanzó su máximo, con 4.200 ind/ml, en V-1998 y supuso del 42 % del biovolumen de fitoplancton.

El género *Scenedesmus* está formado por especies oportunistas, y es muy cosmopolita, por ello se observa en distintas épocas del año (OLRIK, 1994). Muchas de sus especies aparecen en lugares hipertróficos, como es el caso de *S. acuminatus* (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995a; ROSENSTRÖM & LEPISTÖ, 1996). Ampliamente distribuida por España (ROJO, 1990; CAMBRA & *al.*, 1998).

Scenedesmus acutus Meyen 1829

En IV-1997 aparecieron en Filtro Verde algunos cenobios de esta especie. Existe una confusión nomenclatural en torno a *S. acutus* y *S. obliquus*. KOMÁREK & FOTT (1983) y HEWEGALD & SILVA (1988) las mantienen como táxones separados, distinguibles por la forma de las células exteriores del cenobio: rectas e iguales a las interiores en *S. obliquus*; y arqueadas, cóncavas o ligeramente convexas en *S. acutus*. Otros autores consideran que ambas deben ser unificadas en una sola especie, a la que UHERKOVICH & *al.* (1995) dan como nombre válido *S. acutus*, mientras que CAMBRA & *al.* (1998) optan por *S. obliquus* para ambas formas.

Scenedesmus armatus (Chod.) Chod. 1913 (fig. 11)

Células cilíndricas o elipsoidales, de $5-15 \times 2-7 \mu\text{m}$, más o menos estrechas, las externas algo cóncavas en el centro, arregladas en un cenobio lineal. Con espinas delgadas y cortas en los vértices exteriores de las células de los extremos del cenobio, así como algunas en los extremos de las células interiores. Por el tipo,

disposición y tamaño de las espinas es semejante a *S. armatus* f. *elegans* Uherk. 1973 (nombre inválido según HEGEWALD & SILVA, 1988).

Únicamente se encontró en Puente Navarro, en III y VI-1997. Su máximo poblacional fue de 590 ind/ml en VI.

Scenedesmus bernardii G.M. Smith 1916

Células fusiformes y alargadas; más o menos arqueadas, sobre todo las externas. Colonias de 4-8 células en un arreglo muy suelto y en distintos planos. Sus medidas, $10 \times 2-3 \mu\text{m}$, son más pequeñas que las dadas por ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS (1995a), pero quedan dentro de las indicadas por KOMÁREK & FOTT (1983). No existe acuerdo respecto a la posición taxonómica de *S. bernardii*. En el catálogo de *Scenedesmus* de HEGEWALD & SILVA (1988) aparece como *S. acuminatus* var. *bernardii* (G.M. Smith) Deduss. in Kors. 1953, pero UHERKOVICH & *al.* (1995) y KOMÁREK & FOTT (1983) no aceptan esta inclusión y mantienen a *S. bernardii* y a *S. acuminatus* como especies separadas.

En Puente Navarro se encontraron poblaciones más o menos estables en el otoño y principios del invierno 1996-1997. En Molemocho y Patagallina apareció puntualmente en verano y otoño. Su máximo poblacional fue de 440 ind/ml, en VI-1997 en Molemocho. Esta especie tuvo apariciones esporádicas de manera análoga a lo que ocurrió en la charca hipertrófica del Porcal (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995a).

Scenedesmus ecornis (Ehr.) Chod. 1926

Células cilíndricas ligeramente elipsoides, con los extremos redondeados y sin espinas. Colonias de 2-8 células alineadas o alternadas. Sus medidas, de $4 \times 2 \mu\text{m}$, coinciden con las inferiores del rango indicado por KOMÁREK & FOTT (1983).

Se encontró en todos los puntos a finales de la primavera y principios de verano y posteriormente durante todo el otoño. Los cenobios de *S. ecornis* en otoño fueron en su mayor parte de solo dos células. Su mayor densidad, con 19.540 ind/ml, se produjo en VI-1998 en Puente Navarro, contribuyendo con el 40 %

a un pico de clorofitas, provocado junto con *S. quadricauda*.

