

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Facultad de Ciencias
Departamento de Botánica



Estudios taxonómicos en algas verdes cocales
del sur de España

Tesis Doctoral

Ingrid Fanés Treviño
Granada, 2008

Durante el tiempo de realización de esta Tesis Doctoral, la autora ha disfrutado de una Beca del Programa de Formación de Profesorado Universitario del Ministerio de Educación y Ciencia, desde febrero de 2004 hasta enero de 2008.

Los trabajos de esta Tesis Doctoral han sido financiados, en parte, por los proyectos:

- Flora Ficológica de Andalucía de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía
- Proyecto CICYT CICYT REN 2002-04397-C03-01/GLO.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mis padres haberme apoyado siempre, incluso cuando decidí meterme en el loco mundo de la biología, y a toda mi familia, que aunque lejos, siempre está presente.

Agradezco a mis dos directores, Pedro y Augusto, por enseñarme todo lo que sé y todo lo que me queda por aprender en el mundo de la investigación en general, y de la ficología en particular. Pedro me ha enseñado a emocionarme investigando, a descubrir que es posible mantener la ilusión. Augusto, especialista en Chlorococcales y generalista en... (ya tú sabes), fue como un padre para mí en mi estancia en Cuba y, si como él dice, nuestras almas tienen muchas vidas, me gustaría encontrarme con la suya también en la siguiente.

Agradezco a la Confederación del Guadalquivir su colaboración, y a María Altamirano por proporcionarnos el cultivo de *Kirchneriella*. A Carmen Pérez por sus consejos y su ayuda con los datos. A Conchi, Alicia y David, de Servicios Técnicos, por su ayuda con la microscopía electrónica.

También quiero dar las gracias a todos los botánicos del departamento, que han hecho que me sienta como en casa, especialmente a los excursionistas, encabezados por Diego (qué haríamos sin ti), Conchi (te echamos de menos), Paqui (la alegría del laboratorio), Víctor (el muyayo de la genética) y por supuesto a David, que ha sido un gran apoyo y ha sufrido el día a día de este trabajo. A Irene y a Iara, por los buenos ratos que hemos pasado en el laboratorio.

A todos mis amigos cubanos que me acogieron con los brazos abiertos durante mi estancia en Cienfuegos, especialmente a Karel, que me enseñó la verdadera Cuba.

A mi tía Rocío, por sus buenos consejos; a Pipo por sus clases magistrales; a Fran que trató de ayudarme con las "máquinas del infierno".

A Yaiza tengo tanto que agradecerle que mejor voy a visitarla y se lo digo ante una "servisita danesa".

Y, fuera del trabajo, tengo que agradecer a todos los que me han aguantado estos años. Empezando por Rafa que, a pesar de mis momentos insoportables, siempre ha estado ahí con su mejor sonrisa. A la peña Sabanilla, porque sin ellos probablemente esta tesis sería mejor, pero mi vida sería mucho más aburrida. Al hombre de cristal, por millones de momentos y sobre todo por tener a Rafa entretenido, a Carlota, por su risa que tanto se echa en falta, al Rubio, el hombre tranquilo que me hará de oro (si llega a tiempo...), y a Peque, mi consejera casi doctora.

Al teatro y los teatreros, que me han proporcionado una vía de desahogo sin la que me hubiera vuelto loca con esto.

Probablemente se me olvida alguien, así que agradezco a todos los que de alguna manera me han ayudado, con la tesis y a pesar de ella.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES.....	1
2. CONCEPTO DE CHLOROCOCCALES	12
<i>Morfología</i>	<i>12</i>
<i>Reproducción</i>	<i>17</i>
<i>Ecología y distribución.....</i>	<i>19</i>
3. LAS CHLOROCOCCALES EN ESPAÑA	23
4. IMPORTANCIA DE LAS CHLOROCOCCALES.....	25
II. OBJETIVOS	27
III. ESTUDIO TAXONÓMICO	29
1. ÁREA DE ESTUDIO	29
1.1. LAGUNAS.....	29
1.2. EMBALSES	40
<i>Embalse de Canales.....</i>	<i>46</i>
<i>Embalse de Los Hurones</i>	<i>47</i>
<i>Embalse de Iznájar.....</i>	<i>47</i>
<i>Otros embalses</i>	<i>48</i>
2. METODOLOGÍA	51
2.1. RECOLECCIÓN, FIJACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	51
2.1.1. Lagunas.....	51
2.1.2. Embalses	51
2.2. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y CUANTIFICACIÓN	52
2.2.1. Identificación	52
2.2.2. Cuantificación.....	52
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1. ESTUDIO TAXONÓMICO.....	55
3.1.1. Clasificación utilizada	55

3.1.2. Estructura del catálogo	59
3.1.3. Catálogo florístico.....	60
Familia Palmellaceae	60
Familia Characiaceae	64
Familia Treubariaceae.....	72
Familia Golenkiniaceae.....	74
Familia Hydrodictyaceae	77
Familia Micractiniaceae	87
Familia Botryococcaceae	92
Familia Radiococcaceae.....	115
Familia Oocystaceae	120
Familia Chlorellaceae	141
Familia Scenedesmaceae.....	164
3.2. EVOLUCIÓN ANUAL DE LAS CHLOROROCCELES EN TRES	
EMBALSES CON DIFERENTE GRADO DE MINERALIZACIÓN	223
3.2.1. Mineralización y nivel trófico.....	224
3.2.2. Embalse de Canales.....	227
3.2.3. Embalse de Los Hurones	230
3.2.4. Embalse de Iznájar.....	233
3.2.5. Consideraciones sobre la estacionalidad de las algas verdes cocales	236
3.2.6. Algas verdes cocales y grupos funcionales	237
IV. ESTUDIOS EXPERIMENTALES	241
1. VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE <i>KIRCHNERIELLA SUBCAPITATA</i>	
(SELENASTRACEAE) BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE CULTIVO.....	243
1.1. INTRODUCCIÓN.....	243
1.2. MATERIAL Y MÉTODOS	246
Experimentos de variabilidad	248
Microscopía óptica	248
Microscopía electrónica.....	249
1.3. RESULTADOS	251
Variabilidad morfológica	251
Crecimiento y tipos celulares.....	254
Ultraestructura	258
1.4. DISCUSIÓN.....	260

Consideraciones taxonómicas	260
Variabilidad celular de <i>K. subcapitata</i>	262
La envoltura mucilaginosa	263
2. ESTUDIO DE UNA POBLACIÓN DE VIDA LIBRE DE <i>TREBOUXIA</i> CF.	
<i>GIGANTEA</i> (TREBOUXIOPHYCEAE) FORMADORA DE NIEVE ROJA	267
2.1. INTRODUCCIÓN.....	267
2.2. MATERIAL Y MÉTODOS	268
Microscopía electrónica de transmisión (MET)	269
2.3. RESULTADOS	271
Caracterización morfológica de las células vegetativas	271
Reproducción asexual: aplanósporas y autósporas	274
Quistes asexuales	276
Ultraestructura	276
2.4. DISCUSIÓN.....	278
Ubicación taxonómica	278
Ultraestructura	280
Una especie de <i>Trebouxia</i> de vida libre	281
Quistes de <i>Trebouxia</i> cf. <i>gigantea</i>	282
V. CONCLUSIONES	283
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	287
ÍNDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS.....	323

I. INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

Dentro de las Chlorococcales tradicionalmente se incluían todas las algas verdes cocales (inmóviles en su estado vegetativo), unicelulares o coloniales, que se reproducían por zoósporas, aplanósporas o autósporas. De los tipos de algas verdes más complejas, filamentosos, se distinguían sobre todo por su nivel de organización unicelular y mediante la forma de reproducción, es decir, mediante la producción de 2ⁿ células hijas de formación endógena (zoósporas, hemizoósporas, aplanósporas, autósporas). Se trataba de un grupo basado en los estudios tradicionales sobre la morfología.

La sistemática clásica en las Chlorococcales

Aunque el nombre Chlorococcales fue propuesto por Marchand (1895), a estas algas se las conocía como Protococcales Wille 1897, a pesar de que *Protococcus* Agardh fue excluido del orden (Pascher, 1915). No fue hasta West & Fritsch (1927) cuando el nombre Chlorococcales fue de amplia aplicación. El primero en establecer el contenido del orden Chlorococcales (Protococcales) fue Wille en 1897, en el que incluía seis familias: Volvocaceae, Tetrastromatales, Chlorosphaeraceae, Protococcaceae, Pleurococcaceae e Hydrodictyaceae. Más adelante él mismo corrigió su propio sistema (Wille, 1909), ampliando el número de familias a diez, entre las que ya aparecen algunas de las actuales, como las Hydrodictyaceae (ya en 1897), Botryococcaceae, Oocystaceae y Coelastraceae, aunque su concepto, y por tanto su contenido, ha variado.

Otra modificación y precisión de este sistema la llevó a cabo Brunthaler (1915), quien aceptó otras familias como las Characiaceae,

Chlorellaceae y Scenedesmaceae. Al mismo tiempo dividió todo el orden en dos grandes grupos, basándose en el modo de reproducción: separó los que se reproducían por zoósporas (Zoosporinae) de los que lo hacían por autósporas (Autosporinae).

En un primer momento, las Chlorococcales fueron unidas con las algas Tetrasporales, pero estas últimas se consideraron ya un orden independiente, que fue definido por primera vez por Pascher (1915). Existen a su vez grupos de géneros que pueden ser considerados como transiciones entre las algas Chlorococcales y los tipos filamentosos. El rasgo característico más importante en la evolución de las algas verdes avanzadas es la formación endógena de células reproductoras; pero entre la formación de autósporas y la partición celular en algas tricales hay asimismo transiciones, donde a veces es difícil diferenciar si se trata aún de formación de dos autósporas o ya de una partición de la célula en dos mitades, que es típico de las algas filamentosas (*Koliella*, *Elakatothrix*, Chlorosarcinoideae, etc.). Por todo ello, las Chlorococcales se han considerado un grupo intermedio entre las Tetrasporales y las Ulothricales. No obstante, fueron relativamente bien delimitadas y, con excepción de los citados grupos de transición, fueron consideradas como un grupo unitario definido.

