

# Las Euglenófitas en las Tablas de Daimiel como ejemplo de las limitaciones de los indicadores biológicos de la degradación ambiental

por

Visitación Conforti<sup>1</sup>, Marie Lionard<sup>2</sup>, Matilde Segura<sup>2</sup> & Carmen Rojo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, C1428EHA Buenos Aires, Argentina. conforti@bg.fcen.uba.ar

<sup>2</sup>Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia, Apartado Oficial 2085, 46071 Valencia, España.  
marie.lionard@freesbee.fr  
masemar@alumni.uv.es  
carmen.rojo@uv.es (autora para correspondencia)

## Resumen

El Parque Nacional Las Tablas de Daimiel es un humedal semiárido hipertrófico, situado en la llanura manchega (Ciudad Real). Entre 1996 y 2002 se realizaron muestreos mensuales en tres lugares representativos del Parque, en los que se identificaron 35 táxones diferentes de Euglenófitas: 1 del género *Astasia*, 15 de *Euglena*, 6 de *Lepocinclis*, 9 de *Phacus* y 4 de *Trachelomonas*, de los cuales 6 son citas nuevas para España. En este trabajo se ofrecen la descripción y una amplia iconografía de los mismos. Densidad, riqueza específica, grupos de especies y biovolumenes absoluto y relativo fluctuaron mucho espacial y temporalmente en el humedal, sin manifestar relación alguna estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ) con el carbono orgánico (tanto particulado como disuelto) presente en el agua, considerado desde antiguo como el principal factor que condiciona la presencia y la abundancia de las Euglenófitas, ni con otros nutrientes (amonio, ortofosfato, nitrógeno y fósforo totales). Estos resultados limitan en buena medida el uso de estos organismos como indicadores de la degradación ambiental en ecosistemas hipertróficos, de renovado interés por la puesta en marcha de la Directiva Europea del Agua, que contempla también la calidad biológica, y podrían contribuir a impulsar el estudio ecológico de las Euglenófitas, aún por desarrollar, a diferencia del de otros grupos de algas.

**Palabras clave:** calidad del agua, ecología, fitoplancton, fluctuaciones, Directiva Europea del Agua.

## Abstract

Las Tablas de Daimiel National Park is a semiarid, hypertrophic wetland located in La Mancha (Ciudad Real, Central Spain). During the period 1996-2002 we carried out monthly samplings at three sites of Las Tablas. Thirty five taxa of Euglenophytes of the genera *Astasia* (1 taxon), *Euglena* (15), *Lepocinclis* (6), *Phacus* (9), and *Trachelomonas* (4) were identified. Six taxa are new records for Spain. Abundance, species richness, species groups and absolute and relative biomass of Euglenophytes widely fluctuated spatio-temporally in Las Tablas, without any statistically significant relationship ( $P > 0.05$ ) with organic carbon (either particulate or dissolved), which has been long considered the main factor controlling the occurrence and abundance of Euglenophytes. The same lack of relationship was observed for other nutrients, such as ammonia, soluble reactive phosphorus and total nitrogen and phosphorus. Our results challenge the role of Euglenophytes for assessing environmental degradation in hypertrophic ecosystems, a topic of increasing interest in view of the newly implemented European Water Framework Directive and its proposals for biological monitoring. However, these results might invigorate ecological studies on Euglenophytes, still in its infancy unlike in other algal groups.

**Keywords:** ecology, fluctuation, phytoplankton, water quality, Water Framework Directive.

## Introducción

El Parque Nacional Las Tablas de Daimiel es un humedal semiárido situado en la Llanura Manchega (Ciudad Real), incluido en el Convenio Ramsar y con-

siderado Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA, cf. Bernués, 1998). Este humedal sufrió una larga sequía desde 1991 hasta el otoño de 1996 y, aunque desde 1997 el régimen hídrico se ha estabilizado en cierta medida debido a los trasvases, el carácter hi-

pertrófico del humedal se mantiene (Álvarez Cobelas & al., 2001). En los últimos años se han incrementado el volumen y la frecuencia de los vertidos que llegan al Parque y, además, los contaminantes ya no son exclusivamente orgánicos (Cirujano & al., 1998). En Las Tablas de Daimiel, desde 1992, se ha ido observando un incremento de la abundancia de las Euglenófitas, conjuntamente con un cambio en la distribución espacial de las especies (Rojo & al., 1999). En estas condiciones es especialmente interesante realizar un seguimiento continuo de la riqueza específica y de la dinámica de estas algas en el Parque Nacional, dado su uso habitual como indicadores de la calidad del agua (Margalef, 1969; Sladeček & Perman, 1978).

Tras los trabajos pioneros de Kolkwitz & Marsson (1908, 1909) sobre el posible uso de los organismos como indicadores de la calidad del agua, los estudios sobre el tema se sucedieron, y generaron incluso varias monografías (Margalef, 1955; Sladeček, 1973; Shubert, 1984; Barbour & al., 1999; Wright & al., 2000). Si el enfoque ha tenido éxito ha sido, entre otros motivos, porque supone un uso aplicado del conocimiento taxonómico, florístico y/o faunístico a los problemas de la calidad del agua. Desde que la Unión Europea promulgó la Directiva Marco del Agua, de obligada puesta en marcha por todos los países integrantes, se suscitó un renovado interés por el tema de los organismos indicadores. Las algas, junto con los macroinvertebrados bentónicos, son los organismos más empleados. El hecho de llevar trabajando durante más de una década en un humedal muy fluctuante y sometido a un intenso proceso de degradación, como es Las Tablas de Daimiel, nos incitó a tratar de buscar

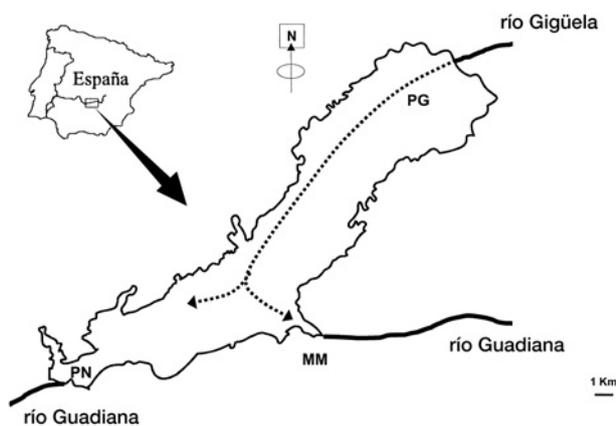
relaciones entre las Euglenófitas, un grupo clásicamente considerado como buen indicador de la concentración de materia orgánica (Pringsheim, 1956), y los cambios en la calidad del agua del humedal. El conjunto de datos disponibles sobre este tema es lo suficientemente grande como para que los resultados obtenidos con este enfoque sean de interés, pues se trata de muestras tomadas mensualmente durante siete años en varias estaciones del humedal.

En España, el número de trabajos sobre Euglenófitas no es muy alto, aunque haya bastantes estudios que las citen puntualmente. Los más específicos son los de Margalef (1948, 1956), Angeler (2000) y el catálogo de Álvarez Cobelas (1984), que precisa actualización. En otros países, el número de estudios sobre este grupo ha sido superior, pero siempre desde un punto de vista fundamentalmente florístico (Dangeard, 1901; Tell & Conforti, 1986; Wołowski, 1998; Dillard, 2000), ultraestructural (Zakryś & al., 2001) o fisiológico (Buetow, 1967), con apenas trabajos sobre su ecología. En este trabajo evaluamos los cambios en la distribución, la riqueza específica, la abundancia y la biomasa de las Euglenófitas sucedidos en el periodo 1996-2002, y su relación con la calidad hídrica del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel.

## Material y métodos

Las muestras fueron recogidas mensualmente entre marzo de 1996 y diciembre de 2002 en tres puntos del humedal (Fig. 1): Patagallina (PG), Molemocho (MM) y Puente Navarro (PN). Pata Gallina se halla en la zona de entrada del río Gigüela al Parque; no se muestreó en 1999. Molemocho era hasta 1986 la zona de entrada del río Guadiana al Parque Nacional, pero desde entonces no entra agua por él, debido al descenso del nivel del acuífero. Puente Navarro es un lugar situado en el extremo oeste del Parque, en el que la salida del agua se controla por medio de una pequeña presa; no fue muestreado en 1999. Desde PG a PN hay un gradiente de profundidades, que alcanza su máximo, de 4 m, en PN (Álvarez Cobelas & Cirujano, 1996).

Las muestras fueron fijadas con lugol y se sedimentaron en cámaras de Utermöhl. El recuento se hizo con un microscopio invertido Olympus CK2 entre 400 y 1000 × (Aboal & al., 1996). En cada muestra se contaron, al menos, 100 individuos de la especie dominante con un error estimado del 20% (Lund & al., 1958). El biovolumen individual se calculó utilizando las fórmulas geométricas de Rott (1981). Informacións más precisas sobre el recuento y el cálculo de los biovolúmenes se facilitan en la metodología reseñada



**Fig. 1.** Mapa de situación de Las Tablas de Daimiel en el que se señalan las estaciones de muestreo. MM: Molemocho, PG: Patagallina, PN: Puente Navarro.

por Ortega-Mayagoitia & Rojo (2000). Para las identificaciones se utilizaron Gojdics (1953), Huber-Pestalozzi (1955), Starmach (1983) y Tell & Conforti (1986). También se evaluó la biomasa de toda la comunidad fitoplanctónica.

De cada muestra de agua se midió el nitrógeno total, el amonio, el ortofosfato, el fósforo total, el color del agua y la materia orgánica total. Esta última es un indicador del carbono orgánico total, que habitualmente se estima en la mitad de la cifra de la materia orgánica total. El carbono orgánico disuelto se estimó a partir de los datos de color del agua mediante la fórmula de Rasmussen & al. (1989), mientras que el carbono orgánico particulado lo fue por diferencia entre el carbono orgánico total y el disuelto. Las cinco primeras variables químicas se midieron por colorimetría, y la materia orgánica, por calcinación de la muestra a 550 °C. Los métodos analíticos utilizados fueron los de APHA (1992), Bachmann & Canfield (1992) y Cuthbert & del Giorgio (1992). Los valores perdidos por falta de medición se estimaron mediante regresión (Peña, 1989).

Con los datos de presencia-ausencia de las especies en cada año y lugar de muestreo se han construido dos dendrogramas distintos, uno de las especies más frecuentes y otro de las estaciones de muestreo estudiadas en cada año. Para el primero se han considerado todas las especies presentes en al menos dos muestras distintas (es decir, se han excluido las especies más fugaces), agrupadas previamente por estación de muestreo y año; este enfoque sirve para encontrar asociaciones de especies de autoecología similar. En el caso de que hubiera distintas variedades, como en *Lepocinclis ovum*, se han incluido todas en el tipo específico. El segundo dendrograma busca similitudes entre estaciones de muestreo, por lo que incluye a todas las especies. Ambos dendrogramas se han realizado mediante enlace simple (*single linkage*) a partir de una matriz de distancias euclídeas (Sneath & Sokal, 1973).