Su extensa aparición en verano-otoño, al contrario que los *Scenedesmi* comentados antes, se corresponde con la alternancia de las especies de este género ya observada en otra laguna hipertrófica somera (ROJO & ÁLVAREZ-COBELAS, 1995a). Muy difundida por la geografía española (ROJO, 1990; CAMBRA & *al.*, 1998).

Scenedesmus obliquus (Turp.) Kütz. 1833

Cenobios de 4-8 células fusiformes, amplias, ligeramente desalineadas formando mosaicos de 4×2 células. Las células son semejantes en todo el cenobio. Sus medidas, de $6-18 \times 2,2-9 \mu\text{m}$, coinciden con las descritas por KOMÁREK & FOTT (1983).

Apareció en Patagallina de manera intermitente en primavera y verano, y en Puente Navarro puntualmente en otoño. Su máximo, con 9.120 ind/ml, se registró en VIII-1998 en Patagallina.

Ampliamente distribuida en España (CAMBRA & *al.*, 1998).

Scenedesmus quadricauda (Turp.) Bréb. sensu Chod. 1913 (fig. 1m)

Células cilíndricas, las del centro del cenobio rectangulares, y un poco convexas las externas, las cuales poseen dos espinas de longitud similar a la de la célula, y que se proyectan hacia afuera en ángulo de 45 grados. Sus medidas, $10-16 \times 2-5 \mu\text{m}$, se ajustan a los límites inferiores de los valores descritos por KOMÁREK & FOTT (1983).

Se presentó en los cinco puntos (fig. 3) a lo largo de todo el período de estudio, pero con una dinámica distinta en cada uno. Fue más frecuente y abundante en Molemocho y en Puente Navarro (presente en el 50 % de las muestras), donde formó picos alternados de abundancia en primavera y otoño. Su máximo, con 17.970 ind/ml (44 % del biovolumen), se dio en VI-1998 en Puente Navarro.

Es una especie indicadora de ambientes eutróficos (ROSENSTRÖM & LEPISTÖ, 1996). En España tiene una distribución muy amplia (CAMBRA & *al.*, 1998).

SPHAEROPLEACEAE

Ankyra juday (G.M. Smith) Fott 1957

Células cilíndricas muy alargadas, de $20-60 \times 2-83 \mu\text{m}$, que se afilan progresivamente hacia los extremos, que son filiformes. Al final de uno de ellos hay una pequeña estructura en forma de ancla (aunque la especie es planctónica). Tienen un pirenoide fácilmente distinguible. Algunas células están ligeramente arqueadas. Se observaron envolturas celulares vacías divididas en dos mitades, que son características en este género tras la liberación de las zoosporas.

Apareció sólo en Puente Navarro en V-1997, con 410 ind/ml, fecha en la que la abundancia de fitoplancton era muy baja, por lo que esta especie contribuyó con el 50 % de la densidad total.

Las especies de este género son colonizadoras tolerantes de condiciones ambientales extremas (OLRIK, 1994), con apariciones rápidas y puntuales en sistemas eutróficos (REYNOLDS, 1997), como en este caso. En España está escasamente citada (CAMBRA & *al.*, 1998).

CONJUGATOPHYCEAE

CLOSTERIACEAE

Closterium cynthia De Not. 1867 y **Closterium ehrenbergii** Menegh. ex Ralfs 1848, aparecieron puntualmente de forma escasa en V-1996 en Patagallina y en III-1997 en Molemocho, respectivamente. Ambas han sido citadas en España, aunque la primera parece ser menos común (CAMBRA & *al.*, 1998).

ZYGNEMATACEAE

Mougeotia sp.

Células cilíndricas, de $60-170 \times 8-16 \mu\text{m}$, con uno de los extremos cóncavo y el otro ligeramente convexo. Cloroplasto irregular en placa que ocupa toda la longitud celular, algo separado de las paredes laterales.

Esta alga filamentososa se observó de manera esporádica a lo largo de los tres años de estudio, aunque principalmente en primavera.

En Entradilla desarrolló su pico poblacional, de 890 ind/ml, en V-1996, que contribuyó con el 84 % del biovolumen de fitoplancton. En Molemocho formó otro pico de biovolumen en el invierno de 1997 (fig. 4).