El nombre Chlorococcales Marchand 1895 orth. mut., tuvo que ser usado a partir de 1915 para este orden con organización cocal, de acuerdo con el código de nomenclatura, porque el género *Protococcus* fue transferido por Pascher a las algas filamentosas.

Pascher (1931) contribuyó también a la ordenación de los tipos de organización flagelada, tetrasporal, cocal y trical de los talos algales con la elaboración de su sistema de evolución de las algas verdes, en que diferenciaba: Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales, Ulothricales, Siphonocladales y Siphonales, y que permaneció vigente mucho tiempo.

Incluso cuando los componentes del orden Chlorococcales desde 1915 no se modificó mucho más hasta la aparición de las técnicas más avanzadas, este sistema era hasta entonces artificial y se produjeron, por

tanto, numerosas modificaciones y precisiones en su ordenación interna según distintos autores. Hubo desde 1915 diversas tendencias para clasificar estas algas. Geitler (1924) consideró como criterio básico la forma de división de la célula en la reproducción, si era gradual o simultánea. Fritsch (1935) tuvo en cuenta diversos caracteres: hábitat, hábito, cloroplasto, modo de reproducción, etc. Tilden (1935) dio importancia al carácter cenocítico o uninucleado de la célula. Koršikov (1926, 1953) separó el gran orden Protococcineae en dos series: Vacuolales y Protococcales, utilizando la presencia o ausencia de vacuolas contráctiles. Otros autores, siguiendo las modificaciones de Wille (1897, 1909), Brunthaler (1915), Fritsch (1935) o Koršikov (1953), contribuyeron también en la filogenia de las diferentes familias y géneros del grupo.

Más adelante, en algunos géneros se descubrió reproducción sexual, e incluso reproducción por zoósporas en géneros que también se reproducían por autósporas. Algunos géneros fueron transferidos a otros órdenes o incluso a la clase Xanthophyceae, caso de *Dichotomococcus* (Fott & Komárek, 1960), que luego volvió a considerarse Chlorococcal por su contenido en clorofila b (Hindák, 1978), y algunas especies de *Tetraedron* (Skuja, 1948, 1949). Con otros ha sucedido lo contrario, han sido incluidos en el orden Chlorococcales (*Botryococcus*) (Blackburn, 1936; Belcher & Fogg, 1955) tras haber pertenecido a otros. Sin embargo, muchos autores siguieron considerando importante la reproducción por zoósporas o autósporas, a pesar de haber sido demostrado que algunas especies podían hacerlo de ambos modos según las condiciones ambientales.

Bourrelly (1966), en su sinopsis de los géneros descritos, mencionó el probable polifiletismo de las Chlorococcales y las describió como un grupo artificial con similitudes únicamente morfológicas. Philipose (1967) elaboró un resumen general de todas estas importantes modificaciones y la evolución de la taxonomía de este orden, considerando 14 familias en total.

Fueron escritas diversas monografías sobre géneros concretos, como las de Reháková (1969) sobre *Oocystis*; Komárková-Legnerová (1969) sobre *Ankistrodesmus* y *Monoraphidium*, entre otras.

Aportación de los estudios citológicos a la sistemática de las Chlorococcales

Ya en los años 70, Stewart & Mattox (1975) se basaron en la ultraestructura de las células móviles (inserción flagelar) y en la configuración mitótica a nivel de la telofase para reclasificar las algas verdes. En algunos años se ampliaron extraordinariamente los conocimientos sobre las algas Chlorococcales, gracias a los avances en las técnicas de microscopía electrónica. Los estudios se centraron sobre todo en la ultraestructura del cloroplasto, el pirenoide y la pared celular. Fueron en especial la introducción de la microscopía electrónica y la publicación de numerosos trabajos bioquímicos los que modificaron muy esencialmente las ideas sobre las dependencias mutuas entre los géneros aislados y grupos de algas verdes cocales.

A nivel de grupo completo, fueron Komárek & Fott (1983) quienes elaboraron una primera monografía a nivel mundial, uniendo los criterios morfológicos con los resultados más modernos obtenidos hasta entonces. En ese trabajo mantuvieron la concepción fundamental como la definieron Wille (1909), Brunthaler (1915), Printz (1927) y Bourrelly (1966). En su sistema están incluidas provisionalmente las Spongiococcoideae, Chlorosarcinoideae y Glaucocystoideae, aunque ellos mismos reconocieron que pertenecen a otros grupos de algas.

Estos autores también eran conscientes de la heterogeneidad y polifiletismo de las Chlorococcales y predecían que en el futuro deberían separarse en líneas aisladas, en base a criterios como la ultraestructura de la pared celular, el tipo de reproducción, el tipo celular uninucleado o

cenocítico, etc. (Ettl, 1980; Ettl & Komárek, 1982). Ya avanzaban que la familia Chlorococcaceae, con el género tipo *Chlorococcum*, representaba una línea relativamente aislada de las algas verdes cocales, que se reproducía con zoósporas del tipo *Chlamydomonas*, por lo que correspondería una separación de este grupo en un orden independiente y la ordenación de la mayoría del resto de las Chlorococcales s.l. en otro orden, Chlorellales Bold & Wynne (1978).

Hindák también contribuyó de forma notable al estudio de los géneros de este grupo (1977, 1980, 1984, 1988, 1990). Comas (1996) sintetiza sus conocimientos sobre las especies tropicales en una monografía de las Chlorococcales presentes en Cuba.

Mediante la utilización de la microscopía electrónica, estudios bioquímicos, fisiológicos y ecológicos, se ha confirmado ya que el grupo de las Chlorococcales no es monofilético, sino que presenta distintas líneas evolutivas (Ettl, 1981; Rogers et al., 1980; Ettl & Komárek, 1982; Mattox & Stewart, 1984; Komárek, 1987). A partir de estos criterios se crearon varios órdenes: Chlorococcales s.str., que se reproducen por zoósporas de tipo *Chlamydomonas*; Protosiphonales, con reproducción por zoósporas tipo *Dunaliella* y con células multinucleadas; Chlorellales, con reproducción exclusivamente por autósporas; y Chlorokybales, con reproducción por zoósporas con flagelos semejantes a las Charophyceae y con hábito sarcinoide.

Mattox & Stewart (1984) proponen una nueva clasificación de las algas verdes en base a procesos mitóticos y a las características de los componentes del aparato flagelar, ambas cosas según ellos altamente conservadas y que parecen reflejar las relaciones filogenéticas (O'Kelly & Floyd, 1984). Proponen 5 clases: Micromonadophyceae, Charophyceae, Ulvophyceae, Chlorophyceae y Pleurastrophyceae. Aunque muchos autores no han estado de acuerdo con los nombres de familias y clases (Melkonian, 1990), los conceptos de Mattox & Stewart (1984) sentaron gran parte de la

base para la sistemática moderna de las algas verdes (Watanabe & Floyd, 1996).

Durante los años 90, una parte de las antiguas Chlorococcales pasan a formar parte del orden Microthamniales (Melkonian, 1990) y se enmienda el orden Sphaeropleales (Deason et al., 1991), que comprende clorófitos unicelulares, filamentosos o cenobiales que producen células móviles biflageladas con cuerpos basales directamente opuestos.

Investigaciones ultraestructurales de los estadios móviles de las Chlorococcales muestran tres tipos distintos de orientación del aparato flagelar (configuración absoluta): sentido antihorario (CCW), directamente opuestos (DO) y sentido horario (CW), dando argumentos para la existencia de linajes polifiléticos dentro de este grupo (Watanabe & Floyd, 1992; Floyd et al., 1993).

La aportación de la biología molecular a la clasificación de las Chlorococcales

Lewis et al. (1992) realizan un estudio de secuencias génicas de rRNA de algunas Chlorococcales zoosporógenas para determinar si los resultados de los análisis moleculares confirman los obtenidos en base a la ultraestructura de las células móviles, o si por el contrario validan la clasificación por la morfología de las células vegetativas. En ese trabajo comprueban que hay concordancia de los datos ultraestructurales de las células móviles con los de rRNA, por lo que concluyen que las similitudes en la morfología celular resultan de una convergencia evolutiva. En vista de estas conclusiones, Wilcox et al. (1992) analizan las secuencias de rRNA de Chlorococcales autosporógenas, de las que evidentemente no se puede examinar el aparato flagelar, para tratar de relacionarlas con los grupos de zoosporógenas. Las especies autosporógenas también resultan ser no monofiléticas y comprenden especies que se unen a Sphaeropleales (con

cuerpos basales directamente opuestos, DO) y otras a Pleurostrophyceae (con cuerpos basales dispuestos en sentido antihorario, CCW). Estos resultados son también confirmados por Steinkötter et al. (1994).

En esos años, por tanto, la genética molecular confirma parte de la clasificación de Mattox & Stewart (Melkonian & Surek, 1995; Friedl, 1997) y a partir de ese momento, se inicia una revolución en la sistemática, y se empieza a usar la secuencia de ADN ribosómico. Sobre todo se analiza la secuencia de la subunidad pequeña del ribosoma (18S), y más tarde también se incluyen la de la subunidad grande (26S) (Friedl & Rokitta, 1997; Buchheim et al., 2001) y del espaciador ITS-2, esta última, al ser más variable, para establecer la filogenia a niveles inferiores como género y especie (An et al., 1999; Krienitz et al., 2004, etc.).

Friedl (1995) eleva el orden Microthamniales a la nueva clase Trebouxiophyceae. Anteriormente se habían incluido en la clase Pleurostrophyceae (Mattox & Stewart, 1984), pero esta última resulta no ser monofilética (Steinkötter et al., 1994; Friedl & Zeltner, 1994). Otra parte del grupo se mantiene en la clase Chlorophyceae, separada en dos órdenes: Chlorococcales s.str. y Sphaeropleales. El primero lo forman géneros que se reproducen por zoósporas con aparato flagelar CW (únicamente incluye el género *Chlorococcum* y muy pocos más) y se halla aún en fase de revisión, ya que aparece en los análisis moleculares entremezclado con Chlamydomonadales, Dunaliellales, Tetrasporales y Volvocales. Y dentro del segundo orden se hallan las antiguas Chlorococcales que se reproducen por zoósporas con configuración DO (Deason et al. 1991), distribuidas en las familias: Hydrodictyaceae, Sphaeropleaceae y Neochloridaceae, y su validez filogenética ha sido confirmada por estudios de ADN (Wilcox et al., 1992; Lewis et al., 1992; Buchheim et al., 2001). En trabajos posteriores se añaden también al orden Sphaeropleales familias exclusivamente autospóricas en base a los resultados genéticos: Scenedesmaceae y Selenastraceae (Wilcox et al., 1992; Buchheim et al., 2001; Krienitz et al., 2003).