Además se han efectuado una serie de análisis de correlación no paramétrica de Spearman entre los nutrientes del agua (carbono, nitrógeno, fósforo y sus distintas formas) y los datos mensuales de biomasa de las Euglenófitas, registrada durante los siete años en las tres estaciones de muestreo. Los análisis se han hecho para todo el humedal y para las estaciones de muestreo por separado. El número de pares de datos para cada una de esas correlaciones ha oscilado entre 82 y 222.

Todos los cálculos se han llevado a cabo con el paquete estadístico STATISTICA-6.0.

## Resultados

### Composición taxonómica

Entre 1996 y 2002 se identificaron 35 táxones diferentes de Euglenófitas en Las Tablas de Daimiel. Entre 1996 y 1998 se encontraron 18 táxones, pero muestreando en más localidades que las aquí estudiadas, y durante el período 2000-2002 dicho número ascendió a 29, de los cuales solamente 8 se habían encontrado en el periodo anterior, lo que indica que han ocurrido cambios notables en la composición específica. En efecto, 11 especies de las observadas en el periodo 1996-1998 no lo fueron en el 2000-2002. Por el contrario, aparecieron 16 nuevos táxones (8 *Euglena*, 6 *Phacus* y 2 *Trachelomonas*), de los cuales seis constituyen nuevas citas para España (cf. Álvarez Cobelas, 1984; Llimona & al., 1985).

A continuación se ofrece una breve descripción de las especies observadas en el último periodo, que completa las descripciones de las encontradas hasta 1998 (Rojo & al., 1999). Cuando es posible, las especies se caracterizan según el sistema de saprobiedad de Sladeček (1973) y Sladeček & Perman (1978). Las abreviaturas utilizadas para las localidades son PG (Pata Gallina), MM (Molemocho) y PN (Puente Navarro).

#### 1. *Astasia* sp.

Células casi cilíndricas de 26 × 13 µm. Se encontraron en MM y PN desde 1996, con una densidad máxima en verano.

#### 2. *Euglena acus* Ehrenberg 1830

Su morfología en Las Tablas sigue las descripciones más habituales (Gojdics, 1953; Huber-Pestalozzi, 1955). Se trata de una especie muy común en todas las zonas del Parque que se presenta todos los años, aunque nunca muy abundante.

#### 3. *Euglena agilis* Carter 1856 (Fig. 2b)

Células de 16-22 µm de longitud y 8-13 µm de anchura, cilíndricas a fusiformes, de morfología semejante a la descrita por Gojdics (1953); extremadamente metabólicas y de natación muy rápida. Especie cosmopolita, muy frecuente, β-α mesosaprobia. Se encontró en todo el Parque en 2000, en PG en 2001 y 2002 y en MM en 2002.

#### 4. *Euglena anabaena* var. *minima* Mainx 1927 (Fig. 2h)

Células de 23-30 µm de longitud y 7-14 µm de diámetro, tamaño que es incluso más pequeño que el re-

cogido por Tell & Conforti (1986); célula fusiforme con sólo cuatro cloroplastos y estigma rojizo muy visible. Escasa en el humedal, sólo se detectó su presencia en PG en el verano de 2000.

#### 5. *Euglena clara* Skuja 1948 (Fig. 2i)

Células de 57-58 µm de longitud y 16-18 µm de diámetro, piriformes, con el extremo anterior truncado y el posterior aguzado; metabólicas. Los ejemplares coinciden en su morfología con los descritos por Gojdics (1953). Especie oligosaprobia. Aparece en PG y MM, con una densidad máxima en otoño 2001 en MM. Se encontró por primera vez en España en 1996 en PN (Rojo & al., 1999).

#### 6. *Euglena clavata* Skuja 1948 (Fig. 2d)

Células claviformes, de 39-41 µm de longitud y 20-31 µm de diámetro, con el extremo posterior estrechado en un apéndice caudal; extremadamente metabólicas. Los ejemplares coinciden en su morfología con lo descrito por Gojdics (1953). Esta especie ha sido registrada en lugares altamente contaminados de todo el mundo, donde llega a presentar una densidad elevada (Conforti, datos inéditos). Especie β-mesosaprobia, con abundancia máxima a finales de verano en PG, aunque también apareció en MM.

#### 7. *Euglena deses* var. *intermedia* Klebs f. *brevis* Fritsch et Rich 1930 (Fig. 2a)

Células de 36-38 µm de longitud y 6-8 µm de anchura, cilíndricas, con el extremo anterior redondeado y el posterior frecuentemente algo aguzado. Cloroplastos discoidales, parietales. Paramilo en forma de grandes bastones. Presente sólo en verano de 2002 en MM. Se registra por primera vez para España, siendo las células observadas incluso más cortas que las descritas por Fritsch & Rich (1930).

#### 8. *Euglena gracilis* Klebs 1883

Presente en todo el Parque a partir de 1999. Su morfología no se aparta de las descripciones clásicas (Gojdics, 1953).

#### 9. *Euglena mutabilis* Schmitz 1884 (Fig. 2c)

Células de 75-80 µm de longitud y 8,5-12 µm de anchura, muy delgadas, aproximadamente cilíndricas; metabólicas. La morfología de las células coincide con la descrita por Gojdics (1953). Nuestros ejemplares tenían numerosos cuerpos de paramilo en forma de pequeños bastones. Especie oligosaprobia, de amplia distribución y considerada indicadora de ambientes

con pH ácido, por lo general entre 1,5 y 5 (Hein, 1953), aunque también se haya encontrado en aguas alcalinas con pH superior a 8 (Popova, 1966). En Las Tablas los promedios estivales de pH exceden esta última cifra. Se encontró en bajas densidades en los tres puntos muestreados en los inviernos de los últimos años, y constituye una nueva cita para el Parque.

#### 10. *Euglena oxyuris* Schmitz 1846 (Fig. 2e)

Células de 98-139 µm de longitud y 18-22 µm de anchura, de morfología semejante a la descrita por Gojdics (1953). Especie muy frecuente y de amplia distribución mundial, β-α-mesosaprobia. Sus máximos en Daimiel se producen en verano, con mayores densidades en los últimos años en los tres lugares muestreados.

#### 11. *Euglena polymorpha* Dangeard 1901

Presente en 1996 y 1997 en la zona de influencia del río Gigüela, volvió a aparecer en 2002, esta vez en todo el humedal. Su descripción coincide con la de Gojdics (1953).

#### 12. *Euglena sanguinea* Ehrenberg 1830 (Fig. 2f)

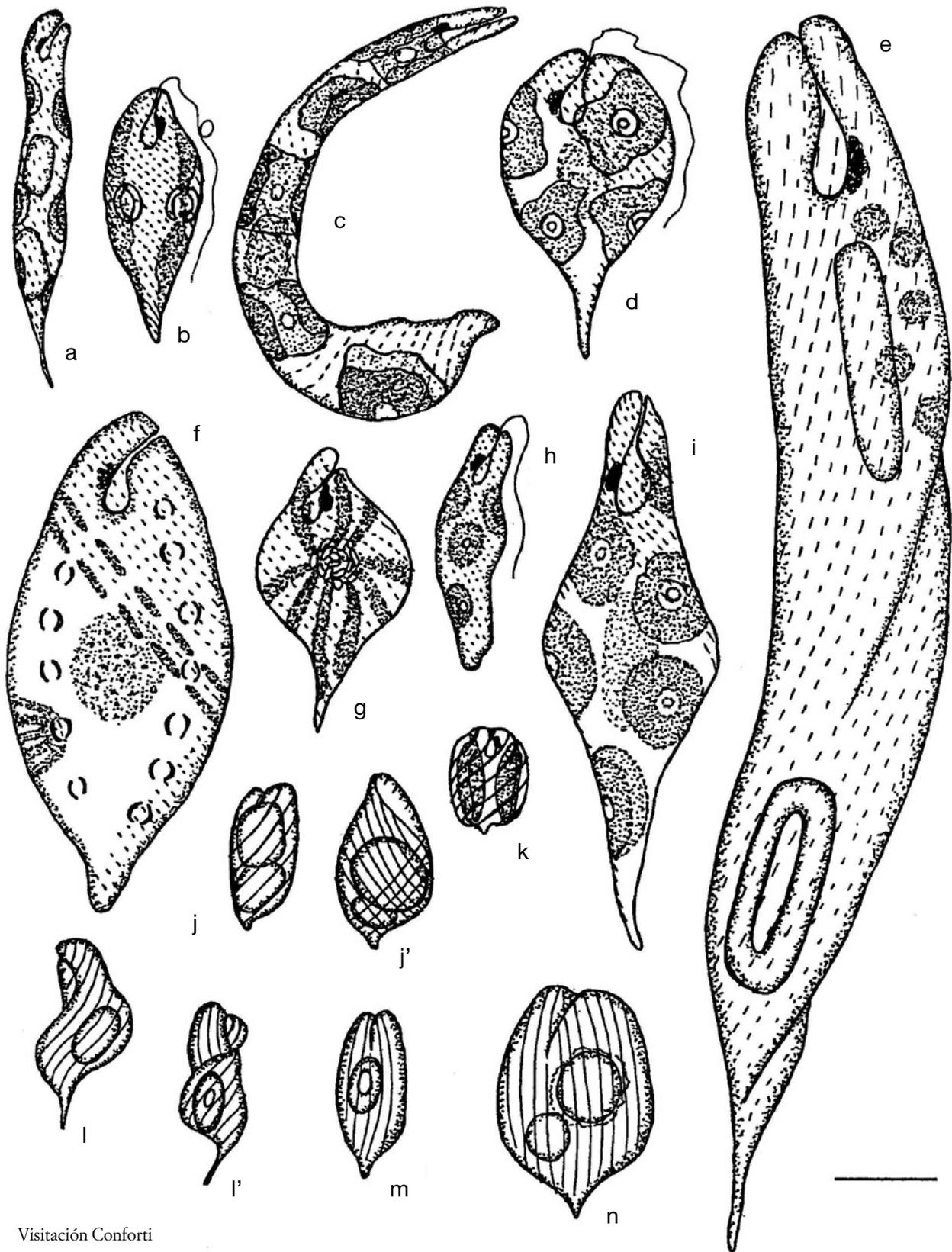
Células de 54-65 µm de longitud y 20-25 µm de anchura, mucho más cortas de lo habitual (90-150 µm de acuerdo con Gojdics, 1953 ó Zakryš & Walne, 1994), pero de morfología similar a lo descrito por estas autoras. Cloroplastos numerosos, parcialmente parietales, en forma de discos cóncavos con márgenes muy lobados formando prolongaciones y dispuestos siguiendo las espirales de la película exterior de la célula. Cada cloroplasto presenta un diplopirenoide, y los gránulos de hematocromo se concentran en el centro celular o están dispersos por toda la célula, lo que dificulta la observación de su morfología interna. Especie β-mesosaprobia, fue registrada por primera vez en el Parque en julio de 2000, apareciendo en baja densidad.