Esta clorofícea de gran tamaño tiene un crecimiento lento (REYNOLDS, 1984) y, de acuerdo con SOMMER (1989), una demanda de fósforo baja. Sin embargo su máximo poblacional se presentó cuando los niveles de P en el humedal eran altos. Es un género que suele encontrarse en aguas ligeramente ácidas (ROSENSTRÖM & LEPSTÖ, 1996).

SPIROGYRACEAE

Spirogyra sp.

Las células vegetativas cilíndricas, de 8-10 × 6 µm, tienen un cloroplasto en forma de banda, dispuesto helicoidalmente, que tras la fijación se contrae y queda separado de la pared celular.

Se encontró en Molemocho y en Entradilla de forma muy esporádica a lo largo de 1996 y 1997. Su máximo, con 90 ind/ml, se observó en VII-1996 en Molemocho.

Su ecología puede considerarse similar a la anterior, siendo ambas algas filamentosas que aparecen en las tablas más aisladas, es decir, las que presentan una dinámica semejante a pequeñas lagunas con períodos de cierta estabilidad (ROJO & al., 2000).

Distribución y abundancia

Diatomeas

Las nueve especies de diatomeas se distribuyeron a lo largo de todo el humedal sin ningún patrón determinado. *Cyclotella meneghiniana*, *C. ocellata*, *Nitzschia acicularis* y *N. palea* se presentaron en todos los puntos, en los que aparecieron de cinco a siete especies en total. En cuanto a su densidad, las diatomeas centrales dominaron ampliamente sobre las pennadas en Filtro Verde y Patagallina; en Molemocho la diferencia fue menor, y en Entradilla y Puente Navarro el esquema se invirtió.

A lo largo del período de estudio, la densidad promedio de las diatomeas fue similar en cuatro de los puntos, y varió entre los

6.450 ind/ml de Molemocho a los 4.150 ind/ml en Puente Navarro, pero en Entradilla el valor promedio fue aproximadamente veinte veces menor. Los picos de abundancia y biovolumen a nivel de grupo fueron principalmente al final del verano y en otoño (figs. 2, 4). Estos incrementos fueron más acentuados en Filtro Verde, Patagallina y Puente Navarro, debidos principalmente a *C. meneghiniana* y *N. acicularis*.

En cuanto al biovolumen, en Patagallina las diatomeas alcanzaron la cifra de 5,2 mm³/l (desviación típica = 16,4 mm³/l), seguida de los 3,6 mm³/l de Filtro Verde (d.t. = 5.7 mm³/l), los 2,8 de Molemocho y Puente Navarro (d.t. = 6,2 y 4,8 mm³/l, respectivamente), y por último, los 0,1 mm³/l (d.t. = 0,3 mm³/l) en Entradilla. Esta distribución parece seguir un gradiente trófico, ya que Filtro Verde y Patagallina están en la zona de entrada de agua al PNTD y son los puntos más contaminados. Sin embargo, puesto que la mayor o menor presencia de diatomeas puede deberse a las variaciones de abundancia del fitoplancton total, es mejor considerar la proporción de diatomeas en el biovolumen total de algas. El porcentaje promedio más alto fue el observado en Filtro Verde (44 %), más bajo en Patagallina (21 %), Molemocho y Puente Navarro (18 %), y menor en Entradilla (10 %). La entrada al PNTD de las aguas canalizadas del río Gigüela, de flujo muy lento (Filtro Verde), es el ambiente más propicio para el desarrollo de las diatomeas, mientras que Entradilla, que es semejante a una pequeña laguna somera aislada y salobre, es el punto en el que fueron más escasas. La proporción de diatomeas no experimentó cambios estacionales en el humedal, ya que osciló continuamente, encontrándose contribuciones mayores al 50 % repartidas casi equitativamente a lo largo de todo el año.

Clorofitas

Se encontraron 37 especies de clorofitas, pero el número observado en cada punto fue bastante variable: 13 se registraron en Entradilla y 25 y 27 en Molemocho y Patagallina, respectivamente. Las clorococales fueron el grupo más diverso, con 24 táxones, mientras que las volvocales tuvieron siete representantes. El conjunto de clorococales siempre fue

mayor al de las volvocales en cada uno de los puntos muestreados. No se observó ninguna tendencia en la distribución espacial de las especies. La única especie que se observó en todos los puntos fue *Scenedesmus quadricauda*, seguida de *Monoraphidium komarkovae*, *S. acuminatus* y *Eudornia elegans*, que fueron bastante frecuentes en el humedal, pero que no se presentaron en Entradilla.