En los últimos años, se han realizado estudios moleculares a nivel de las diferentes familias que tradicionalmente formaban parte de las Chlorococcales. Así, en algunas de ellas se determina su validez como grupo natural (monofilético) y en otras se pone de manifiesto la necesidad de ser modificadas, por resultar agrupaciones artificiales. Hepperle et al. (2000) se dedican a la familia Oocystaceae, cuyo carácter distintivo es la pared celular con varias capas de celulosa, y a la que incluyen en la clase Trebouxiophyceae. Krienitz et al. (2001) se centran en las Selenastraceae, demostrando que son un grupo monofilético, aunque muchos de los criterios morfológicos usados hasta entonces para determinar sus géneros no reflejan las relaciones filogenéticas. Wolf et al. (2002a) investigan las Sphaeropleaceae, situándolas en la base del orden Sphaeropleales. Por otro lado, Buchheim et al. (2005) analizan las Hydrodictyaceae, que son un grupo monofilético cercano a las Neochloridaceae, pero alguno de sus géneros ha resultado ser artificial.

La Tabla 1 muestra los sistemas más importantes usados para las algas verdes cocales.

En cuanto a niveles inferiores de la sistemática, en el caso de algas verdes cocales hubo en una época una marcada tendencia a la formación de pequeños géneros (Hindák, 1977, 1980, 1984, 1988, 1990). Esto se dio, entre otras cosas, por tratarse de un grupo filogenéticamente heterogéneo y relativamente activo. El concepto de pequeños o grandes géneros debería reflejar la actividad filogenética de los grupos aislados (Komárek & Fott, 1983). Recientemente, gracias a los estudios moleculares, en algunos grupos, como por ejemplo en las Selenastraceae (Krienitz et al., 2001), se ha visto la necesidad de volver a la concepción de grandes géneros.

Evidentemente, no todos los rasgos morfológicos nos ofrecen el mismo valor taxonómico, y esto provoca que, según los caracteres que cada autor selecciona como válidos, las concepciones de los géneros y especies varíen, de modo que el sistema se vuelve subjetivo y se crea una gran confusión. Según Komárek & Fott (1983), es valioso taxonómicamente cada

rasgo que nos pone en condiciones de diferenciar unívocamente en un caso concreto dos taxa independientes. Pero un mismo carácter taxonómicamente valioso en un grupo de especies puede ser superfluo en otro.

La concepción de las especies y de los taxa subespecíficos presenta también problemas, debido a la disparidad de criterios taxonómicos utilizados por los diferentes autores. Una heterogeneidad especialmente grande la encontramos en las definiciones de taxa subespecíficos. Hay que partir del principio que cada taxon tiene que ser ordenado sobre rasgos constantes, que genéticamente son fijados y que en las generaciones siguientes se repiten. Entre rasgos que determinan taxa subespecíficos pueden existir formas de transición, pero tales taxa deben ser definibles y estables. Resultaría perjudicial para la taxonomía considerar todas las modificaciones morfológicas o fisiológicas de carácter transitorio, provocadas mediante factores externos, o incluso anomalías, como taxa independientes (variedades, formas) y designarlos con nuevos nombres.

En la taxonomía de las algas Chlorococcales son usadas en general arbitrariamente dos categorías subespecíficas, las variedades y formas. Según Komárek & Fott (1983) en la categoría de la variedad, a la diferencia morfológica debe unirse una diferente ecología.

En este trabajo, tomamos en consideración las diferentes variedades porque pensamos que nos aportan información que no debería perderse, sobre todo para comprender la ecología de las especies. Si bien sólo indicamos las que realmente pueden diferenciarse y se corresponden con variedades ya descritas en la literatura. No estamos en condiciones de definir nuevas variedades, teniendo en cuenta que están por resolver problemas de sistemática a niveles superiores, y sólo sería una forma de introducir confusión en el sistema. Sin embargo, las posibles características que diferencian a nuestras poblaciones de las descritas por otros autores son comentadas.

Tenemos que tener en cuenta, además, que en la taxonomía de las algas Chlorococcales una serie de cuestiones nomenclaturales permanece sin resolver. Esta problemática continuará durante algún tiempo aún, junto con otras numerosas dudas en la taxonomía de estas algas. Nos encontramos en un periodo de transición en la taxonomía de las algas verdes cicales, y hacen falta muchos estudios a nivel molecular de las especies y géneros tipo de cada familia para poder realizar los cambios nomenclaturales y sistemáticos oportunos. Igualmente son necesarios estudios sobre la variabilidad morfológica de las especies que nos marquen sus límites morfológicos y nos ayuden a comprender su distribución y ecología.

Tabla 1. Clasificaciones de las algas verdes cocales según distintos autores.

WILLE 1897	BRUNNTHALER 1915	KOMÁREK & FOTT 1983	KRIENTZ et al. 2003
F. Volvocaceae	Ser. I - ZOOSPORINAE	O. CHLOROCOCCALES	CL. CHLOROPHYCEAE
F. Tetrasporaceae	F. Protococcaceae	F. Chlorococcaceae	O. CHLOROCOCCALES
F. Chlorosphaeraceae	F. Characiaceae	F. Palmellaceae	O. SPHAEROPLEALES
F. Protococcaceae	F. Protosiphonaceae	F. Chlorochytriaceae	F. Sphaeropleaceae
F. Pleurococcaceae	F. Hydrodictyaceae	F. Dicranochaetaceae	F. Hydrodictyaceae
F. Hydrodictyaceae	Ser. II – AUTOSPORINAE	F. Characiaceae	F. Neochloridaceae
	F. Eremosphaeraceae	F. Treubariaceae	F. Selenastraceae
	F. Chlorellaceae	F. Golenkiniaceae	F. Scenedesmaceae
	F. Oocystaceae	F. Hydrodictyaceae	CL. TREBOUXIOPHYCEAE
	F. Scenedesmaceae	F. Micractiniaceae	O. TREBOUXIALES
	F. Coelastraceae	F. Botryococcaceae	O. CHLORELLALES
		F. Radiococcaceae	F. Chlorellaceae
		F. Oocystaceae	F. Oocystaceae
		F. Chlorellaceae	
		F. Coelastraceae	
		F. Scenedesmaceae	

2. CONCEPTO DE CHLOROCOCALES

En este trabajo hemos estudiado muestras naturales a nivel de microscopía óptica, por lo que seguimos el concepto morfológico de Chlorococcales, considerando todas las algas unicelulares de organización cocal con formación de esporas endógenas. Aún así, hay que destacar que se trata de un grupo artificial en cuanto a filogenia se refiere. Somos conscientes de la tendencia actual a la definición de grupos monofiléticos en base a estudios moleculares, pero lamentablemente los resultados obtenidos hasta este momento no aclaran todavía una clasificación de la totalidad de estas algas.

MORFOLOGÍA

La estructura fundamental de las células de las algas Chlorococcales es relativamente uniforme. Su condición unicelular se mantiene durante todo su ciclo de vida, es decir, sin manifestar complejidades morfológicas que correspondan con otro nivel de organización. Sólo las células reproductoras, en particular las zoósporas, se distinguen de las células vegetativas en la estructura, y en algunos tipos cenobiales encontramos distinción entre las células centrales y las marginales. Pero también en estos casos todas las células hijas poseen el mismo diseño genético y su forma definitiva será determinada al principio mediante su disposición en el cenobio (*Pediastrum*, *Scenedesmus*).

Las células de las algas Chlorococcales poseen una pared celular compacta y su protoplasto contiene uno o varios cloroplastos, un núcleo, vacuolas de secreción y sustancias de reserva (gránulos de almidón o gotitas de aceite). Algunas especies son características por la acumulación de carotenoides secundarios, en particular en células viejas. En algunos géneros y especies hay un pirenóide incluido en el cloroplasto.

Las paredes celulares se componen en su mayor parte de celulosa. Esta pared puede presentar diferentes modificaciones estructurales que se corresponden con diferentes grupos que han seguido líneas evolutivas distintas y permiten el establecimiento de categorías taxonómicas que van desde especies hasta niveles supragenéricos. En la construcción de la capa externa o capas externas intervienen en algunos grupos también otros componentes (pectinas, esporopolenina), la disposición de los cuales puede estar modificada de distinta forma. La capa de celulosa interviene parcial o totalmente (*Chlorella*, *Scenedesmus*) en la estructura de las células hijas de formación endógena. Las capas externas de la pared celular no intervienen en el proceso de reproducción y durante la formación de las células hijas se rompen o se gelatinizan. En algunos grupos con paredes celulares de varias capas (Chlorochytriaceae, Oocystaceae) se forman en determinados lugares de la célula característicos engrosamientos con marcada estratificación.

La estructura de las paredes celulares fue descrita por Schnepf et al. (1966), Robinson & White (1972), Kalina & Puncocharova (1977), Quader et al. (1978), entre otros. En las Chlorellaceae, Coelastraceae, y Scenedesmaceae se disponen varias capas de esporopolenina, un carotenoide polimérico muy resistente químicamente, sobre la capa interna de celulosa (Atkinson et al. 1972; An et al., 1999). La capa más externa en algunos géneros está ornamentada (*Tetrastrum*, *Desmodesmus*) y forma sobre la superficie de la pared celular espinas, costillas, verrugas, rosetas y redes de distinta forma. Las modificaciones de estas ornamentaciones son probablemente características de cada género. Algunas veces la superficie de la pared celular presenta incrustaciones granulosas o acostilladas, pardo oscuras, compuestas fundamentalmente de óxido de hierro o de manganeso, distribuidas por toda la superficie celular o localizadas en determinados sitios de ésta (*Siderocelis*, *Amphikrikos*, entre otros). La estructura de la pared celular, especialmente, la presencia de capas de esporopolenina y las diversas ornamentaciones constituyen caracteres taxonómicos y evolutivos muy importantes. En el caso de las Scenedesmaceae, por ejemplo, este carácter, junto con datos moleculares

(An et al., 1999), ha permitido separar los géneros *Scenedesmus* (con tres capas de esporopolenina) y *Desmodesmus* (con cuatro capas de esporopolenina).