#### 13. *Euglena spiroides* Lemmermann 1898

Apareció únicamente en 2002 en MM y PN, con una morfología similar a la reportada por Gojdics (1953).

#### 14. *Euglena splendens* Dangeard 1901

Muy común en todo el humedal hasta 1998, disminuyó luego su frecuencia hasta únicamente aparecer en MM en 2000. Su descripción coincide con la de Gojdics (1953).



Visitación Conforti

**Fig. 2.** Dibujos originales de algunas especies de *Euglena* y *Phacus* de Las Tablas de Daimiel. **a**, *Euglena deses* var. *intermedia* f. *brevis*; **b**, *E. agilis*; **c**, *E. mutabilis*; **d**, *E. clavata*; **e**, *E. oxyuris*; **f**, *E. sanguinea*; **g**, *E. viridis*; **h**, *E. anabaena* var. *minima*; **i**, *E. clara*; **j**, **j'**, *Phacus polytrophos*; **k**, *P. agilis*; **l**, **l'**, *P. inflexus*; **m**, *P. granum*; **n**, *P. brachykentron*. Escala: 10  $\mu$ m.

**15. *Euglena tripteris*** (Dujardin) Klebs 1883

Células de 60-210  $\mu\text{m}$  de longitud y 8-23  $\mu\text{m}$  de anchura, alargadas y torsionadas, con el extremo anterior redondeado y el posterior con un apéndice caudal largo, triangulares en vista apical, de morfología semejante a la descrita por Gojdics (1953). Especie  $\beta$ -mesosaprobia muy común en Europa, Asia, África y América. Sólo apareció en muy baja densidad en enero de 2001 en PG.

**16. *Euglena viridis*** Ehrenberg 1838 (Fig. 2g)

Células de 31-40  $\mu\text{m}$  de longitud y 12-17  $\mu\text{m}$  de anchura, fusiformes; muy metabólicas. Cloroplastos dispuestos en estrella cuyo centro está cubierto con un denso conjunto de granos de paramilo. Especie cosmopolita encontrada frecuentemente en pequeñas masas de agua, por lo común altamente contaminadas, así como sobre suelos arenosos, aguas dulces, salobres y marinas. Considerada como  $\alpha$ -polisaprobia. Se encontró en todo el Parque de Las Tablas en primavera y comienzos de verano en los últimos años, aunque en baja densidad.

**17. *Lepocinclis acuta*** Prescott 1938 (Fig. 3i)

Células de 32-39  $\mu\text{m}$  de longitud y 16-18  $\mu\text{m}$  de diámetro, piriformes, con el extremo anterior redondeado, adelgazadas paulatinamente hacia el extremo posterior hasta terminar en un apéndice caudal puntiagudo. Paramilo en forma de dos grandes anillos. Coincide en su morfología con lo descrito para Argentina (Tell & Conforti, 1986). Esta especie sólo había sido registrada de USA y Argentina, y ésta es la primera cita para España y Europa. Especie muy escasa, encontrada en MM en junio y julio de 2000.

**18. *Lepocinclis fusiformis*** (Carter) Lemmermann emend. Conrad 1901 (Fig. 3h)

Células de 22-30  $\mu\text{m}$  de longitud y 20-25  $\mu\text{m}$  de diámetro, anchamente fusiformes, con morfología coincidente con la descrita por Huber-Pestalozzi (1955). Cabe destacar que sus dos anillos de paramilo alcanzan un gran desarrollo en algunos ejemplares, lo que provoca un ensanchamiento del cuerpo celular. Especie de amplia distribución escasa en Las Tablas, ya que sólo se encontró en MM en mayo de 2000.

**19. *Lepocinclis ovum*** (Ehrenberg) Lemmermann 1910 var. **ovum**

Los ejemplares encontrados de esta especie en Las Tablas coinciden en su morfología con la descrita por Huber-Pestalozzi (1955). Cosmopolita, se ha encon-

trado en el Parque desde 1996 con densidades superiores a los 1000 ind·ml<sup>-1</sup>. Fue la Euglenófita más abundante en MM durante 1999 y 2000 y en PN en la primavera de 2001.

**20. *Lepocinclis ovum*** var. **major** Conrad 1934 (Fig. 3g,g')

Células con las características de la variedad tipo, de la que se diferencia únicamente por su mayor tamaño (34-42  $\mu\text{m}$  de longitud y 17-22  $\mu\text{m}$  de diámetro). Citada de Alemania, Sudáfrica y Sudamérica. Esta variedad, escasa, se encontró por primera vez en el Parque en MM en junio de 2000.

**21. *Lepocinclis ovum*** var. **dimidio-minor** Deflandre 1924 (Fig. 3f)

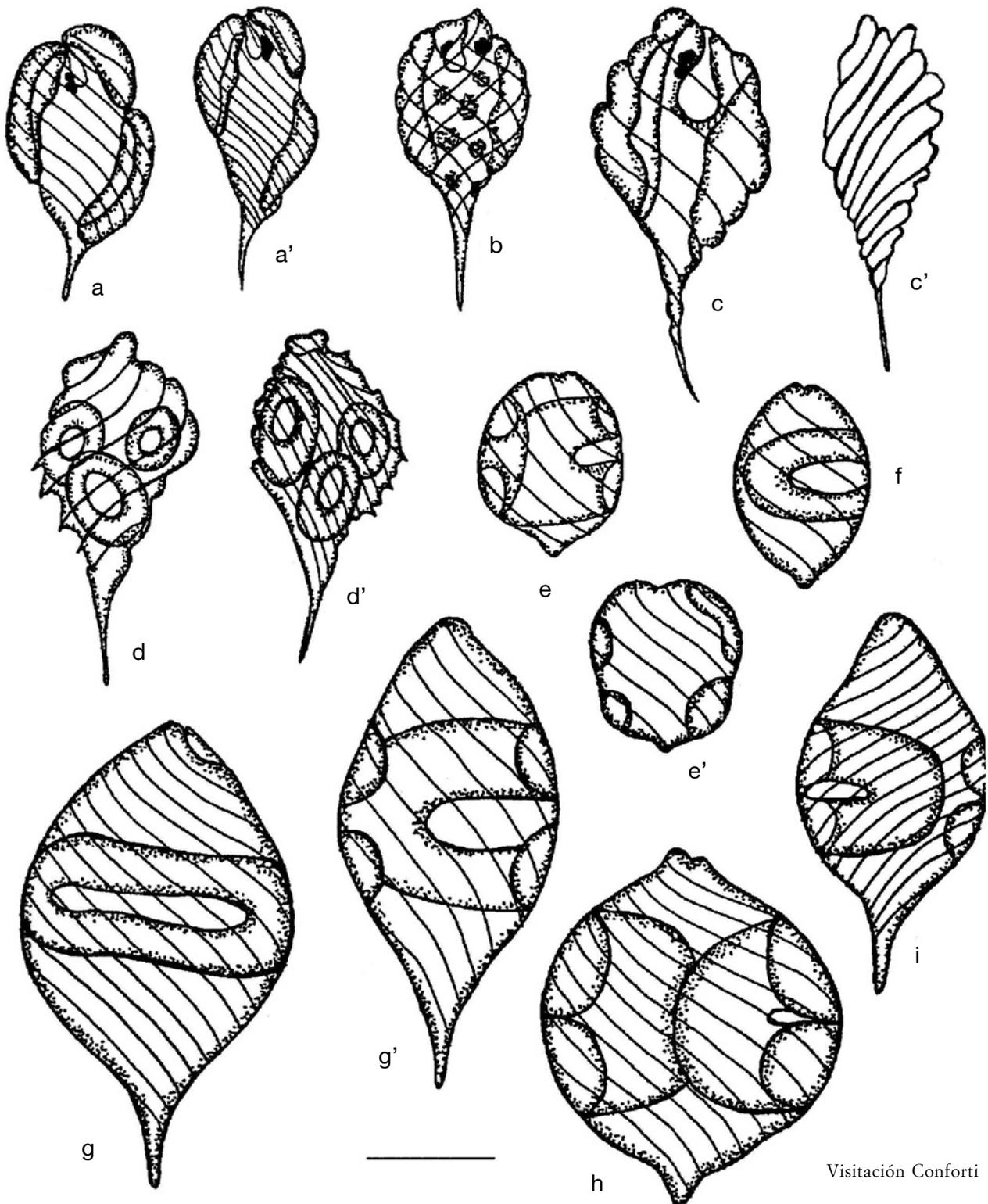
Células con las características de la variedad tipo, de la que se diferencia únicamente por ser de menor tamaño (14-17  $\mu\text{m}$  de longitud y 6-11  $\mu\text{m}$  de diámetro) y apéndice caudal muy breve y romo. Ampliamente distribuida por Europa, África y América. Esta variedad, nuevo registro para el Parque, se encontró en junio de 2000 en MM.

**22. *Lepocinclis ovum*** var. **globula** Lemmermann 1910 (Fig. 3e,e')

Células de 13-15  $\mu\text{m}$  de longitud y 12-18  $\mu\text{m}$  de diámetro. Se diferencia de la variedad tipo por su forma globosa y extremos anchamente redondeados, con un pequeño apéndice caudal romo. De distribución mundial amplia, estaba presente en todos los sitios del Parque entre 1996 y 1998, hacia el fin de la primavera y principios del verano, aunque en todos fuese muy escasa.

**23. *Phacus aenigmaticus*** Drezepolski 1921 (Fig. 3a,a')

Células de 22-24  $\mu\text{m}$  de longitud y 10-12  $\mu\text{m}$  de anchura, pequeñas, ovoides, torsionadas, con el extremo anterior redondeado, asimétrico, más ancho que el posterior, el cual se prolonga en un apéndice caudal delgado, recto o ligeramente curvado. Película finamente estriada, espiralada hacia la derecha. Normalmente tiene tres corpúsculos conspicuos de paramilo con forma de casquete, dos anteriores y un posterior, numerosos cloroplastos discoidales grandes que a veces parecen uno único. Citado para Europa, islas del Mar de Sonda y USA, fue vista por primera vez en verano de 2000 en MM. Es notable que, a pesar de ser un taxón bastante poco común, alcanzara puntualmente densidades de 250 ind·ml<sup>-1</sup>.