La densidad promedio de clorofitas fue muy distinta en cada uno de los puntos, siendo las más elevadas las de Puente Navarro y Molemocho, con 10.950 y 9.800 ind/ml, respectivamente, y un orden de magnitud menor las de Patagallina, Filtro Verde y Entradilla, con una desviación típica de aproximadamente el doble de la media en todas ellas. Los florecimientos estivales de *Dictyosphaerium tetrachotomum* en Puente Navarro en 1996, y el de *M. komarkovae* en Molemocho en 1997, fueron la causa de la gran diferencia entre la densidad promedio de estos puntos con el resto. En 1998 se produjeron varios picos de densidad desde el invierno hasta el verano, si bien el más alto fue primaveral.

En cuanto al biovolumen, el valor promedio más elevado fue de 1,7 mm³/l en Patagallina (d.t. = 4,0 mm³/l), seguido de 1,3 mm³/l en Puente Navarro y Molemocho (d.t. = 2,7 y 2,3 mm³/l, respectivamente). Los biovolúmenes promedio más bajos fueron los de Entradilla (media = 0,6; d.t. = 2,2 mm³/l) y Filtro Verde (m = 0,5; d.t. = 0,9 mm³/l). El que Patagallina tenga una densidad promedio baja pero un biovolumen alto se debe al crecimiento puntual de especies de gran tamaño como *Pandorina morum* y *Coelastrum astroideum* (fig. 4). Todas los puntos presentaron por lo menos un pico de biovolumen al año, aunque en distintas estaciones climáticas (fig. 4). Con respecto al biovolumen total del fitoplancton, los porcentajes promedio más altos se observaron en Patagallina y Entradilla (22 y 19 %, respectivamente), quedando por debajo los de Filtro Verde, Puente Navarro y Molemocho (15, 13 y 11 %). La mayor parte de las contribuciones superiores al 50 % de la biomasa total se presentaron en primavera.

DISCUSIÓN

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el período seco de 1992-1993 (ROJO, 1996), se observa que se ha producido una ligera disminución de la riqueza específica de diatomeas, que pasaron de 12 especies a las nueve encontradas en este estudio, y aunque siguen siendo las formas pennadas ligeramente más numerosas que las centrales, estas últimas alcanzaron densidades poblacionales más elevadas como suele ocurrir en sistemas de elevada eutrofia (ÁLVAREZ-COBELAS & ROJO, 1994). En las clorofitas hubo un porcentaje de sustitución de especies de aproximadamente el 50 %, conservándose la proporción entre cocales y flageladas, y pasando de una a dos las especies filamentosas, por lo que puede decirse que los cambios en la flora fueron conservativos en cuanto a las formas biológicas.

Las clorofíceas cocales fueron el grupo más diverso en el PNTD, como ocurre en muchos sistemas hipertróficos (ÁLVAREZ-COBELAS & JACOBSEN, 1992), y particularmente algunas de las especies más abundantes en este estudio son indicadoras de euhipertrófia.

Se ha encontrado una marcada disminución de la densidad promedio de clorofitas y diatomeas respecto al período 1992-1993, debido al efecto de dilución provocado por el aumento en el volumen de agua que ha experimentado el humedal en los últimos años. Sin embargo, esa disminución de la densidad algal no ha sido uniforme, ya que ha sido considerablemente mayor en las clorofitas que en las diatomeas. Las diatomeas tuvieron valores promedio de biovolumen mayores a los de las clorofitas debido a la gran diferencia de tamaño celular entre unas y otras. Además, la elevada concentración de sílice en el PNTD a lo largo de todo el año (ÁLVAREZ-COBELAS, com. pers.) y el cambio del régimen hídrico que ha propiciado el movimiento de las masas de agua en los últimos años (especialmente Filtro Verde y Patagallina) han hecho de este humedal un sitio muy propicio para la proliferación de las diatomeas (SOMMER, 1988).