Hasta los cambios recientes de la sistemática dados por los resultados genéticos, se consideraba como importante carácter taxonómico el modo de liberación de las células hijas, consecuencia de la estructura y composición de la pared celular. Por lo general esto ocurre por rompimiento de la pared (organismos con esporopolenina) o por gelatinización de ésta (mayormente organismos con paredes compuestas por capas de celulosa). Naturalmente pueden combinarse también ambos procedimientos. La localización de la ruptura de la pared, así como la forma y número de fragmentos constituía en muchos casos un buen carácter genérico. En algunos géneros estos restos pueden permanecer incluso dentro de la envoltura mucilaginoso colonial (*Coenochloris*, *Hindakochloris*), o gelatinizarse totalmente (*Eutetramorus*). Existen casos peculiares de la gelatinización de la pared, como en las Botryococcaceae, donde los restos de las paredes se modifican en forma de hebras ramificadas (*Dictyosphaerium*) o formando un sistema de túmulos densamente apretados más o menos radialmente (*Botryococcus*).

Muchas Chlorococcales están envueltas por un mucílago, que puede ser delicuescente o con cierta consistencia, homogéneo o estratificado. En algunos géneros se forman colonias mucosas macroscópicas, que nadan en el agua o se fijan al sustrato (*Sphaerocystis*, *Coccomyxa*, *Selenoderma*, entre otros). La formación de envolturas mucosas depende en parte de las condiciones externas (Ferroni et al., 2007). A pesar de ello, tradicionalmente se ha atribuido importante valor taxonómico a la capacidad de formar envolturas o pedúnculos mucosos y a su tipo de estructura. La presencia de mucílago ha servido como carácter taxonómico para separar diferentes géneros, por ejemplo en las Selenastraceae (Ankistrodesmoideae). Los datos moleculares muestran que este rasgo no refleja las relaciones filogenéticas y, por tanto, no debería tener validez taxonómica. Sin

embargo, la presencia o ausencia de mucílago, considerada como una respuesta frente a un determinado ambiente, puede darnos información ecológica si determinamos en qué condiciones se forma, por lo que es importante continuar teniéndolo en cuenta.

En el interior de la célula aparecen de uno hasta numerosos cloroplastos que poseen la misma ultraestructura y contiene los mismos pigmentos que en las demás algas verdes. En contraposición a los plastos de plantas superiores, no se encuentran en el cloroplasto los típicos grana desarrollados y los tilacoides están almacenados en su mayoría en paralelo, con más o menos 7-10 nm de grosor y a veces asociados en pequeños grupos. Un caso bastante excepcional es el observado por diferentes autores (Peveling, 1969; Ellis & Brown, 1972) en las especies de *Trebouxia*, donde los tilacoides se apilan en grupos de considerables dimensiones, de manera similar a los grana de plantas superiores. Los cloroplastos poseen diferentes formas, importantes también desde el punto de vista taxonómico. Por su localización dentro de la célula pueden ser: centrales (axiales) o parietales, también con modificaciones intermedias desde compactos hasta perforados (espongiformes).

En los cloroplastos pueden aparecer orgánulos más o menos refringentes, mayormente esféricos: los pirenoides, constituidos fundamentalmente por proteínas, pudiendo estar rodeados o no de almidón. La matriz del pirenoide puede encontrarse atravesada por tilacoides, cuyo grado de desarrollo producirá una diferente morfología. En algunos casos estos pirenoides son evidentes, en otros, se requiere la aplicación de tinciones o de exploraciones al microscopio electrónico (Eloranta, 1979; Krienitz et al., 1983). La potencialidad genética de presentar pirenoides ha sido considerada un carácter taxonómico, pero desgraciadamente con diferente peso. Hay una serie de especies paralelas descritas que no se diferencian ni ecológicamente ni en otros rasgos morfológicos, a excepción de la presencia o ausencia de pirenoide, como son *Tetrastrum triangulare* y *Tetrastrum komarekii*, los géneros *Monoraphidium* y *Chlorolobion*, etc.

Los productos de asimilación son principalmente almidón y en algunos casos aceite. En especies con pirenoides el almidón puede aparecer alrededor de éstos en forma de envoltura, o el pirenoide puede presentarse totalmente desprovisto de almidón (pirenoides desnudos). Cuando no existe almidón pirenoidal, éste se encuentra entre los tilacoides. El aceite en forma de diminutas gotas se encuentra disperso por el citoplasma.

El núcleo es igual que los de todas las otras algas verdes y también plantas superiores. Está situado en el centro o excéntrico en la célula. Está también cubierto por otros orgánulos celulares o sustancias de reserva y por lo tanto sólo raramente se ve al microscopio óptico, mientras no esté teñido. Células de algunos géneros de algas Chlorococcales contienen también en estado vegetativo varios núcleos (células cenocíticas) (Ettl 1980) y representan quizás una línea evolutiva independiente.

Las vacuolas aparecen generalmente en las células más viejas, en algunos casos tienen su disposición característica en la célula, o su cantidad, como un rasgo taxonómico (*Oocystis*, *Scotiellopsis*, entre otros). Vacuolas contráctiles (pulsátiles) aparecen sólo en zoósporas y de forma transitoria también en células jóvenes de especies zoosporógenas.

En estado vegetativo las células de muchas algas verdes cocales poseen una forma esférica, pero aparecen también células fusiformes, agudamente estiradas en los extremos, espiraladas, tetraédricas e irregulares. En especies epífitas y tipos derivados (Characiaceae, algunas Ankistrodesmoideae) las células poseen una estructura bipolar o heteropolar. La forma celular puede modificarse en un mismo género dentro de límites definidos, según las condiciones externas (variabilidad inducida) y en el transcurso del ciclo ontogenético.

También la forma de las colonias es contemplada como un importante rasgo taxonómico. Algunas de estas colonias presentan formas especiales de desarrollo y con un número determinado de células, los denominados cenobios. Estas algas se reproducen por células hijas endógenas que forman una unión específica, donde todas sus células

pertenecen a una misma generación. El número de células del cenobio, a diferencia de las colonias normales, permanece constante, sin multiplicarse en generaciones sucesivas. Los cenobios hijos, o autocenobios, son en principio idénticos a los progenitores. El ordenamiento de las células en los cenobios está fijado genéticamente; pero el número de células puede variar, dentro de ciertos límites, en una misma especie. En los géneros cenobiales la característica forma de la agrupación de las células es un importante rasgo genérico. En el género *Hydrodictyon* y en algunas especies del género *Pediastrum* las células generan formaciones reticuladas, en la subfamilia Crucigenioideae en forma de círculo plano, las Scenedesmaceae formaciones en hilera, etc.

REPRODUCCIÓN

Para las algas Chlorococcales es característica la reproducción mediante células hijas asexuales diferenciadas endógenamente: zoósporas, hemizoósporas, aplanósporas y autósporas. De la célula madre se liberan mediante desgarro o gelatinización de la pared celular materna. Generalmente un mismo grupo presenta sólo una de estas formas de reproducción asexual, en otras pueden aparecer 2 ó 3 tipos combinados y a veces predomina uno de ellos. A pesar de que algunas especies pueden reproducirse por autósporas o zoósporas según las condiciones ambientales, la tendencia de muchos autores ha sido separar desde el punto de vista taxonómico aquellos organismos con diferentes modos de reproducción (Brunnthaler, 1915; Philipose, 1967).

Las zoósporas con 2-4 flagelos iguales se presentan en dos tipos: uno es idéntico morfológicamente a los flagelados del género *Chlamydomonas*, con pared celular firme (Chlorococcaceae), y el segundo es sin pared celular verdadera y su estructura es igual a los flagelados del tipo *Dunaliella* (Palmellaceae, Chlorochytriaceae, la mayoría de

Characiaceae, Golenkiniaceae, Hydrodictyaceae). El primer grupo presenta el aparato flagelar CW, por lo que se incluye actualmente dentro del orden Chlorococcales s.str., cuyas relaciones filogenéticas aún no están resueltas, y el segundo tiene configuración DO, por lo que se halla en las Sphaeropleales. Esta separación se ha validado más tarde con análisis moleculares (Krienitz et al., 2003), pero ya Ettl (1980) había propuesto que ambos tipos representaban probablemente distintas líneas evolutivas.

Las hemizoósporas, de acuerdo con Ettl (1980), son células endógenas móviles, sin flagelos, pero con otros orgánulos propios de los flagelados como las vacuolas contráctiles y estigmas.

Entre las inmóviles aplanósporas y las autósporas no hay verdaderamente ninguna gran diferencia, especialmente no en células esféricas. Las aplanósporas son diferentes morfológicamente de las células progenitoras, mientras que las autósporas, excepto en sus dimensiones, son semejantes a las células adultas. El número de autósporas es en general inferior al de aplanósporas y zoósporas; a menudo se forman en la célula madre 4 u 8 autósporas, más raramente 2, 16, 32, y excepcionalmente hasta 64 (en algunas especies de la familia Chlorellaceae).

La liberación de estas células reproductoras ocurre en general por rompimiento o gelatinización de la pared celular materna. En especies cenobiales las células hijas crecen juntas en un nuevo cenobio en el interior de la célula madre; un caso particular es el de algunas Hydrodictyaceae, donde las zoósporas (hemizoósporas según Ettl, 1980) se ordenan en un autocenobio dentro de una vesícula, que sale de la célula madre por rompimiento de su pared.

La reproducción sexual, conocida sólo para algunos grupos, ocurre esporádicamente, pudiendo ser no sólo en forma de iso- y anisogamia sino también oogamia. Los cigotos originados se desarrollan en zigósporas inmóviles con una pared celular compacta y alto contenido en sustancias de reserva.