**Fig. 3.** Dibujos originales de algunas especies de *Phacus* y *Lepocinclis* de Las Tablas de Daimiel. **a, a'**, *Phacus aenigmaticus*; **b**, *P. pyrum*; **c, c'**, *P. splendens*; **d, d'**, *P. costatus*; **e, e'**, *Lepocinclis ovum* var. *globula*; **f**, *L. ovum* var. *dimidio-minor*; **g, g'**, *L. ovum* var. *major*; **h**, *L. fusiformis*; **i**, *L. acuta*. Escala: 10  $\mu$ m.

**24. *Phacus agilis*** Skuja 1926 (Fig. 2k)

Células de 11-14  $\mu\text{m}$  de longitud y 8,5-10  $\mu\text{m}$  de anchura, pequeñas, ovoides, con un profundo surco longitudinal ventral, de longitud igual al largo del cuerpo. Extremo anterior anchamente redondeado y el posterior con una protuberancia redondeada central. Dos cloroplastos grandes, laterales y opuestos. Paramilo en forma de dos placas curvas que cubren externamente a cada uno de los cloroplastos. Especie de amplia distribución mundial, fue observada por primera vez en el Parque en MM y PN, con densidades muy bajas, en junio de 2000.

**25. *Phacus brachykentron*** Pochmann 1942 (Fig. 2n)

Células de 24-26  $\mu\text{m}$  de longitud y 16-18  $\mu\text{m}$  de anchura, anchamente ovoides, aplanadas dorsi-ventralmente, con un surco apical que llega aproximadamente hasta la mitad de la célula y un apéndice caudal breve y curvo. Ya conocida de Europa y América, fue observada por primera vez en España en Las Tablas en 1996. Su mayor abundancia es estival y en MM, siendo más frecuente en los últimos años. Su morfología y dimensiones coinciden con las descritas en la bibliografía (Pochmann, 1942; Huber-Pestalozzi, 1955).

**26. *Phacus costatus*** Conrad 1914 (Fig. 3d,d')

Células de 25-30  $\mu\text{m}$  de longitud y 12-14  $\mu\text{m}$  de anchura, dimensiones que coinciden con las ya descritas para la especie (Huber-Pestalozzi, 1955; Starmach, 1983), de contorno ovoide y extremo posterior con un apéndice caudal recto. Película con costillas levógiras espiraladas muy marcadas que se continúan hasta el extremo de la cauda, con un lateral cóncavo y otro convexo. Tres anillos grandes de paramilo. Esta especie se registró por primera vez en España, y con un pico de alta densidad, en diciembre de 2002 en PG.

**27. *Phacus granum*** Drezepolski 1925 (Fig. 2m)

Células de 18-20  $\mu\text{m}$  de longitud y 8-10  $\mu\text{m}$  de anchura, alargadas, con el extremo anterior estrecho, asimétrico, provisto de una pequeña excrescencia. Extremo posterior con un mamelón romo o prolongado brevemente y paramilo anular. Cosmopolita. Se observó su mera presencia por primera vez en junio de 2000, únicamente en MM.

**28. *Phacus inflexus*** (Kisselev) Pochmann 1942 (Fig. 2 l,l')

Células de 23-25  $\mu\text{m}$  de longitud y 8,5-10  $\mu\text{m}$  de anchura, aplanadas dorsi-ventralmente, de contorno largamente oval, fuertemente retorcidas. Película con es-

trías espiraladas, siguiendo las torsiones del cuerpo. Paramilo, por lo general, en forma de placas. Cosmopolita, se registró su presencia por primera vez en el Parque el verano del 2000 en MM, alcanzando un máximo destacable en el verano de 2002.

**29. *Phacus polytrophos*** Pochmann 1942 (Fig. 2 j,j')

Células de 19-22  $\mu\text{m}$  de longitud y 7,5-10  $\mu\text{m}$  de anchura, dimensiones que coinciden con las descritas en la bibliografía (Pochmann, 1942; Huber-Pestalozzi, 1955; Starmach, 1983), largamente elipsoidales hasta cuneiforme-redondeadas en el extremo anterior y adelgazadas en el posterior hasta terminar en una punta que no llega a definirse como un apéndice caudal. Las estrías son muy tenues, espiraladas de derecha a izquierda. Paramilo, por lo general, en forma de placas. Presente en Europa y América, esta es la primera cita para España. Sólo se encontró en el año 2000, escasa, en los muestreos de julio en PG y octubre en MM.

**30. *Phacus pyrum*** (Ehrenberg) Stein 1878 (Fig. 3b)

Células de 25-30  $\mu\text{m}$  de longitud y 11-15  $\mu\text{m}$  de anchura, piriformes alargadas, extremo anterior asimétrico y posterior prolongado en un apéndice caudal largo, frecuentemente recto o algo inclinado. Película con costillas espiraladas levógiras. Dos calotas laterales de paramilo. Cosmopolita. Su presencia fue detectada por primera vez en PG en 1996, pero hasta el verano de 2000 no alcanzó una densidad considerable, tanto en PG como en MM.

**31. *Phacus splendens*** Pochmann 1942 (Fig. 3c,c')

Células de 28-34  $\mu\text{m}$  de longitud y 14-15  $\mu\text{m}$  de anchura, de contorno circular a anchamente ovoide, poco aplanadas, extremo posterior con un apéndice caudal recto o ligeramente inclinado. Película con costillas levógiras espiraladas que se continúan hasta el extremo de la cauda. Un solo cloroplasto parietal con dos pirenoides. Paramilo en forma de tres calotas externas al cloroplasto. Presente en África, Asia y Europa. Se registró por primera vez en España en junio de 2000 en MM y se volvió a encontrar en octubre de 2000 en PG. Las células encontradas en Las Tablas son de mayor tamaño que las citadas en la bibliografía del género (Pochmann, 1942; Huber-Pestalozzi, 1955).

**32. *Trachelomonas abrupta*** Swirenko 1914

Su morfología es idéntica a la descrita por Huber-Pestalozzi (1955). Presente en la primavera de 1996 en PG y PN y, muy aisladamente, en MM en marzo de 2002. Cosmopolita.

**33. *Trachelomonas armata*** (Ehrenberg) Stein 1878

De morfología muy similar a la descrita por Huber-Pestalozzi (1955), apareció de modo muy puntual en MM a finales de la primavera de 1997. Cosmopolita.

**34. *Trachelomonas sculpta*** Balech 1944

Su morfología es idéntica a la descrita por Huber-Pestalozzi (1955). Sólo se observó en 1996, durante casi todo el año, en PG y, más escasa, en la primavera y el verano de 2002 en PG. Citada de Argentina. Esta especie ya fue citada por Rojo & al. (1999), pero en España es rara.

**35. *Trachelomonas volvocinopsis*** Swirenko 1914

De morfología muy similar a la descrita por Huber-

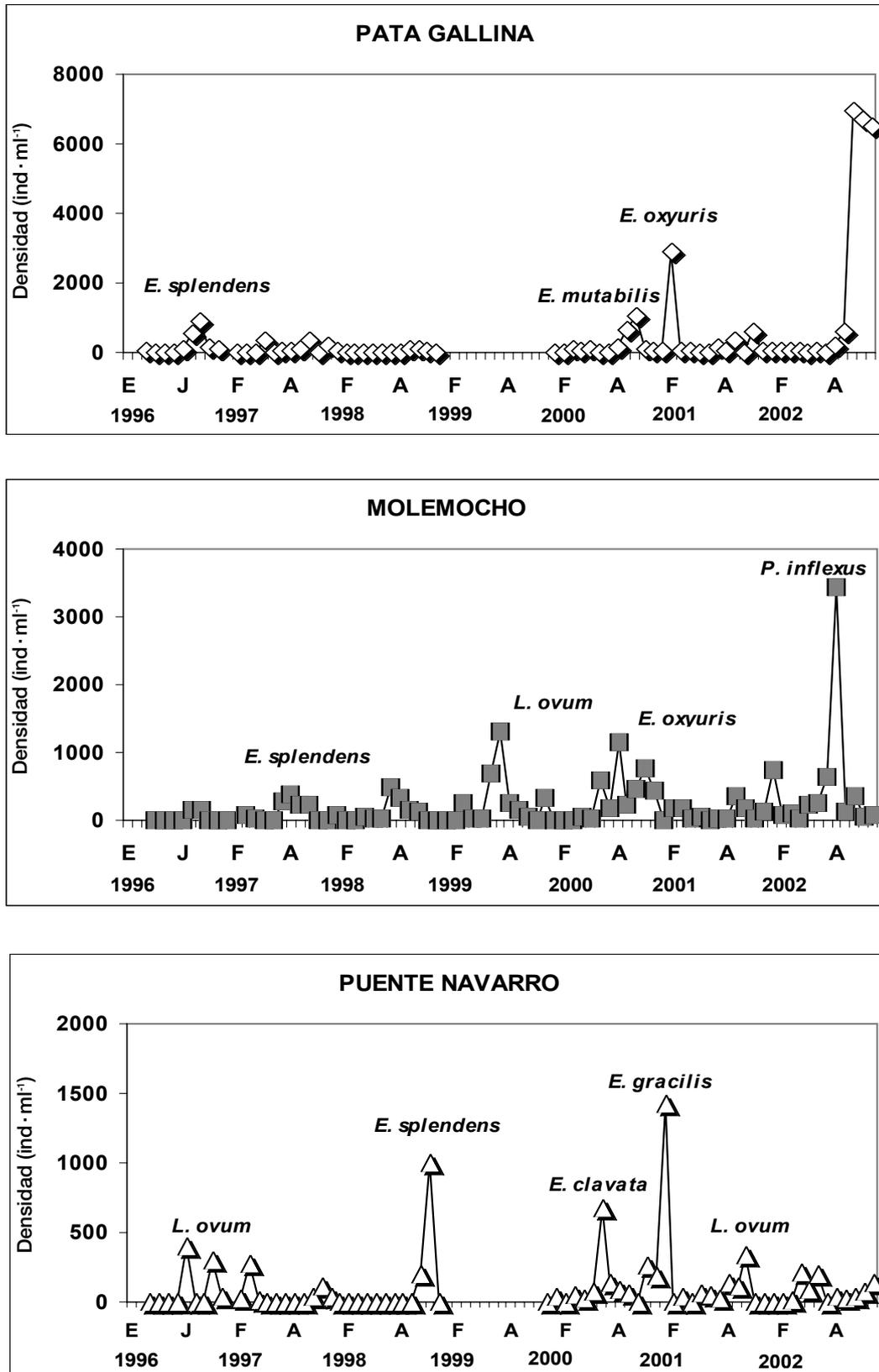
Pestalozzi (1955), se observó en MM y PN a finales de la primavera de 2002. Cosmopolita.