Comparando los datos obtenidos al comienzo de los años noventa (ROJO, 1996) con los actuales (ROJO & *al.*, 1999b; ORTEGA-MAYAGOITIA & ROJO, 2000; y los datos de este trabajo) podemos concluir que el proceso más destacable en la flora de microalgas del PNTD es el relevo o sustitución de unas especies por otras (el 50 % son especies nuevas) y el cambio en la importancia relativa de los grupos taxonómicos (fig. 5). Sin embargo, varían poco la riqueza específica (83 táxones en 1992-1993 y 94 en 1996-1998) y el biovolumen total de microalgas (p.e., máximos alcanzados: 280 mm³/l en 1992-1993 y 305 mm³/l en 1997-1998). Es decir, resultan más constantes los parámetros globales del sistema, como biomasa y riqueza, que los del nivel je-

rárquico inferior, como la flora y la importancia relativa de cada taxon. Algo similar se observa cuando resulta casi imposible ordenar y clasificar los puntos de muestreo en función de su composición específica, y sin embargo esto sí puede conseguirse con los grupos taxonómicos (ROJO & *al.*, 2000). Además se observa una clara relación inversa entre el aumento del número de especies de un grupo taxonómico y la disminución de sus mayores valores de biovolumen –por ejemplo, en las euglenofitas, las diatomeas y las clorofitas (fig. 5)–, de modo que en una situación de sequía y estrés hídrico se observa mayor biomasa de algunos grupos taxonómicos pero debida a un menor número de especies.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado con los datos obtenidos en los proyectos financiados por el ICONA (1992-1994) y por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (1995-1998), que han permitido estudiar la biodiversidad del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ-COBELAS, M. & S. CIRUJANO (eds.) (1996). *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*. Madrid.
- ÁLVAREZ-COBELAS, M. & A. ESTÉVEZ (1982). Catálogo de las algas continentales españolas. I. Diatomophyceae Rabenhorst 1864. *Lazaroa* 4: 269-285.
- ÁLVAREZ-COBELAS, M. & B. A. JACOBSEN (1992). Hypertrophic phytoplankton: an overview. *Freshwat. Forum* 2: 184-199.
- ÁLVAREZ-COBELAS, M. & C. ROJO (1994). Factors influencing the share of planktic diatoms in lakes. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 74: 73-104.
- ARAÚZO, M. & M. ÁLVAREZ-COBELAS (1994). Respuesta de la comunidad fitoplanctónica a la estacionalidad en un embalse eutrófico. *Limnética* 10: 37-42.
- ARAÚZO, M. & J. VICIOSO (1996). Nutrientes, eutrofización y contaminación. In: M. Álvarez-Cobelas & S. Cirujano (eds.), *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*: 91-103. Madrid.
- ARMENGOL, J., M. ESTRADA, A. GUISET, R. MARGALEF, D. PLANAS, J. TOJA & F. VALLESPINÓS (1975). Observaciones limnológicas en las lagunas de La Mancha. *Boletín de la Estación Central de Ecología* 4(48): 11-27.
- CAMBRA, J., M. ÁLVAREZ-COBELAS & M. ABOAL (1998). *Lista florística y bibliográfica de los clorófitos (Chlorophyta) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias*. Madrid.

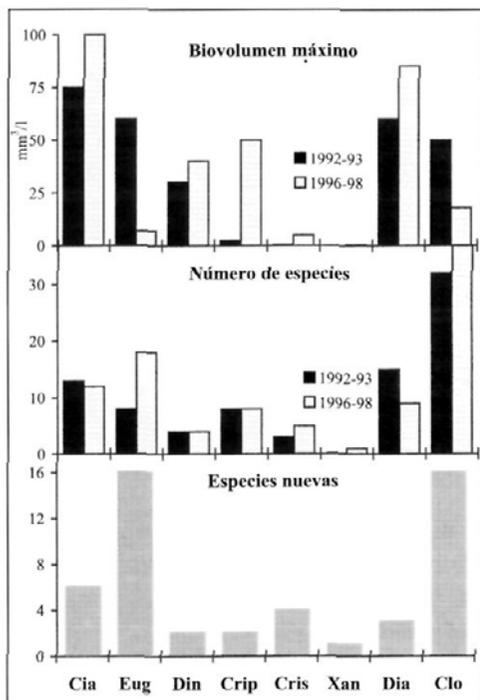


Fig. 5.—Cambios observados en los grupos taxonómicos del fitoplancton de Las Tablas de Daimiel desde 1992-1993 hasta 1996-1998. Comparación del biovolumen máximo alcanzado y de su riqueza específica, así como el número de especies nuevas encontradas entre 1996 y 1998. (Cia = Cianofíceas; Eug = Euglenofitas; Din = Dinoflagelados; Crip = Criptofíceas; Cris = Crisofíceas; Xan = Xantofíceas; Dia = Diatomeas; Clo = Clorofitas.)