Ante condiciones adversas muchas células vegetativas son capaces de transformarse en células de resistencia o acinetos, con acumulación de sustancias de reserva y rodeadas por una pared gruesa, que luego germinan formando zoósporas o aplanósporas, que a su vez originarán nuevas células vegetativas. También la fragmentación y desintegración de las colonias y cenobios en más pequeños conjuntos o hasta en células aisladas pueden considerarse un modo de reproducción vegetativa que es conocida en casi todas las especies coloniales o cenobiales.

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN

La mayor parte de las algas Chlorococcales está ligada a biótotos de agua dulce, donde se extienden en particular en aguas meso a eutróficas. Sólo algunas se hallan en aguas salobres y muy pocas son marinas. Otras son epibiontes, endobiontes, parásitos obligados, o de biótotos aéreos.

En agua dulce viven en el plancton y en el bentos, pero la mayoría de especies no están totalmente especializadas. Especies planctónicas típicas se encuentran en algunos géneros de la familia Oocystaceae, Botryococcaceae, Micractiniaceae, etc., muchas de ellas pueden crecer en forma masiva y constituir uno de los componentes principales en la producción de biomasa, formando la denominada "coloración de las aguas" (Wasserfärbung). En algunos casos, géneros como *Botryococcus* pueden acompañar también a las "flores de agua" (Wasserblüte), constituidas básicamente por cianobacterias como *Microcystis*.

Un elevado número de algas Chlorococcales pueden ser calificadas como planctónicas facultativas, aunque estas especies a veces formen la mayor parte de la biomasa fitoplanctónica en aguas eutróficas. En este tipo de aguas no sólo podemos encontrar desarrollo masivo de las especies usuales de los géneros *Chlorella* y *Scenedesmus* sino también otras, que no

pertenecen a las más extendidas (*Crucigeniella*, *Monoraphidium*, *Pediastrum*, *Eutetramorus*, y muchas otras).

Este grupo de algas, a pesar de ser heterogéneo desde el punto de vista filogenético, se comporta como una entidad ecológica (Round, 1981). Según Hutchinson (1967), el llamado "plancton chlorococcal" puede aparecer en condiciones de oligotrofia, donde sólo dominan especies de *Oocystis* o bien la especie *Botryococcus braunii*, aunque ésta aparece tanto en aguas oligotróficas de zonas templadas como en aguas de diverso nivel trófico en zonas tropicales y subtropicales. Pero este tipo de plancton se desarrolla más frecuentemente en aguas eutróficas, y raramente encontramos en él la misma composición de especies o incluso la misma especie dominante. Algunas especies están ligadas a aguas de unas características determinadas: aguas ácidas, alcalinas, termales, alpinas, etc.

Existen especies que aparecen en dos biótupos ecológicamente distintos y generalmente también geográficamente alejados. Probablemente se trate de razas geográficas o morfotipos establecidos, y las diferencias se hallen en sus caracteres ecofisiológicos.

Ciertas especies se han adaptado a la movilidad de la columna de agua aun no siendo planctónicas. Se trata de las especies epizoicas sobre el zooplancton (*Korshikoviella*, *Chlorangiella*,...) que, pese a su desarrollo epizoico, explotan las ventajas del medio planctónico (Pérez Martínez et al., 2001).

Una pequeña parte de las especies crece como epífito sobre distintos sustratos sumergidos. A este grupo pertenecen sobre todo las Characiaceae y algunas Ankistrodesmoideae. Algunas especies crecen también sobre sustratos pétreos (*Dendrocystis*, *Ecballocystis*, entre otros).

Las especies zoospóricas endofíticas forman una categoría ecológica particular, viviendo en los espacios intercelulares de los tejidos de plantas acuáticas y terrestres (Chlorochytriaceae); algunos representantes de este grupo son en parte u obligatoriamente parásitos (*Rhodochytrium*). Asimismo

son altamente especializadas las llamadas "zoochlorellas" (la mayoría del género *Chlorella*) que viven endozoicas en las células de algunos flagelados y pólipos del género *Hydra*.

Una serie de especies se han adaptado a los ambientes de interfase aire-agua. En rocas húmedas y rezumantes y en madera húmeda encontramos algunas especies que forman grandes colonias mucilaginosas macroscópicas (*Coccomyxa*, *Gloeocystis*), pero son más las algas Chlorococcales representadas en el suelo. La mayoría de las especies del amplio género *Chlorococcum* y otras representantes de la familia Chlorococcaceae fueron descritas de distintos suelos. Un grupo particular de algas aéreas son las especies que forman asociaciones liquénicas, y que pertenecen en su mayoría a las familias zoospóricas Chlorococcaceae y Palmellaceae (por ejemplo *Trebouxia*, *Myrmecia*). Algunas especies pueden vivir en la nieve, desarrollando la llamada nieve roja (algunas especies de los géneros *Chlorococcum* y *Trebouxia*, por ejemplo).

Sólo un número relativamente pequeño de especies crece en el mar o en agua salobre. Fueron descritas algunas especies marinas de las familias Chlorochytriaceae, Characiaceae, Radiococcaceae, Oocystaceae y Chlorellaceae, particularmente del género *Chlorella*. Sin embargo, la mayoría de ellas requiere una revisión taxonómica y una comparación con las especies de agua dulce de este género. Recientemente se ha descrito, por ejemplo, el género marino *Marinichlorella* Aslam, Shin, Kim, Im et Lee, que es cercano filogenéticamente a *Parachlorella* Krienitz et al. (Aslam et al., 2007). Parece que en algunos mares con poca salinidad viven algunas razas locales particulares (o incluso especies), que se han adaptado secundariamente a partir del biótomo de agua dulce (Komárek & Fott, 1983).

Tradicionalmente las Chlorococcales han sido consideradas como organismos cosmopolitas. En realidad, la mayoría de sus especies presentan esta distribución, sin embargo, de acuerdo con Komárek & Fott (1983) y Comas (1996), un porcentaje relativamente alto de las especies están

limitadas geográficamente, en especial, aquellas que habitan las regiones nórdicas o en los países tropicales.

Como fue discutido por Komárek & Comas (1984), una de las posibles causas que han influido en el criterio del cosmopolitismo de las microalgas, es la aplicación en el trópico de claves de identificación confeccionadas sobre materiales europeos. Muchos taxa diferentes han sido identificados con las especies europeas morfológicamente más relacionadas (Hortobágyi, 1968; Yamagishi, 1975). Por el contrario, otros autores como Turner (1892), Schmidle (1892), Bohlin (1897), Bernard (1908, 1909), Kammerer (1938), etc. describieron numerosos taxa tropicales que posteriormente fueron sinonimizados con las especies europeas más relacionadas. En otros casos, al no existir especies europeas relacionadas, se consideraron como dudosas.

En el caso de España, algunas de las especies se han citado en localidades muy diferentes probablemente por errores en la identificación. Suelen confundirse con otras especies del mismo género o incluso de géneros distintos. Este último caso se ha dado, por ejemplo, en géneros exclusivamente autosporógenos, que se han confundido con la especie *Sphaerocystis schroeteri*, que se reproduce mayormente por zoósporas. Algunas especies que aparecen muy frecuentemente citadas por error son: *Botryococcus braunii*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *D. ehrenbergianum*, *Coelastrum microporum*, en realidad menos frecuentes que otras de estos mismos géneros que no han sido reconocidas.

La distribución de las especies está sujeta a sus necesidades ecológicas. Mediante estudios detallados en cultivos de algunas especies que se suponían cosmopolitas se pone de manifiesto que las especies más usuales a veces tienen exigencias propias limitadas en las condiciones de cultivo (Komárek & Fott, 1983). En la naturaleza, además, las poblaciones están sujetas a un conjunto más amplio de factores externos y la competencia de las especies restantes, por lo que es muy improbable que puedan crecer en cualquier ambiente.

Evidentemente, la información acerca de la distribución geográfica no depende sólo de las condiciones ecofisiológicas, sino también de los conocimientos florísticos que se tengan de cada región. La composición de la flora algal en algunas zonas es prácticamente desconocida, y a medida que se sigan desarrollando las investigaciones algológicas, los areales de las especies se harán más amplios (Comas, 1996). En la opinión de Komárek & Fott (1983), dado que la ecología de especies aisladas y su distribución están todavía poco estudiadas, existe la necesidad de realizar estudios extensos de floras regionales.

3. LAS CHLOROCOCCALES EN ESPAÑA

En nuestro país, en el estudio de las algas ha habido más enfoques ecológicos y fisiológicos que taxonómicos. Se han realizado muchos estudios de los ecosistemas acuáticos continentales, que han tenido sobre todo un enfoque ecológico. En la mayoría de los trabajos limnológicos, si bien se han tenido en cuenta las algas, ha sido como productores primarios, considerándolas en su conjunto, o bien teniendo en cuenta los grandes grupos a los que pertenecían, pero en general no se ha hecho hincapié en la identificación de estos organismos a niveles más concretos. En muchos casos, las publicaciones existentes únicamente proporcionan un listado de las algas halladas, sin descripciones minuciosas ni material gráfico.

Los estudios taxonómicos realizados se han centrado sobre todo en algas macroscópicas o en otros grupos de microalgas como las diatomeas (Linares Cuesta, 2003; Clavero, 2004), y principalmente en ambientes marinos (Rivera González, 2004). Hasta este momento, nadie se ha dedicado específicamente a las algas verdes coccas, tal vez por ser tan heterogéneas y presentar tantos problemas para su identificación: variabilidad, desacuerdo en las clasificaciones, etc.

Existen algunos catálogos de algas que incluyen algunas Chlorococcales, con algunas descripciones y material gráfico, realizados por Margalef (1948a, 1948b, 1951, 1952, 1953, 1955, 1956, 1976a) y por González Guerrero (1941, 1945, 1946, 1947, 1948, 1950, 1955, 1961, 1968) en distintas regiones de España. Sin embargo, este grupo de algas, en la literatura española, aparece sobre todo incluido en simples listados de especies dentro de estudios limnológicos (Allorge, 1928; Gómez de Argüello, 1943; Caballero, 1943, 1951, 1945a, 1945b; Willén, 1960; Muñoz Medina et al., 1974; Cambra, 1991). Esto conlleva que en algunas ocasiones puedan existir errores de identificación que no pueden revisarse.