***Distribución, abundancia, grupos de especies y cambios temporales de las Euglenófitas***

En el periodo de 1996 a 1998 se encontraron en el Parque 8, 7 y 4 táxones de Euglenófitas, respectivamente, mientras que en el periodo 2000-2002 se registraron 14, 10 y 20, respectivamente (Tabla 1). Se observa, por tanto, un cambio notable en el número de especies en el humedal, especialmente en el último año estudiado, 2002, cuando se identificaron en Molemocho 18 táxones de Euglenófitas. Por este lugar era por donde antiguamente entraban las aguas del río Guadiana, mientras que ahora es una zona cerrada

**Tabla 1.** Presencia de las distintas especies de Euglenófitas en las estaciones de Patagallina, Molemocho y Puente Navarro de Las Tablas de Daimiel desde 1992 hasta 2002. Los datos de 1999 se refieren a una única estación de muestreo. En los años 1994-1995 no se tomaron muestras. Los datos de 1992 y 1993 han sido tomados de Rojo (1996).

	1992	1993	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<i>Astasia</i> sp.	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)
<i>Euglena acus</i>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
<i>Euglena anabaena</i>			(+)						
<i>Euglena agilis</i>							(+)	(+)	(+)
<i>Euglena clara</i>							(+)	(+)	
<i>Euglena clavata</i>									(+)
<i>Euglena deses</i>									(+)
<i>Euglena elastica</i>	(+)	(+)							
<i>Euglena gracilis</i>						(+)	(+)	(+)	(+)
<i>Euglena mutabilis</i>									(+)
<i>Euglena oxyuris</i>	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)	(+)
<i>Euglena polymorpha</i>			(+)	(+)					(+)
<i>Euglena proxima</i>	(+)	(+)							
<i>Euglena spiroides</i>									(+)
<i>Euglena splendens</i>			(+)	(+)	(+)		(+)		
<i>Euglena tripteris</i>								(+)	
<i>Euglena viridis</i>									(+)
<i>Lepocinclis acuta</i>							(+)		
<i>Lepocinclis fusiformis</i>							(+)		
<i>Lepocinclis ovum</i>			(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
<i>Phacus aenigmaticus</i>									(+)
<i>Phacus agilis</i>							(+)		
<i>Phacus brachykentron</i>								(+)	(+)
<i>Phacus costatus</i>									(+)
<i>Phacus granum</i>							(+)		
<i>Phacus inflexus</i>									(+)
<i>Phacus polytrophos</i>							(+)		
<i>Phacus pyrum</i>	(+)	(+)					(+)	(+)	(+)
<i>Phacus splendens</i>									
<i>Trachelomonas abrupta</i>			(+)						(+)
<i>Trachelomonas armata</i>				(+)					
<i>Trachelomonas intermedia</i>	(+)	(+)							
<i>Trachelomonas sculpta</i>									(+)
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>									(+)
Riqueza específica	7	7	8	7	4	3	14	10	20



**Fig. 4.** Densidad del total de Euglenófitas (ind·ml<sup>-1</sup>) en Las Tablas de Daimiel desde marzo de 1996 hasta diciembre de 2002. Se señalan también las especies a las que corresponden los máximos principales de densidad. El máximo final de la estación de Pata Gallina corresponde a *Euglena clavata* y *E. gracilis* primero y *E. agilis* y *Phacus costatus* después, mientras que el máximo de 2002 en Puente Navarro se debe a *P. brachikentron* y *P. pyrum*.

donde el agua permanece estancada o incluso sale. Respecto al periodo 1992-1993 no se aprecia un cambio excesivo en la riqueza específica hasta el año 2000, pero sí en la composición de la comunidad (Tabla 1).

La densidad de Euglenófitas varía ampliamente a lo largo del año (Fig. 4), y las especies que alcanzan máximos lo hacen de manera súbita, con escasa permanencia durante varios meses sucesivos. En general, la densidad muestra máximos más extremos a partir de 2000, cuando también se produce un incremento de la densidad durante el invierno (Fig. 4). La dinámica de las Euglenófitas es diferente en los tres puntos del Parque, y también lo son las especies que alcanzan densidades relevantes en cada uno de ellos. En PG, desde 1996 hasta 1998, es *Euglena splendens* la especie dominante, causante de los máximos de primavera y verano, y que constituyó una porción importante del pico del biovolumen de abril de 1997, representando el 83% del biovolumen total de fitoplancton. En el periodo 2000-2002 las especies causantes de los picos fueron sucesivamente *E. mutabilis*, *E. oxyuris*, *E. gracilis*, *E. clavata*, *Phacus pyrum* y *P. costatus*. Es destacable también la abundancia de *E. agilis* y *P. costatus* (6000 y 4000 ind·ml<sup>-1</sup>, respectivamente), que constituyeron el 70% del biovolumen de todo el fitoplancton.

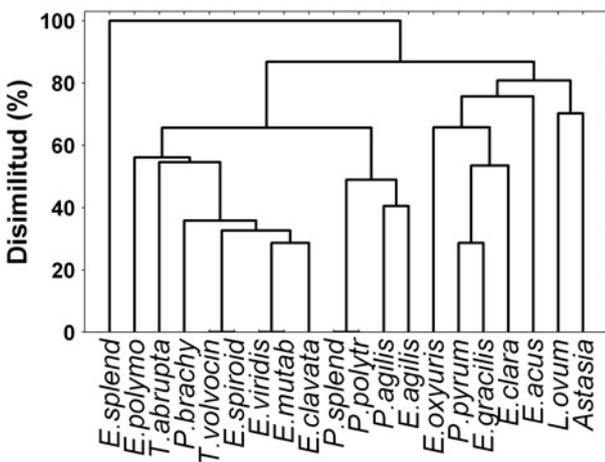
Durante los veranos de 1996 y 1997 *E. splendens* fue la especie dominante en MM y PG, causando el pico de biovolumen más importante en MM, que representó el 47% del biovolumen total del fitoplancton de junio en 1997. En 1998 se produjo una sustitución y *E. gracilis*, *Lepocinclis ovum* var. *ovum* y *P. pyrum* fue-

ron las Euglenófitas más abundantes en MM. En 2001 y 2002 hubo una nueva sustitución y *E. oxyuris* y *P. inflexus* resultaron las Euglenófitas dominantes.

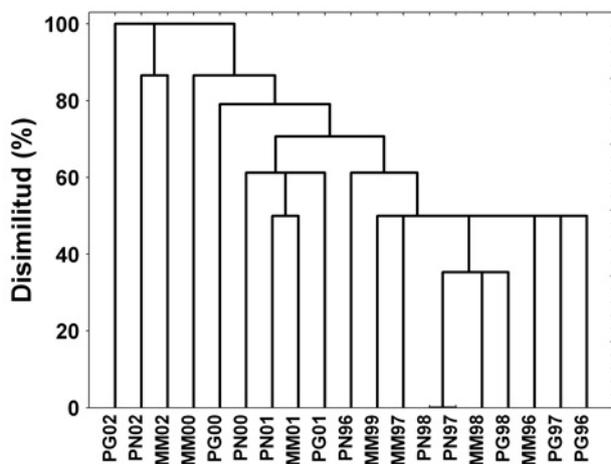
En PN, desde 1996 sólo *E. splendens* y *L. ovum* superan los 100 ind·ml<sup>-1</sup>, siendo la primera la que en verano de 1998 supuso, con 800 ind·ml<sup>-1</sup>, el 70% del biovolumen total del fitoplancton. Aunque *L. ovum* alcanzó 1400 ind·ml<sup>-1</sup> en la primavera de 2001, su aportación al biovolumen total fue pequeña. En el verano de 2000 y el invierno de 2001 se produjeron máximos de *E. clavata* y *E. gracilis*.

El promedio de la densidad en las tres localidades estudiadas disminuyó desde PG (312 ± 1105 ind·ml<sup>-1</sup>) hasta PN (90 ± 220 ind·ml<sup>-1</sup>), pasando por cifras intermedias para MM (219 ± 453 ind·ml<sup>-1</sup>), lo que indica la existencia de un gradiente en la presencia de estas algas a lo largo del Parque. Las Euglenófitas resultan mucho más abundantes en la entrada del agua al humedal, que es donde existe una elevada contaminación por las aguas residuales urbanas sin tratar del pueblo de Villarrubia de los Ojos. Su densidad disminuye hacia la salida del Parque Nacional en PN, en donde las aguas suelen ser más profundas y el tipo de materia orgánica es distinto.

El dendrograma de las especies observadas al menos en dos ocasiones en el humedal en los siete años de muestreo sugiere tres grandes grupos (Fig. 5): (A) el formado en exclusiva por *E. splendens*, la especie de Euglenófitas más común en el humedal; (B) el de las especies frecuentes; y (C), el de las raras. El dendrograma de las estaciones de muestreo no permite distin-



**Fig. 5.** Grupos de especies de Euglenófitas en Las Tablas de Daimiel basados en los datos anuales de presencia-ausencia de especies que se observaron al menos en dos muestreos diferentes, lo que excluye a las especies más raras. **A**, grupo en el que aparece aislada *Euglena splendens*, la especie más común en Las Tablas; **B**, grupo de especies frecuentes; **C**, especies poco habituales.



**Fig. 6.** Grupos de localidades y años según su flora de Euglenófitas basados en los datos anuales de presencia-ausencia de todas las especies en las tres estaciones de muestreo: **PG** (Patagallina), **MM** (Molemocho) y **PN** (Puente Navarro). Los números asociados a las localidades indican el año de muestreo (p. ej., PN01 corresponde a Puente Navarro en el año 2001).

guir grupos individualizados ni por estaciones de muestreo ni por años (Fig. 6), lo que indica una vez más la variabilidad espacial y anual de la composición específica de Euglenófitos.