- CHOLNOKY, B.J. (1968). *Die Ökologie der diatomeen in Binnengewässern*. Lehre.
- COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FABER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NAEEM, R.V. O'NEILL, J. PARUELO, R.G. RASKIN, P. SUTTON & M. VAN DER BELT (1997). The value of the World's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- DASÍ, M.J., M.R. MIRACLE, A. CAMACHO, J.M. SORIA & E. VICENTE (1998). Summer phytoplankton assemblages across trophic gradients in hard-water reservoirs. *Hydrobiologia* 369/370: 27-43.
- ETTL, H. (1983). Chlorophyta I. Phytomonadina. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 9. Stuttgart.
- GERMAIN, H. (1981). *Flore des diatomeés. Diatomophycées des eaux douces & saumâtres du Massif Armoricain & des contrées voisines d'Europe occidentale*. Paris.
- HEGEWALD, E. & P.C. SILVA (1988). *Annotated catalogue of Scenedesmus and nomenclaturally related genera, including original descriptions and figures*. Berlin.
- KADLEC, R.H. & R.L. KNIGHT (1996). *Treatment wetlands*. Boca Raton.
- KISS, K., C. ROJO & M. ÁLVAREZ-COBELAS (1996). Morphological variability of a *Cyclotella ocellata* (Bacillariophyceae) population in the lake Las Madres (Spain). *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 82: 37-55.
- KOMÁREK, J. & B. FOTT (1983). Chlorococcales. *Das Phytoplankton der Binnengewässer* 7. Stuttgart.
- KOMARKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. (1969). The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* gen. nov. In: B. Fott (ed.), *Studies in Phycology*. Stuttgart.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991). Bacillariophyceae (Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/3. Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1997a). Bacillariophyceae (Naviculaceae). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1. Jena.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1997b). Bacillariophyceae (Bacillariaceae, Ephemiaeaceae, Surirellaceae). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/2. Jena.
- MLADENOV, R. & S. FURNADZIEVA (1995). Morphologische Veränderlichkeit klonaler Kulturen von *Scenedesmus falcatus* Chod. und *S. acuminatus* (Lagerh.) Chod. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 79: 93-107.
- NEGRO, A.I., C. DE HOYOS, A. DEL RÍO & R. LE COHU (1994). Comparación de las comunidades fitoplanctónicas en dos embalses de reciente creación: Riaño y Valparaíso (España). *Limnetica* 10: 115-122.
- OLRIK, K. (1994). *Phytoplankton Ecology*. København.
- ORTEGA-MAYAGOITIA, E. & C. ROJO (2000). Fitoplancton del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. II. Las cianofíceas, los dinoflagelados, las criptofíceas, las crisofíceas y las xantofíceas. *Anales Jard. Bot. Madrid* 57: 251-266.
- PÉREZ, C. (1992). *Respuesta del fitoplancton a la manipulación experimental conjunta de la presión de depredación y de la disponibilidad de nutrientes en un embalse de moderada eutrofia*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Granada. Granada.
- QUINTANA, X.D., R. MORENO-AMICH & F.A. COMÍN (1998). Nutrient and plankton dynamics in a Mediterranean salt marsh dominated by incidents of flooding. Part I: Differential confinement of nutrients. *J. Plankton Res.* 20: 2089-2107.
- REYNOLDS, C.S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge.
- REYNOLDS, C.S. (1997). *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Ecology Institute.
- ROJO, C. (1984). *Variación estacional y diaria de las poblaciones fitoplanctónicas del Estany de Cullera*. Tesina de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia. Valencia.
- ROJO, C. (1990). *Estructura de la comunidad fitoplanctónica de la laguna hipertrofica "El Porcal" (Madrid)*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia. Valencia.
- ROJO, C. (1996). Fitoplancton. In: M. Álvarez-Cobelas & S. Cirujano (eds.), *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*: 107-116. Madrid.
- ROJO, C. & M. ÁLVAREZ-COBELAS (1994). Taxonomy and ecology of phytoplankton in a hypertrophic, gravel-pit lake. III. Diatomophyceae. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 72: 53-70.
- ROJO, C. & M. ÁLVAREZ-COBELAS (1995a). Ecology of phytoplankton in a hypertrophic, gravel-pit lake. IV. Chlorophyceae, Chlorococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 77: 7-35.
- ROJO, C. & M. ÁLVAREZ-COBELAS (1995b). Taxonomy and ecology of phytoplankton in a hypertrophic, gravel-pit lake. V. Chlorophyceae, Volvocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 79: 19-37.
- ROJO, C., K.T. KISS, M. ÁLVAREZ-COBELAS & M.A. RODRIGO (1999a). Population dynamics of *Cyclotella ocellata* (Bacillariophyceae): endogenous and exogenous factors. *Arch. Hydrobiol.* 145: 479-495.
- ROJO, C., E. ORTEGA-MAYAGOITIA & M. ÁLVAREZ-COBELAS (2000). Lack of phytoplankton assemblage pattern. Or what does the exception to the rule mean? *Hydrobiologia* (en prensa).
- ROJO, C., E. ORTEGA-MAYAGOITIA & V. CONFORTI (1999b). Fitoplancton del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. I. Las Euglenofitas. *Anales Jard. Bot. Madrid* 57: 15-23.
- ROMO, S. & M.R. MIRACLE (1994). Population dynamics and ecology of subdominant phytoplankton species in a shallow hypertrophic lake (Albufera of Valencia, Spain). *Hydrobiologia* 273: 37-56.
- ROSENSTRÖM, U. & L. LEPSTÖ (1996). Phytoplankton indicator species of different types of boreal lakes. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 116: 131-140.
- SÁNCHEZ-CARRILLO, S. & M. ÁLVAREZ-COBELAS (2000). Nutrient dynamics and eutrophication patterns in a semiarid wetland: the effects of fluctuating hydrology. *Water Air Soil Pollut.* (en prensa).
- SÁNCHEZ-CARRILLO, S., M. ÁLVAREZ-COBELAS, S. CIRUJANO, P. RIOLOBOS, M. MORENO-PÉREZ & C. ROJO (2000). Rainfall driven changes in the biomass of a semiarid wetland. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 27 (en prensa).