Se han realizado estudios limnológicos con algunas alusiones a especies de algas verdes cocales en el conjunto de los embalses españoles (Margalef et al., 1976b; Sabater & Nolla, 1991), y en algunas lagunas hipertróficas (Rojo, 1990: laguna El Porcal; Romo, 1991: Albufera de Valencia). Los trabajos publicados por Pérez Baliero et al. (2002) y Comas et al. (2006) sobre las algas del Ebro sí presentan un enfoque más taxonómico.

En Andalucía se han realizado estudios taxonómicos de otros grupos como las diatomeas, tanto en agua dulce (Linares Cuesta, 2003) como marina (Rivera González, 2004), pero son muy pocos los trabajos que incluyen consideraciones taxonómicas de especies de Chlorococcales. Concretamente se han estudiado algunas especies presentes en embalses de Huelva y Sevilla (Toja, 1976, 1980, Toja et al., 1983) las lagunas de Sierra Nevada (Sánchez Castillo, 1986) y en lagunas de las provincias de Almería (Sánchez Castillo, 1982, 1987a), Málaga y Granada (de la Rosa, 1992) e incluso en ambientes acuáticos urbanos (Sánchez Castillo, 1983; Bolívar Galiano, 1994; Peraza Zurita et al., 2002), pero siempre bajo un punto de vista principalmente ecológico.

En estos momentos está en marcha el Proyecto de Flora Ficológica Andaluza, que englobará tanto algas marinas como de agua dulce de esta región, y el de Flora Ibérica de las Algas Continentales, que pretende

elaborar un catálogo de todas las especies de algas presentes en los sistemas acuáticos continentales de la Península Ibérica; en ambos se enmarca el presente trabajo.

4. IMPORTANCIA DE LAS CHLOROCOCCALES

Las algas constituyen el primer nivel trófico en los sistemas acuáticos, del que depende todo el ecosistema. La realización de un estudio florístico debe considerarse como una prioridad científica, tanto por constituir un inventario de la riqueza natural, como por ser una herramienta básica para el estudio de la diversidad. De forma adicional, en el caso de las algas de aguas continentales, el conocimiento de la flora es de especial importancia debido tanto al potencial tóxico de algunas especies como a las numerosas aplicaciones de las algas.

Las Chlorococcales, en concreto, pueden cultivarse para obtener biomasa rica en proteínas con uso directo en la alimentación animal, bien procesadas o como alimento vivo en la cría de diversas especies acuáticas. Además, algunas especies de Chlorococcales se utilizan ya en la depuración de aguas residuales, por su capacidad de extraer nutrientes del agua y transformarlos en biomasa (Jiménez Pérez, 2001), que luego puede tener diferentes aplicaciones (alimentación, combustible). El desarrollo de estas aplicaciones está produciendo una importante demanda de especies, muchas de ellas adquiridas como cepas de colecciones de cultivos de otros países. Los estudios florísticos en España facilitarían la localización de especies autóctonas adaptadas a las condiciones locales y por tanto con una mejor capacidad de crecimiento y de adaptación.

Dada su gran capacidad de colonización, las algas verdes cocales están presentes en muy diversos ambientes, entre ellos es digna de mención su presencia en las comunidades anfibias que se desarrollan en ambientes de interfase agua-aire, estando presentes en comunidades implicadas en el biodeterioro de bienes culturales (Ortega Calvo et al.,

1993; Nogueroles Seone & Rifón Lastra, 2000; Bolívar Galiano & Sánchez Castillo, 1997; Peraza Zurita, 2004).

Al ser los productores primarios de los ecosistemas acuáticos y depender de los nutrientes presentes en el sistema y de sus condiciones físicas, las algas pueden servir además como indicadores biológicos de la calidad del agua. El uso de índices biológicos es ya una realidad en la legislación de los países europeos desde la creación de la Directiva Marco del Agua, y para su aplicación es necesario conocer las especies existentes.

El proceso de eutrofización cultural que sufren nuestras aguas está produciendo un importante cambio en su biología, favoreciendo el desarrollo de especies productoras de flores de agua, muchas de ellas tóxicas, que pueblan una gran parte de los embalses que suministran agua potable a la población. Para solucionar este problema hay que conocer los ecosistemas, y para ello es necesario estudiar sus elementos, entre los que las algas tienen un papel clave.

Si bien las algas pueden proporcionarnos grandes ventajas, para todos los usos mencionados es imprescindible una correcta y precisa identificación de las especies. Las cualidades nutritivas, por ejemplo, pueden variar entre especies próximas. También es esencial una correcta identificación de las algas para su posible uso en aplicaciones biotecnológicas, así como para comprender la ecología de los ecosistemas acuáticos.

II. OBJETIVOS

Esta Memoria se enmarca en los trabajos de Flora Ficológica que se desarrollan en el laboratorio de Ficología del Departamento de Botánica de la Universidad de Granada, y concretamente dentro de los proyectos "Flora Ficológica de Andalucía" y "Flora Ibérica de las Aguas Continentales". En ese ámbito, pretende abordar el grupo de las algas verdes unicelulares, tan poco estudiado en nuestras aguas. Se trata de un trabajo de base para futuros estudios y se centra en el sur de España, especialmente en la región de Andalucía.

I. Desarrollar un estudio taxonómico de las algas verdes cocales presentes en el sur de España y especialmente en Andalucía. Dentro de este objetivo taxonómico se han abordado distintas aproximaciones:

1. Elaborar un catálogo de las especies de algas verdes cocales encontradas en el sur de España, discutiendo su ubicación sistemática.
2. Establecer la distribución de las diferentes especies en el territorio estudiado, aportando datos de los parámetros ambientales.
3. Estudiar la distribución anual de las especies de algas verdes cocales en tres embalses con diferente mineralización y nivel trófico.

II. Profundizar en el conocimiento de la biología de estos organismos desarrollando estudios experimentales que permitan una mayor comprensión de su morfología y ecología. De forma específica:

1. Estudiar la variabilidad morfológica de *Kirchneriella subcapitata*.
2. Estudiar la morfología y citología de *Trebouxia* cf. *gigantea* hallada en la nieve.

III. ESTUDIO TAXONÓMICO

1. ÁREA DE ESTUDIO

1.1. LAGUNAS

Las lagunas están ampliamente repartidas por nuestra geografía, desde alta montaña, media montaña, cársticas, endorreicas,..., hasta litorales. En Andalucía el conocimiento de estos medios es precario, ya que de las numerosas lagunas interiores y litorales sólo tenemos datos representativos de las de alta montaña de Sierra Nevada y otros estudios más puntuales en la laguna de Fuente de Piedra, las turberas de Padul, las lagunas de la Albufera de Adra, algunas de Doñana, etc.

Las lagunas estudiadas son sistemas de agua someros en los que en principio no se establece termoclina, algunas de ellas llegando incluso a desecarse durante parte del año. Su régimen hídrico es muy variable dependiendo del volumen de precipitaciones anuales.

Se realizaron muestreos de todas las lagunas que se enumeran a continuación a lo largo de los años 2004 a 2006, la mayoría de ellas situadas en lugares de especial interés (Parques Nacionales, Reservas Naturales,...). En ocasiones, se han incluido sistemas artificiales (balsas, embalses,...) en los que hemos encontrado una flora de interés. A continuación se detallan los lugares en que se tomaron muestras (Moreira Madueño & Montes del Olmo, 2005).

Provincia de Almería:

Balsa de Punta Entinas

Se trata de una balsa artificial, cuyas aguas se utilizan para el riego en una zona de invernaderos.

Salinas de Cerrillos

Salinas abandonadas en el interior de la Reserva natural de Punta Entinas-Sabinar.

Parque Natural Cabo de Gata- Níjar

- Salinas de Cabo de Gata

Estas salinas se extienden paralelas a la línea de playa, separadas del mar abierto por una barra arenosa de 250 a 550 m de anchura. Están situadas sobre arenas y gravas. Sus aguas son de origen marino, y su pH se mantiene entre 7.2 y 8.2. Se encuentran en un entorno de matorrales camefíticos de dunas estabilizadas.

Rambla Morales

Laguna litoral formada en la desembocadura de la Rambla Morales, de agua salobre y elevado grado de eutrofia.

Lagunas de la Sierra de Gádor

- Balsa de Barjalí
- Balsa del Sabinar
- Balsa Blanca
- Balsa de Caparidal

Son humedales de aguas dulces situados entre los 1720 y 1820 m de altitud, en la Sierra de Gádor, asentados sobre calizas y dolomías. Experimentan acusadas fluctuaciones de nivel, pudiendo llegar a secarse completamente en verano. Sus aguas son poco mineralizadas, con pH entre 7 y 9. Su entorno lo constituyen repoblaciones de pinares y piornales.

Laguna de Mojácar (Desembocadura del río Mojácar)

Se trata de un humedal litoral separado del mar por una barrera arenosa de unos 60 m de anchura, en el término municipal de Mojácar. Presenta aguas alcalinas, con pH en torno a 8, y salinidad variable en

función de las avenidas marinas. Recibe aportes de aguas residuales de la depuradora de Mojácar. Está rodeada de carrizales y tarajales.

Laguna de Garrucha

También conocida como laguna de Puerto Rey, es una laguna litoral formada en el tramo final del río Antas, que pertenece al término municipal de Vera y está separada del mar tan sólo por una barrera de playa de unos 100 m de anchura. Se asienta sobre gravas y arenas, y es una laguna permanente con una salinidad que varía en función de las entradas de agua marina, aunque en ella predomina el aporte de agua continental. Su pH se sitúa entre 8 y 9 y puede alcanzar concentraciones elevadas de nutrientes por la entrada de aguas residuales procedentes de una depuradora. La laguna está rodeada de carrizales, tarajales y saladares.

Salinas de Vera

Salinas abandonadas situadas en la desembocadura del río Almanzora.

Embalse de Cuevas del Almanzora

Este embalse, se encuentra en una zona enmarcada dentro del ámbito regional de las cordilleras Béticas. Las unidades tectónicas están formadas por filitas y cuarcitas, asociadas con yesos, hacia la base, y por calizas y dolomías. Aparecen también rocas terciarias y cuaternarias, depositadas después de las formaciones tectónicas.