### Biovolumen de Euglenófitas

Este indicador de la biomasa total del grupo taxonómico es similar en PG ( $1,97 \pm 4,50 \text{ mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$ ) y MM ( $2,00 \pm 4,94 \text{ mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$ ), mientras que PN presenta cifras

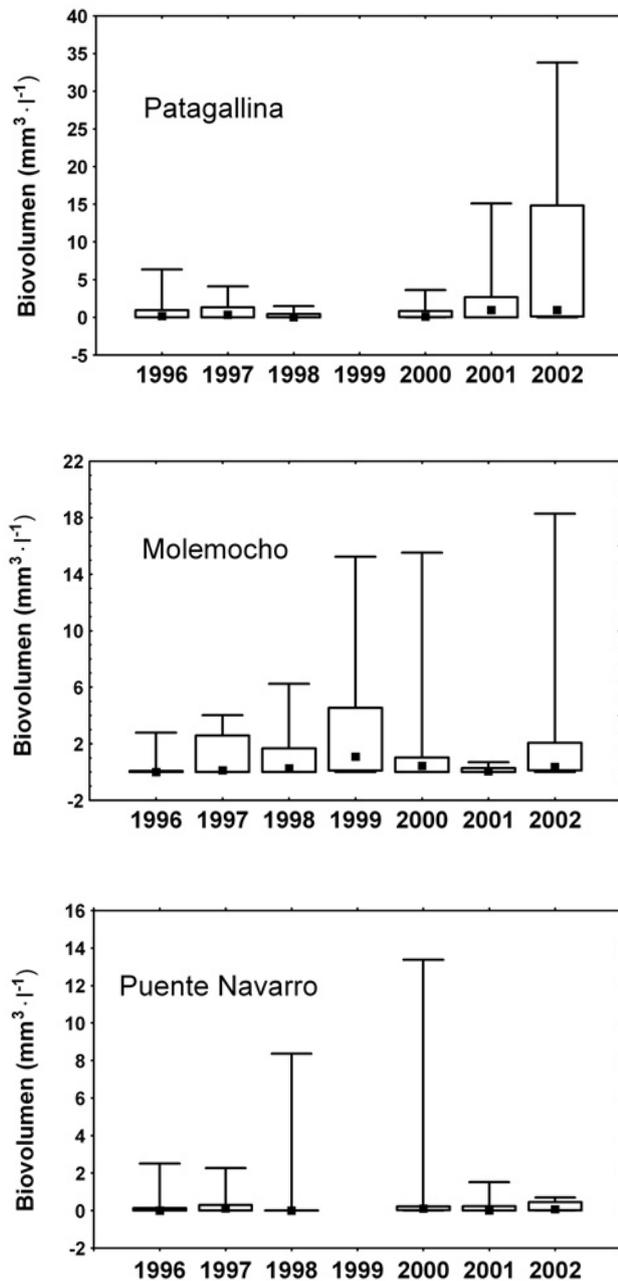


Fig. 7. Diagrama de cajas del biovolumen de las Euglenófitas en Las Tablas durante el periodo 1996-2001.

menores ( $0,56 \pm 1,91 \text{ mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$ ). Es especialmente llamativa la gran variabilidad anual en todas las estaciones (Fig. 7). En PG parece haber una tendencia decreciente en el periodo 1996-1998, para ascender en el 2000-2002, aunque la variabilidad también aumente. En MM, y a excepción de 2001, se aprecia una tendencia sistemática al aumento de la variabilidad del biovolumen, pero no puede decirse lo mismo de las medianas. En PN, sin embargo, no se aprecia tendencia definida alguna ni en las medianas ni en los rangos de los biovolúmenes anuales. En cualquier caso, la gran variabilidad intra-anual de cada estación de muestreo obedece al carácter oportunista y extraordinariamente fluctuante de la inmensa mayoría de las especies encontradas, muchas de las cuales aparecen aisladamente durante unos pocos días de cada año.

El promedio de la biomasa relativa de este grupo respecto al fitoplancton total es del  $6 \pm 11\%$  para las tres estaciones durante el periodo considerado, siendo ligeramente menor en PN que en las otras dos estaciones. Hay también una correlación positiva entre la biomasa de Euglenófitas y la biomasa total del fito-

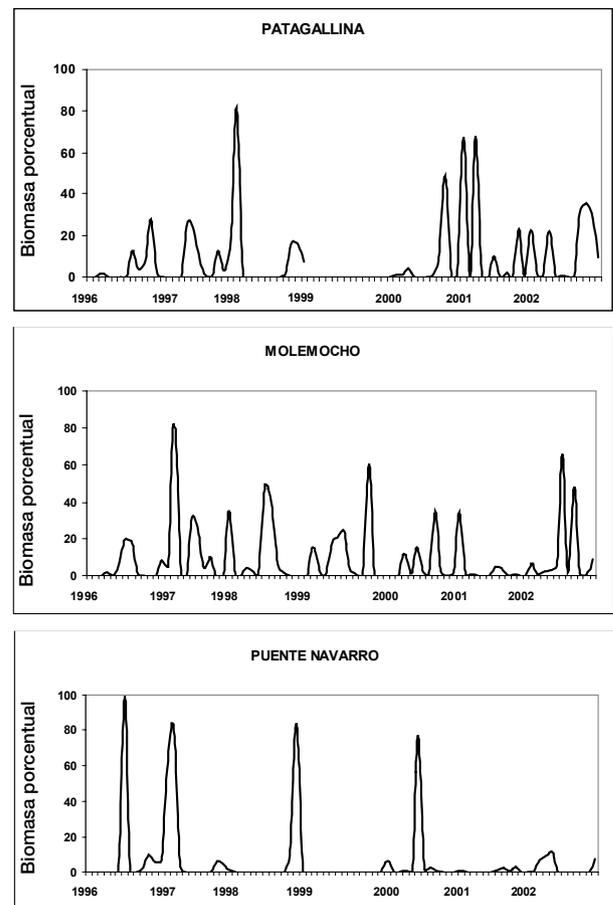


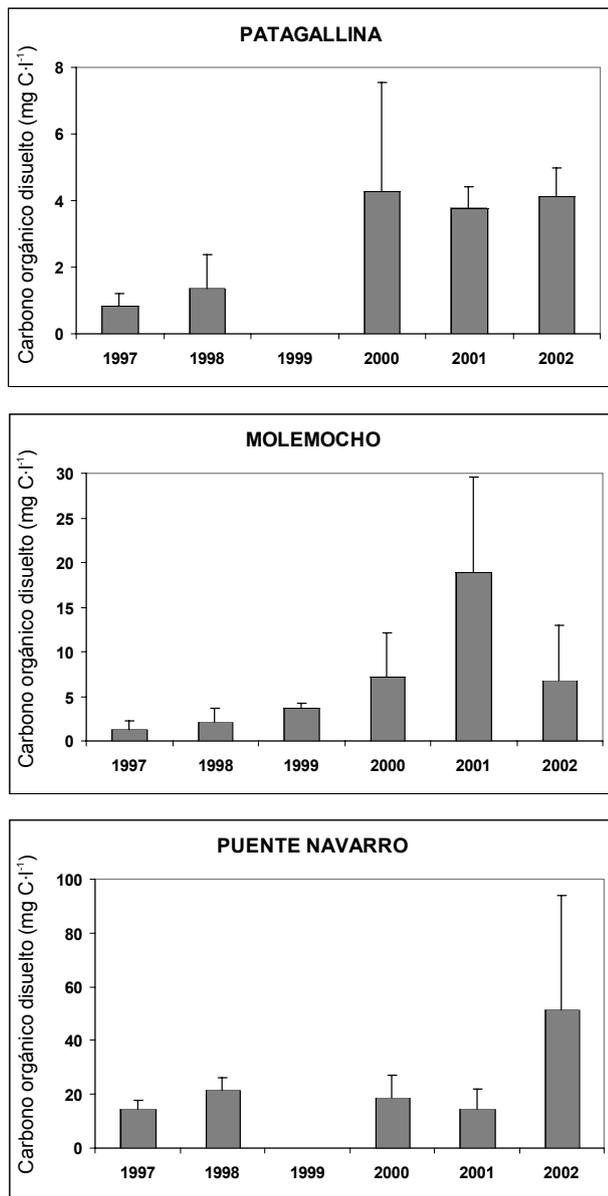
Fig. 8. Porcentaje de la biomasa fitoplanctónica compuesta por Euglenófitas en Las Tablas de Daimiel durante el periodo 1996-2002.

plancton en PG y MM ( $r^2 = 0,22$  y  $0,11$ ,  $P = 0,0001$  y  $0,002$ , respectivamente). Para la estación de PN no hay covariación estadísticamente significativa entre ambas biomásas. Otro aspecto importante es que el porcentaje de la biomasa de las Euglenófitas no varía simultáneamente en las tres estaciones de muestreo (Fig. 8). En las distintas zonas del Parque Nacional la fracción de la biomasa de las Euglenófitas respecto a la biomasa fitoplanctónica total no cambia al unísono,

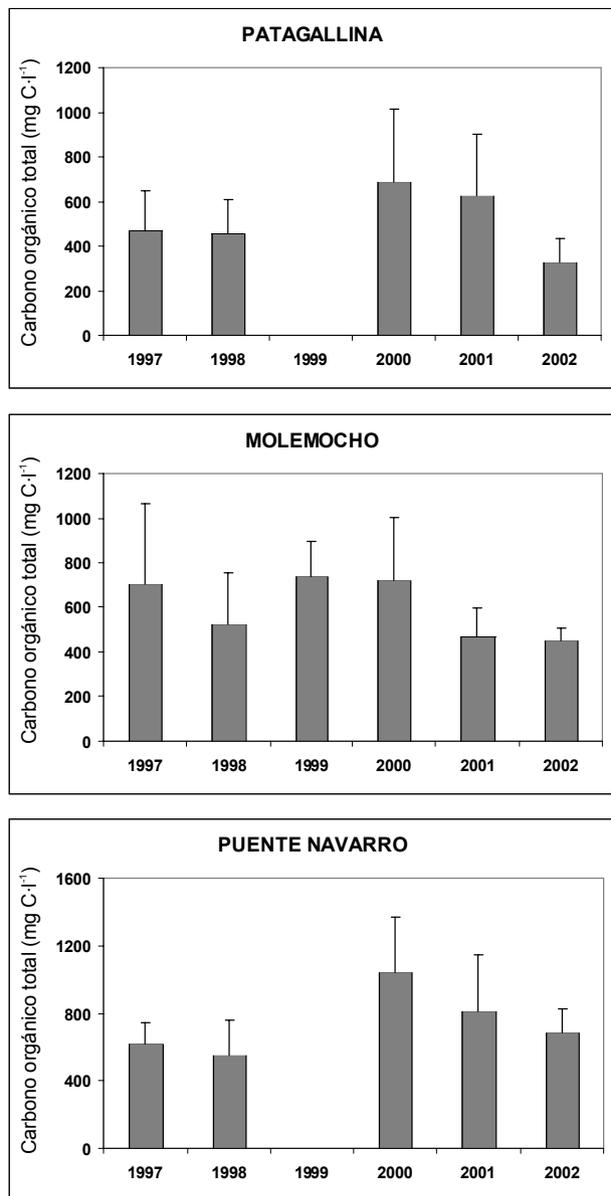
lo que indica que su dinámica y uso de los recursos varía a lo largo del humedal.

### *La materia orgánica, los nutrientes y las Euglenófitas*

En las tres localidades el carbono orgánico disuelto parece aumentar del periodo 1997-1998 al 2000-2002, pero las pautas difieren de una a otra (Fig. 9). En general, la variabilidad aumenta a lo largo del tiempo.