- SOMMER, U. (1988). Growth and survival strategies of planktonic diatoms. In: C.D. Sandgren (ed.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge.
- SOMMER, U. (1989). The role of competition for resources in phytoplankton succession. In: U. Sommer (ed.), *Plankton ecology, Succession in plankton communities* 57-106. Berlin.
- SORIA, J.M. & M. ROS (1991). Relación entre el fitoplancton y la salinidad, de las lagunas intradunares de la Dehesa de la Albufera (Valencia). *Acta Bot. Malacitana* 16: 43-50.
- TROYA, A. & M. BERNUÉS (eds.) (1990). *Humedales españoles en la lista del Convenio de Ramsar*. Madrid.
- TSARENKO, P.M., E. HEGEWALD & L. KRIENITZ (1996). LM and SEM studies on *Scenedesmus* of Lake Tollense (Baltic Lake District, Germany). *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.* 82: 13-36.
- UHERKOVICH, G., A. SCHMIDT & É. ÁCS (1995). *A Scenedesmus zöldalga nemzetség (Chlorococcales, Chlorophyceae) különös tekintettel magyarországi előfordulású taxonjaira [The green algal genera Scenedesmus (Chlorococcales, Chlorophyceae) with special attention to taxa occurring in Hungary]*. Magyar Algalógiai Társaság. Budapest.
- VEGA, J.C., C. DE HOYOS & J.J. ALDASORO (1992). The Sanabria lake. The largest natural freshwater lake in Spain. *Limnética* 8: 49-57.
- WENDKER, S. & U. GEISSLER (1988). Investigations on valve morphology of two *Nitzschiae* Lanceolatae. *Proceedings 9th Diatom-Symposium 1986*: 469-480.

Editado por Santos Cirujano
Aceptado para publicación: 25-IV-2000