Provincia de Cádiz:

Reserva Natural Complejo Endorreico del Puerto de Santa María

- Laguna Chica
- Laguna Salada

Situado a unos 30 m de altitud, en el término municipal del Puerto de Santa María, a unos 10 Km de la ciudad. Los materiales sobre los que se

asienta son margas blancas, limos y albarizas y en las lagunas se acumulan materiales limo-arcillosos y materia orgánica. La topografía es prácticamente llana, con muy poco desnivel. Las lagunas pueden mantenerse inundadas durante todo el ciclo anual sólo en años muy lluviosos.

La laguna Salada es la de mayor tamaño y presenta mayor salinidad que la laguna Chica. Ambas tienen aguas clorurado sódicas, aunque en la Salada hay mayor participación de los iones sulfato y calcio. Presentan valores de pH de entre 7 y 9.8. La vegetación que rodea las lagunas la constituyen fundamentalmente cultivos de secano.

Laguna de las Marismillas

Esta laguna permanente se halla dentro de la base militar de Rota, y presenta un aceptable estado de conservación al encontrarse en el interior del recinto militar.

Reserva Natural Complejo Endorreico de Puerto Real

– Laguna del Taraje

El complejo está situado en el área prelitoral de la Bahía de Cádiz. La laguna del Taraje se encuentra a 19 m de altitud y se sitúa en un sustrato de arcillas abigarradas, areniscas, dolomías y yesos. El complejo lagunar recibe aportaciones de una depuradora, por lo que sus lagunas han pasado de ser temporales a tener carácter permanente. Los valores de pH están entre 7.5 y 8.5. La laguna está rodeada por cultivos de secano y escasos restos de vegetación natural.

Reserva Natural Complejo Endorreico de Chiclana

– Laguna de Montellano

Es el complejo más meridional de la provincia y tiene una altitud media de 70 m. Sus materiales más frecuentes son arcillas y yesos. La laguna de Montellano llega a secarse en periodo estival en años con bajas reservas hídricas. Su nivel de salinidad es muy variable en función de la

precipitación y la evaporación, y su pH se halla entre 8 y 9.8. La laguna se sitúa entre cultivos de secano, con algunos restos de vegetación natural.

Reserva Natural Laguna de Medina

Esta laguna, perteneciente al término municipal de Jerez de la Frontera, es la más extensa de la provincia y la segunda mayor de Andalucía. Presenta sustratos arcillosos, yesíferos y margas. Puede considerarse semipermanente, llegando a secarse en años poco lluviosos. Su salinidad varía según la profundidad de la columna de agua y su pH está entre 7.8 y 9. Además de cultivos de secano, y en menor medida de regadío, en el entorno de la laguna existe todavía vegetación natural.

Provincia de Córdoba:

Reserva Natural Laguna del Conde o Salobral

Esta laguna está situada en el término municipal de Luque, en el límite con la provincia de Jaén. Se trata de la laguna más extensa de la provincia, a pesar de ser somera y temporal. Sus aguas son muy mineralizadas y presenta considerables fluctuaciones en la salinidad. La vegetación que rodea la laguna es de carácter halófilo.

Reserva Natural Laguna de Tíscar

Situada en Puente Genil, a una altitud de 180 m, esta laguna tiene una cuenca constituida por arcillas abigarradas, areniscas, yesos, calizas y dolomías. Es una laguna muy somera, que puede llegar a secarse en años secos. Sus aguas son muy mineralizadas, con pH entre 7.7 y 8.5. La laguna se halla en un área agrícola, aunque en sus laderas vertientes domina la vegetación natural.

Reserva Natural Laguna de Zóñar

La de Zóñar es la laguna de mayor profundidad de Andalucía y puede considerarse el lago de mayor entidad de la región. Está situada en Aguilar de la Frontera, a una altitud de 290 m. Se trata de una laguna permanente,

sobre sustrato de margas blancas algo arenosas, con bancos de caliza detrítica y areniscas de cemento carbonatado. Posee aguas subsalinas, con variaciones poco acusadas en su concentración iónica, y pH comprendido entre 8 y 9 en superficie. Se emplaza en un área donde el olivar ocupa amplias extensiones, aunque se han realizado algunas repoblaciones con especies autóctonas.

Reserva Natural Laguna del Rincón

La laguna está situada en Aguilar de la Frontera, en los Llanos del Rincón, a una altitud de 340 m. Se asienta sobre margas arenosas, con algunas arcillas con yesos y materiales salinos concentrados. Se trata de una laguna permanente, con aguas menos mineralizadas que las de las lagunas de Zóñar y Amarga, y con salinidad más variable. Los niveles de pH están en torno a 8. La vegetación natural que rodea la laguna es escasa por la presión de los cultivos de vid, olivar y, en menor proporción, cultivos herbáceos de secano.

Reserva Natural Laguna Amarga

Esta laguna permanente se localiza en Lucena, a 380 m de altitud, sobre una formación detrítico-yesífera de arcillas, margas y yesos. Su concentración salina es variable, pero su pH suele oscilar poco, en torno a 8. La laguna está encajada entre relieves ocupados por olivares, junto a los que aparecen retazos de vegetación natural.

Provincia de Granada:

Parque Nacional Sierra Nevada

- Laguna de Río Seco Inferior
- Laguna de Río Seco
- Laguna de Aguas Verdes

Las lagunas de Sierra Nevada son de origen glaciar y se encuentran entre los 2800 y los 3040 m de altitud. De las tres lagunas muestreadas, la de Aguas Verdes es la de mayor altitud (3030 m), y todas son permanentes, aunque su nivel fluctúa. Están situadas sobre micaesquistos prácticamente impermeables. A diferencia de la mayoría de lagunas andaluzas, éstas permanecen heladas gran parte del año y tienen aguas dulces débilmente mineralizadas. Presentan valores de pH entre 6.6 y 8.5. La vegetación que las rodea forma pastizales densos de alta montaña (borreguiles).

Embalse de Béznar

Este embalse se encuentra en Béznar, valle de Lecrín, en el río Ízbor, afluente del Guadalfeo, a una altitud de 485 m. Está situado sobre sedimentos de areniscas, impermeables, sobre los que se depositaron conglomerados de tobas y travertinos, permeables. En su entorno dominan los cultivos de cítricos.

Embalse de Cubillas

Está situado en el río Cubillas, entre los municipios de Albolote y Atarfe. Su cuenca abarca una superficie de 626 Km². Su cuenca presenta un paisaje abrupto en la Sierra de Arana y suave en el valle. El sustrato está formado por dolomías y calizo- dolomías.

Provincia de Huelva:

Parque Nacional de Doñana

- Laguna de Sopotón
- Laguna Dulce
- Laguna de Santa Olalla

Las lagunas de Doñana están asentadas sobre arenas estabilizadas. Muchas de ellas son temporales, como la de Sopotón, pero las lagunas Dulce y Santa Olalla son permanentes. Sus aguas son ricas en sales y su pH oscila

entre 7 y 11. La vegetación que las rodea la constituyen fundamentalmente juncales y matorrales hidrófilos.

Reserva Natural Laguna de El Portil

Esta laguna se halla en las inmediaciones de la desembocadura del río Odiel, a unos 10 m de altitud. Está situada sobre materiales detríticos y, aunque se puede considerar permanente, experimenta notables fluctuaciones de nivel. Su agua es subsalina, con aumento de la salinidad en periodos de menor inundación, y sus valores de pH son generalmente altos. La laguna está rodeada por un paisaje forestal: pinar y matorral mediterráneo asociado.

Provincia de Jaén:

Reserva Natural Laguna Honda

Situada en Alcaudete, a 460 m de altitud, esta laguna semipermanente se asienta sobre arcillas, margas y yesos, con núcleos aislados de materiales carbonatados. Sus aguas presentan un alto contenido en sales. En el entorno de la laguna dominan los olivares, entre los que permanecen algunos restos de vegetación natural.

Embalse de Vadomojón

Embalse de 163 Hm³ situado entre los municipios de Baena y Alcaudete. Recoge aguas del río Guadajoz que presentan un considerable contenido salino.

Charca de Hituelo

Se trata de una laguna temporal situada en Martos, a unos 470 m de altitud. Es un sistema somero y poco mineralizado sobre un sustrato de calizas y margas. Sus aguas son dulces en periodos con alto nivel de inundación, llegando a subsalinas en épocas estivales. Su pH se sitúa en torno a 8. La vegetación dominante en su entorno está formada por olivares.

Laguna del Pajarejo

Laguna casi totalmente colmatada por las extracciones de áridos cercanos, situada en el término municipal de Torredelcampo.

Laguna de Garcéz

Se encuentra en Torredelcampo y presenta una rica vegetación hidrofítica, tanto sumergida como halofítica. Su cubeta está formada por disolución cárstica. Está rodeada de cultivos y presenta un aceptable estado de conservación.

Paraje Natural Laguna Grande

Esta laguna permanente, de origen antrópico, se encuentra en Baeza, a 380 m de altitud, sobre depósitos de terraza fluvial. Su permanencia ha estado asociada a la actividad agrícola, ya que se ha utilizado como embalse de agua para el regadío de los cultivos de la zona. Su grado de mineralización varía en función del nivel del agua y su pH suele estar entre 8.5 y 9. En su entorno se hallan olivares con restos de vegetación natural.

Provincia de Málaga:

Laguna de las Pedrizas

Pequeña laguna, probablemente de origen reciente por remodelación del terreno, situada en el Puerto de las Pedrizas (800 m).

Reserva Natural Lagunas de Archidona

- Laguna Chica
- Laguna Grande

Estas lagunas se encuentran a unos 800 m de altitud, en el término municipal de Archidona, sobre materiales detríticos arcillosos, arcillas rojas, margas, y evaporíticos, yeso, anhidrita y halita. La laguna Grande es permanente, mientras que la Chica llega a desecarse en años secos y presenta mayor salinidad. La laguna Grande presenta aguas ligeramente

menos alcalinas que la laguna Chica. El entorno de estas lagunas está constituido por un mosaico de cultivos y vegetación natural.