**Fig. 9.** Promedio anual de carbono orgánico disuelto en las estaciones de muestreo de Euglenófitas en el Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. En 1996 no se midió esta variable en ninguna estación de muestreo y en 1999 no se midió en Pata Gallina y Puente Navarro. Nótese las diferentes escalas en el eje de ordenadas.



**Fig. 10.** Promedio anual de carbono orgánico total en las estaciones de muestreo de Euglenófitas en el Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. En 1996 no se midió esta variable en ninguna estación de muestreo, y en 1999 no se midió en Pata Gallina ni en Puente Navarro. Nótese las diferentes escalas en el eje de ordenadas.

PN muestra más carbono orgánico disuelto que MM y esta estación más que PG, es decir, hay un gradiente de aumento de esta variable desde la entrada NE a la salida SW del Parque Nacional, probablemente debido a la acumulación de compuestos fúlvicos en esa zona terminal procedentes de la descomposición de la vegetación emergente. En cuanto al carbono orgánico total, la mayor concentración tuvo lugar en 2000, siendo en general PG y MM las zonas más ricas en este elemento (Fig. 10). De nuevo la variabilidad entre estaciones y años resultó muy notable (Tabla 2).

En algunos momentos, como durante julio y agosto de 2000 en MM, tuvieron lugar máximos de carbono orgánico total seguidos de un pico de Euglenófitas de 1447 ind·ml<sup>-1</sup> en septiembre (Fig. 4). Lo mismo ocurrió en PG en septiembre de 2000, pues el pico de carbono fue seguido por un pico de Euglenófitas de 1335 ind·ml<sup>-1</sup>. Sin embargo, en otras ocasiones dicha relación no se dio, lo que indicaría que otros factores resultaron limitantes para el crecimiento de estas algas. Para los datos mensuales no encontramos correlación estadísticamente significativa entre el carbono orgánico disuelto, el particulado o el total y la biomasa de Euglenófitas ( $P > 0,05$ ), ni en análisis simultáneos en el tiempo ni desfasados un mes. Nuestros resultados contradicen la relación propuesta comúnmente entre Euglenófitas y materia orgánica presente en el agua (Reynolds & al., 2002; Wetzel, 2001).

También quisimos comprobar si a escala anual había relación entre el carbono orgánico y la biomasa o la riqueza específica de las Euglenófitas. Para ello trabajamos con los datos promedio de carbono orgánico total y disuelto y sus variabilidades respectivas (como desviaciones típicas), por un lado, y las biomásas de esas algas, su variabilidad anual y el número total de especies presentes en cada estación de muestreo durante los años 1997, 1998, 2000, 2001 y 2002, para los que teníamos datos de todas las variables. El motivo de usar las desviaciones típicas de las variables, además de los valores promedio, fue comprobar si lo que importa en la relación entre Euglenófitas y materia or-

gánica es más la variación de los descriptores de su comunidad (biomasa y riqueza específica) y de los factores ambientales, y no el valor central de los mismos. Ninguna de las correlaciones entre las distintas formas del carbono orgánico y los descriptores de la comunidad de las Euglenófitas dio resultado estadísticamente significativo ( $P > 0,05$ ), lo que parece refutar la relación entre Euglenófitas y materia orgánica presente en el agua.

Para el todo el periodo de estudio considerado la concentración de carbono y nitrógeno fue superior en el extremo terminal del Parque Nacional, mientras que la concentración de fósforo resultó mayor en la entrada del mismo (Tabla 2). De todos modos la variabilidad en la concentración de todas estas sustancias fue muy notable, fruto de los intensos cambios biogeoquímicos estacionales y de los desiguales aportes hídricos entre años, lo que altera la dilución.

En cuanto al posible efecto sobre las Euglenófitas de nutrientes distintos al carbono, sólo observamos una correlación estadísticamente significativa de la biomasa de las Euglenófitas con el nitrógeno total en la estación de PG, pero la varianza explicada era muy reducida ( $r^2 = 0,08$ ,  $P = 0,017$ ). Ni el ortofosfato, el fósforo total o el amonio mostraron relación estadísticamente significativa con la biomasa de estas algas ( $P > 0,05$ ) en ninguno de los lugares estudiados por separado ni para todo el humedal conjuntamente.

## Discusión

En 1974 sólo se detectó una Euglenófitas en Las Tablas de Daimiel (Armengol & al., 1975), aunque el dato procede de una única visita. Más tarde, en las estaciones estudiadas en 1992-1993 se citaron 7 táxones (Rojo, 1996), 9 táxones en el periodo 1996-1997 (aunque fueron 18 incluyendo otras estaciones; Rojo & al., 1999) y, por último, 28 táxones entre 2000 y 2002, lo que indica un claro aumento de la diversidad específica de este grupo (Tabla 1). Cabe destacar que durante el periodo 1992-1993 las Euglenófitas se en-

**Tabla 2.** Media y desviación típica de las variables químicas medidas en tres estaciones de Las Tablas de Daimiel desde 1996 a 2002. Desde 1986 el agua entra en el humedal siempre por Pata Gallina y sale, en las pocas ocasiones en que lo hace, por Molemocho y Puente Navarro.

	Pata Gallina	Molemocho	Puente Navarro
Carbono orgánico disuelto (mg C·l <sup>-1</sup> )	2,86 ± 1,25	6,64 ± 4,18	24,19 ± 13,14
Carbono orgánico particulado (mg C·l <sup>-1</sup> )	508,23 ± 204,76	594,03 ± 195,44	715,02 ± 218,91
Carbono orgánico total (mg C·l <sup>-1</sup> )	512,12 ± 209,37	602,39 ± 201,21	740,65 ± 227,83
Amonio (mg·l <sup>-1</sup> )	0,158 ± 0,178	0,121 ± 0,123	0,542 ± 0,577
Nitrógeno total (mg N·l <sup>-1</sup> )	3,10 ± 2,47	3,74 ± 2,18	4,18 ± 2,48
Ortofósforo (mg·l <sup>-1</sup> )	0,209 ± 0,717	0,058 ± 0,057	0,120 ± 0,200
Fósforo total (mg P·l <sup>-1</sup> )	0,380 ± 0,610	0,300 ± 0,275	0,260 ± 0,300

contraron de forma mayoritaria en las aguas cercanas al pueblo de Villarrubia de los Ojos, unos 3 km aguas arriba de la estación de PG y acusando claramente los vertidos de aguas residuales del pueblo, en tanto que actualmente se registran en todos los sitios del Parque, siendo claramente más abundantes en las épocas estivales.

Desde 1996 las concentraciones de carbono orgánico han fluctuado mucho (Figs. 9, 10). Algunos de los Euglenoideos encontrados son indicadores de saprobiedad, si bien *E. clara* y *E. mutabilis* suelen considerarse oligosaprobias, *E. clavata*, *E. deses* var. *intermedia* f. *brevis*, *E. oxyuris*, *E. sanguínea* y *E. tripteris* son mesosaprobias y *E. viridis* es polisaprobia. De acuerdo con Margalef (1969), estos resultados indicarían una degradación ambiental importante y condiciones de anoxia, si bien nosotros consideramos que todavía hay demasiada incertidumbre para asumir esta interpretación.

El uso de los organismos como indicadores de la calidad del agua descansa en la respuesta de dichos organismos a la contaminación crónica (Margalef, 1955). Si la resisten, sobreviven en el ecosistema, soportando los impactos exteriores y formando una comunidad biológica definida, indicadora de los impactos y, por ende, de la calidad del agua. Si no resisten la contaminación crónica son sustituidos por otras especies que acaban constituyendo otra comunidad distinta. Este proceso de sustitución de comunidades en relación con el gradiente de contaminación por materia orgánica ha sido descrito numerosas veces (véase la exhaustiva revisión de Sladeček, 1973) y, dentro de él, se ha situado a las Euglenófitas como indicadoras de una contaminación orgánica excesiva (Sladeček & Perman, 1978). Ahora bien, ¿qué sucede cuando esa contaminación ya no puede seguir incrementándose porque ha llegado a la condición hipertrófica? El estudio que presentamos aquí es un ejemplo: la riqueza específica y la biomasa fluctúan, pero no hay correlación entre la calidad –medida como carbono orgánico disuelto, particulado o total, amonio, nitrógeno total, ortofosfato y fósforo total– y esos descriptores de la comunidad de Euglenófitas, como atestiguan las Figuras 6, 9, 10 y los análisis estadísticos. Sucede que las especies aparecen y desaparecen súbitamente, generando a menudo biomazas notables (Fig. 7), pero sin que su crecimiento o desaparición se puedan atribuir a ningún factor ambiental concreto, con lo que su uso como indicadores biológicos queda comprometido en el caso de ambientes hipertróficos. Por eso también los grupos de especies se asocian mejor a la frecuencia de aparición de las especies que al hecho de que compartan una autoecología definida (Fig. 5), con una relación débil entre la com-

posición específica de las comunidades de Euglenófitas de un mismo sitio en diferentes años o de distintos lugares en un mismo año (Fig. 6).

Esta discusión es pertinente por dos motivos: 1.º) la sorpresa ocasionada por la falta de relación entre abundancia de Euglenófitas y concentración de materia orgánica en el agua, comúnmente aceptada (Reynolds & al., 2002; Wetzel, 2001), y 2.º) la implementación de los análisis de calidad biológica en la nueva Directiva del Agua. En el primer caso, estudios como el presente sólo atestiguan cuánto nos falta por saber sobre la vida de los organismos. A las entradas crónicas de materia orgánica en Las Tablas se unen los procesos de carga interna generados por el desplazamiento interno de la materia orgánica, empujada por los flujos preferenciales del agua, y la descomposición local de la vegetación emergente, aspectos ambos de gran importancia en este humedal (Ribeiro & al., 2004; Sánchez Carrillo & Álvarez Cobelas, 2001) y que acaban incidiendo también sobre las comunidades planctónicas (Rojo & al., 2000). Pero también son importantes las conexiones entre las distintas zonas del humedal y, según se den esas conexiones o no, habrá floras algales y dinámicas comunes de las distintas poblaciones o no (Angeler & al., 2000). Sería, por ejemplo, el caso de los máximos de *E. splendens* en las tres estaciones de muestreo o de los diferentes máximos de *E. gracilis*, *Phacus inflexus* o *Lepocinclis ovum* (Fig. 4).

La nueva Directiva Europea del Agua (Directiva 2000/60/EC) propone una periodicidad de seis meses para el análisis de la calidad biológica mediante el fitoplancton y de tres años mediante la flora bentónica, y sucede que las Euglenófitas forman parte de ambos grupos. En este estudio hemos visto que un gran número de especies de Euglenófitas muestra apariciones demasiado puntuales (un mes como máximo) para ser útiles en un contexto tan dilatado en el tiempo como el previsto. Así que, o bien se propone una periodicidad de análisis biológicos más frecuente cuando se usen Euglenófitas, o bien se descarta el uso de éstas en ambientes hipertróficos, donde ni la riqueza específica ni la biomasa muestran relaciones con la materia orgánica, a pesar del tópico tan extendido. Dicho de otro modo, el verdadero valor indicador de las Euglenófitas, si lo tuvieran, estaría fuera de los ambientes hipertróficos.

En conclusión, los resultados de este estudio hacen dudar del uso de las Euglenófitas como indicadores de la calidad del agua en ambientes hipertróficos y, como se intuía en el estudio precedente (Rojo & al., 1999), la dinámica de esa comunidad sigue un proceso autónomo respecto a contaminaciones puntuales en un contexto de elevada concentración de materia orgánica. Esta constatación debiera ser un acicate más

para los estudios de la ecología de las Euglenófitas, aún en sus inicios en comparación con la de otros grupos de algas.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a varios proyectos sucesivos, dirigidos por Santos Cirujano (Real Jardín Botánico, Madrid), y enmarcados en el Convenio de Colaboración suscrito entre Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente) y el CSIC, y a la inestimable tarea de campo de Palmira Riobobos y Miguel Álvarez Cobelas, quien también nos hizo recomendaciones útiles sobre una versión preliminar del manuscrito. La beca concedida por el gobierno de la región Rhône-Alpes (Francia) permitió a Marie Lionard colaborar durante el periodo 1999-2002 en el proyecto financiado por el Ministerio de Medio Ambiente. También agradecemos la concesión del proyecto BOS2002-2333 (Ministerio de Educación y Cultura) y la ayuda 2004/20 para grupos de investigación (Conselleria d'Empresa, Universitat y Ciencia, Generalitat Valenciana). Las observaciones de dos revisores anónimos han mejorado el texto notablemente.

## Referencias bibliográficas

- Aboal, M., Álvarez-Cobelas, M., Arauzo, M., Carrasco, M., Casado, C., Cirujano, S., Dorado, M., Elvira, B., García-Avilés, J., García Sánchez-Colomer, M., de la Horra, J.L., Rojo, R., Rubio, A., Sánchez Soler, M.J. & Velasco, J.L. 1996. Metodologías. In: Álvarez Cobelas, M. & Cirujano, S. (eds.), *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*: 299-304. ICONA, Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Álvarez Cobelas, M. 1984. Catálogo de las algas continentales españolas. II. Craspedophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Haptophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae, Xanthophyceae. *Acta Botanica Malacitana* 9: 27-40.
- Álvarez Cobelas, M. & Cirujano, S. (eds.) 1996. *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*. ICONA, Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Álvarez Cobelas, M., Cirujano, S. & Sánchez Carrillo, S. 2001. Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las Tablas de Daimiel. *Biological Conservation* 97: 89-97.
- Angeler, D.G. 2000. Taxonomy and morphology of *Distigma elegans* and *Khawkinia fritschii*, rare euglenoids rediscovered in the Iberian Peninsula. *Nova Hedwigia* 70: 379-408.
- Angeler, D.G., Álvarez Cobelas, M., Rojo, C., Sánchez Carrillo, S. & Riobobos, P. 2000. The significance of water inputs and trophic relationships on plankton biomass in a semiarid freshwater wetland. *Journal of Plankton Research* 22: 2075-2094.
- APHA, 1992. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. 17.ª edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid.
- Armengol, J., Estrada, M., Guisset, A., Margalef, R., Planas, M.D., Toja, J. & Vallespínos, F. 1975. Observaciones limnológicas en las lagunas de la Mancha. *Boletín de la Estación Central de Ecología* 4: 11-27.
- Bachmann, R.W. & Canfield, D.E. 1992. Use of an alternative method for monitoring total nitrogen concentrations in Florida lakes. *Hydrobiologia* 323: 1-8.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyto, benthic macroinvertebrates and fish*. 2<sup>nd</sup> edition. EPA/841-B-99-002. US EPA, Office of Water. Washington DC.
- Bernués, M. (ed.) 1998. *Humedales españoles inscritos en la lista del Convenio de Ramsar*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Buetow, D.E. (ed.) 1967. *The biology of genus Euglena*. 2 vols. Academic Press, London-New York.
- Cirujano, S., Álvarez Cobelas, M., Riobobos, P., Sánchez Carrillo, S., Medina, L., Aragonés, A., Rubio, A., Angeler, D.G., Cirujano Montes, S., Soriano, O., Velasco, J.L., Rojo, C., Ortega-Mayagoitia, E. & Carmargo, J. 1998. *Estudio limnológico y botánico del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel* (informe inédito). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- Cuthbert, I.D. & del Giorgio, P. 1992. Toward a standardized method of measuring color in freshwater. *Limnology and Oceanography* 37: 1319-1326.
- Dangeard, P.A. 1901. Recherches sur les Eugléniens. *Le Botaniste* 8: 97-360.
- Dillard, G.E. 2000. *Freshwater algae of the Southeastern United States. Part 7: Pigmented Euglenophyceae*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- Fritsch, F.E. & Rich, F. 1930. Contributions to our knowledge of the freshwater algae of Africa. 7. Freshwater algae (exclusive of diatoms) from Griqualand West. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 18: 1-92.
- Gojdics, M. 1953. *The genus Euglena*. The University of Wisconsin Press. Madison.
- Hein, G. 1953. Über *Euglena mutabilis* und ihr Verhalten zu sauren Medien. *Archiv für Hydrobiologie* 47: 516-525.
- Huber-Pestalozzi, G. 1955. *Euglenophyceen*. Das Phytoplankton des Süßwassers 16: 4. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- Kolkwitz, R. & Marsson, M. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der deutsche Botanische Gesellschaft* 26A: 505-519.
- Kolkwitz, R. & Marsson, M. 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 2: 126-152.
- Llimona, X. & al. 1985. Plantes inferiors: Euglenofitos. In: Folch i Guillén, R. (coord.), *Historia Natural dels Països Catalans* 4: 112-117. Enciclopèdia Catalana S.A. Barcelona.
- Lund, J.W.G., Kipling, C. & Le Cren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers, and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170.
- Margalef, R. 1948. Materiales para una flora de las algas de agua dulce del NE de España. II. Chrysophyceae, Heterocontae, Dinophyceae, Eugleninae. *Collectanea Botanica* 2: 99-130.
- Margalef, R. 1955. *Los organismos indicadores en la limnología*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Margalef, R. 1956. Materiales para una flora de las algas de agua dulce del NE de España. Suplemento. *Collectanea Botanica* 5: 87-107.
- Margalef, R. 1969. El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos. *Documentos de Investigación Hidrológica* 7: 103-133.
- Ortega-Mayagoitia, E. & Rojo, C. 2000. Fitoplancton del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. II. Las cianofíceas, los dinoflagelados, las criptofíceas, las crisofíceas y las xantofíceas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 57: 251-266.

- Peña, D. 1989. *Estadística. Modelos y métodos. 2. Modelos lineales y series temporales*. 2.<sup>a</sup> edición. Alianza Universidad. Madrid.
- Pochmann, A. 1942. Synopsis der Gattung Phacus. *Archiv für Protistenkunde* 95(2): 6-253.
- Popova, T. 1966. *Euglenophyta. Fac. 1. Gen. Trachelomonas, Strombonas, Eutreptia, Euglena*. Flora Plantarum Cryptogamarum URSS 8. Nauka. Moskva.
- Pringsheim, E.C. 1956. Contributions towards a monograph of the genus *Euglena*. *Nova Acta Leopoldina* 18: 1-168.
- Rasmussen, J., Godbaut, L. & Schallenberg, M. 1989. The humic content of lake waters and its relationship to watershed and lake morphometry. *Limnology and Oceanography* 34: 1336-1343.
- Reynolds, C., Huszar, V., Kruk, C., Nasselli-Flores, L. & Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Ribeiro, M.D., Álvarez Cobelas, M., Riobos, P. & Cirujano, S. 2004. Descomposición de los helófitos en un humedal semiárido hipertrófico. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 61: 53-61.
- Rojo, C. 1996. Apéndice III. Datos de fitoplancton. In: Álvarez Cobelas, M. & Cirujano, S. (eds.), *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*: 327-345. ICONA, Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Rojo, C., Ortega-Mayagoitia, E. & Conforti, V. 1999. Fitoplancton del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. I. Las Euglenófitas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 57: 15-23.
- Rojo, C., Ortega-Mayagoitia, E., Rodrigo, M.A. & Álvarez Cobelas, M. 2000. Phytoplankton structure and dynamics in the semiarid wetland National Park Las Tablas de Daimiel (Spain). *Archiv für Hydrobiologie* 148: 397-419.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 43: 34-62.
- Sánchez Carrillo, S. & Álvarez Cobelas, M. 2001. Nutrient dynamics and eutrophication patterns in a semiarid wetland: the effects of fluctuating hydrology. *Water, Air and Soil Pollution* 131: 97-118.
- Shubert, L.E. (ed.) 1984. *Algae as ecological indicators*. Academic Press. London.
- Sladeček, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Archiv für Hydrobiologie, Beihefte Ergebnisse der Limnologie* 7: 1-218.
- Sladeček, V. & Perman, J. 1978. Saprobic sequence within the genus *Euglena*. *Hydrobiologia* 57: 57-58.
- Sneath, P.H.A. & Sokal, R.R. 1973. *Numerical Taxonomy*. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- Starmach, K. 1983. *Euglenophyta – Eugleniny*. Flora Stodkowodna Polski 3. Polska Akademia Nauk. Warszawa.
- Tell, G. & Conforti, V. 1986. *Euglenophyta pigmentadas de la Argentina*. J. Cramer Verlag. Stuttgart.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology. Lake and rivers ecosystems*. Academic Press. San Diego.
- Wolowski, K. 1998. Taxonomic and environmental studies on Euglenophytes of the Kraków-Częstochowa upland (Southern Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 6 (Supplement): 3-192.
- Wright, J.F., Sutcliffe, D.W. & Furse, M.T. (eds.) 2000. *Assessing the biological quality of fresh waters*. Freshwater Biological Association. Ambleside.
- Zakryś, B. & Walne P.L. 1994. Floristic, taxonomic and phyto-geographic studies of green Euglenophyta from the Southeastern United States, with emphasis on new and rare species. *Archiv für Hydrobiologie, Algologische Studien* 72: 71-114.
- Zakryś, B., Cambra, J. & Walne, P.L. 2001. Chloroplast ultrastructure of *Euglena cuneata* Pringsheim, E. deses Ehrenberg and *E. mutabilis* Schmitz (Euglenophyceae): taxonomic significance. *Acta Protozoologica* 40: 161-167.

Editor asociado: S. Cirujano

Recibido: 16-III-2005

Aceptado: 29-VIII-2005