Reserva Natural Laguna de Fuente de Piedra

Esta laguna temporal se halla en Fuente de Piedra, a 410 m de altitud, sobre materiales evaporíticos. Se trata de un sistema somero y extenso con un elevado contenido en sales, cuyo pH no suele ser inferior a 8. La laguna está rodeada por olivares, cultivos herbáceos de secano y algunos restos de vegetación natural.

Embalse de Guadalhorce

Este embalse regula el río Turón, afluente al Guadalhorce por la derecha. La presa se sitúa sobre terrenos formados por estratos de arenisca en alternancia con margas arcillosas.

Provincia de Sevilla:

Laguna Escalera

En el término municipal de El Rubio, es una laguna muy somera rodeada de cultivos, con rica vegetación hidrofítica sumergida (*Chara*, *Ranunculus*,...). Probablemente muy efímera y afectada por largos periodos plurianuales de desecación.

Reserva Natural Complejo Endorreico de La Lantejuela

- Laguna de los Ballesteros
- Laguna de Calderón Chica

Estas lagunas pertenecen a Osuna y se hallan a una altitud de entre 150 y 160 m, sobre materiales margo-yesíferos. Se trata de lagunas muy someras de carácter temporal, con aguas muy mineralizadas de pH entre 8 y 9. La vegetación que rodea las lagunas está constituida por cultivos herbáceos de secano, aunque la laguna de Calderón Chica presenta una orla de vegetación natural más desarrollada que la de los Ballesteros.

Laguna de Consuegra

Esta laguna pertenece al término municipal de Osuna. Se halla en un área interfluvial de tipo estepario salino y está muy alterada.

Extremadura:

Ecosistemas situados en las cuencas sedimentarias de los valles de los ríos Guadiana y Tajo, de escasa profundidad. Muchas de ellas son de origen antrópico (navajos y charcas ganaderas situadas en zonas de dehesas).

Provincia de Badajoz:

- Navajo de Matanegra
- Embalse de la Albuera de Feria
- Laguna de Maguilla

Provincia de Cáceres:

- Laguna Grande, arroyo de la luz
- Embalse de Brozas
- Cauce del Arroyo de los Patos
- Charca de Brozas

Provincia de Murcia:

Embalse de Valdeinfierno

La presa de Valdeinfierno está situada sobre el río Luchena, afluente del río Guadalentín, en la cuenca del río Segura, y pertenece a Lorca. Se halla en un desfiladero estrecho, a una altitud de 650 m, sobre un terreno formado por calizas margosas y margas.

Embalse de Algeciras

Pequeño embalse de 45 Hm³, situado en la rambla de Algeciras (Alhama de Murcia), afluente del río Guadalentín. La cuenca se sitúa sobre materiales terciarios, básicamente conglomerados margo-arenosos con afloramientos yesíferos.

Provincia de Albacete:

Lagunas de la Higuera

- Laguna de Mojón Blanco

Se trata de un complejo lagunar situado entre los 855 y 900 m. La de Mojón Blanco es una depresión hipersalina de aguas efímeras y somera. En las formaciones marginales muy alteradas por el pastoreo y los cultivos, se distingue una primera banda de vegetación natural.

Provincia de Alicante:

Embalse de Crevillente

Embalse ubicado en el cauce del barranco del Bosch, en Crevillente, en áreas excavadas por la erosión en margas y arcillas. Afloran en él niveles de areniscas y calizas que son poco permeables.

1.2. EMBALSES

Con la finalidad de poder relacionar las especies de algas verdes cocales con la naturaleza de las aguas, se planificó un sistema de muestreo en una serie de embalses que cubrieran el territorio geográfico andaluz y el espectro ecológico de los embalses que se desarrollan en nuestras cuencas.

La selección de los embalses a estudiar la hicimos en base a la bibliografía existente (Margalef et al. 1976, 1982; Sabater & Nolla, 1991), así como a partir de los datos suministrados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Hemos utilizado dos criterios básicos: su grado de mineralización (conductividad) y su nivel trófico. En 1976, Margalef et al. clasifican los embalses españoles según dos criterios: la mineralización, que se puede medir por la conductividad, y el grado trófico.

En 1982, Margalef et al., a partir de las afinidades del fitoplancton de los embalses proyectadas sobre el plano definido por la mineralización y la eutrofia, establece 5 grupos de embalses, la distribución geográfica de los cuales es notablemente coherente. Más adelante, Armengol et al. (1991) clasifican los embalses según su composición iónica pero, así como en el norte peninsular los grupos están bien diferenciados, en el sur las áreas geológicas son más difusas y las lluvias son muy irregulares, lo que hace difícil ubicar a los embalses en los distintos grupos propuestos.

Sabater & Nolla (1991), a partir de su estudio de los patrones de distribución del fitoplancton, confirman la validez de los factores identificados por Margalef et al. (1976, 1982) como criterios adecuados para la clasificación de los embalses. Basándose en muestras de fitoplancton recogidas entre 1987 y 1988, mantienen los 5 grupos propuestos. En general, en esos 15 años disminuye el número de embalses mesotróficos y el grupo que más aumenta es el correspondiente a los embalses más eutróficos.

En la clasificación de Margalef et al. (1982) la mayoría de los embalses andaluces pertenecían a los grupos muy mineralizados con eutrofia intermedia y embalses de mineralización media-alta y eutrofia intermedia. En el estudio de Sabater & Nolla (1991) la mayoría se situaron en el grupo de embalses de mineralización media-alta con alto grado de eutrofia.

En la actualidad existen una serie de embalses más recientes que no estaban contemplados en los estudios anteriores, y que figuran en el listado

de la Red Integral de Calidad de Aguas (ICA). Por este motivo solicitamos a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir una relación de todas las estaciones integradas en la Red ICA. Del listado de estaciones hicimos una selección de las correspondientes a embalses para obtener datos de la caracterización química de sus aguas (Tabla 2).

Tabla 2. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2000-2003).

Nº	Embalse	PR	Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NO_3 (mg/l)	PO_4 (mg/l)
1	YEGUAS	J	117,18	1,77	0,047
2	MARTÍN GONZALO	CO	124,00	1,62	0,049
3	CERRO MURIANO	CO	129,58	1,68	0,028
4	AGRIO	SE	146,07	1,02	0,014
5	CANALES	GR	165,99	1,14	0,012
6	MONTORO	CR	180,34	2,40	0,022
7	BEMBÉZAR	CO	192,25	1,98	0,086
8	CALA	SE	199,05	1,91	0,120
9	HORNACHUELOS	CO	223,23	2,73	0,040
10	PANZACOLA	J	226,44	2,41	0,007
11	GUADALMELLATO	CO	231,87	2,27	0,128
12	ALMODÓVAR	CA	237,00	1,69	0,050
13	LA MINILLA	SE	239,05	1,56	0,043
14	EL GERGAL	SE	243,99	2,32	0,140
15	RETORTILLO	SE	247,44	2,51	0,102
16	DAÑADOR	J	250,02	2,63	0,045
17	JOSÉ TORÁN	SE	258,00	3,57	0,051
18	HUESNA	SE	260,22	1,74	0,097
19	EL PINTADO	SE	262,40	2,12	0,160
20	LA MARCIAGA	SE	274,89	2,56	0,954
21	LOS MOLINOS	SE	284,90	2,36	0,086
22	PUENTE NUEVO	CO	327,13	3,13	0,049
23	ENCINAREJO	J	340,90	2,65	0,064
24	QUÉNTAR	GR	345,36	2,06	0,054
25	GUADALÉN	J	384,70	4,85	0,404
26	RÚMBLAR	J	456,42	1,31	0,101
27	SIERRA BOYERA	CO	467,57	4,45	0,126
28	QUIEBRAJANO	J	483,38	1,86	0,054
29	LOS HURONES	CA	492,18	1,87	0,060
30	PUENTE DE LA CERRADA	J	568,24	7,97	0,158
31	BERMEJALES	GR	591,07	0,76	0,055
32	CUBILLAS	GR	652,04	12,85	0,061
33	IZNÁJAR	CO	1154,21	17,41	0,311
34	ALCALÁ DEL RÍO	SE	1252,02	23,70	0,331
35	MENGÍBAR	J	1433,94	14,48	0,871
36	MALPASILLO	CO	1965,80	95,18	0,069
37	TORRE DEL ÁGUILA	SE	2211,31	12,64	0,091

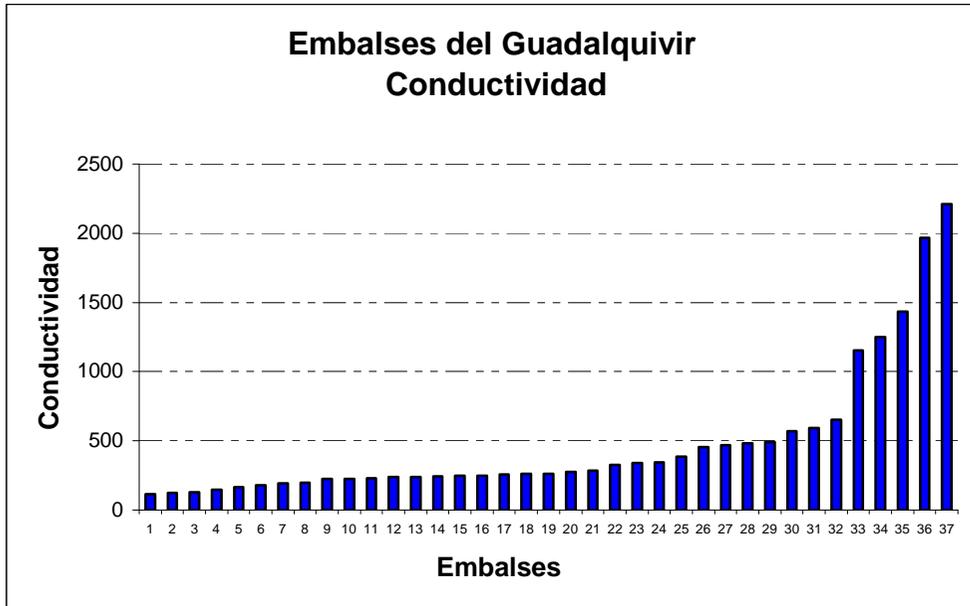


Figura 1. Embalses ordenados por conductividad (μS/cm).

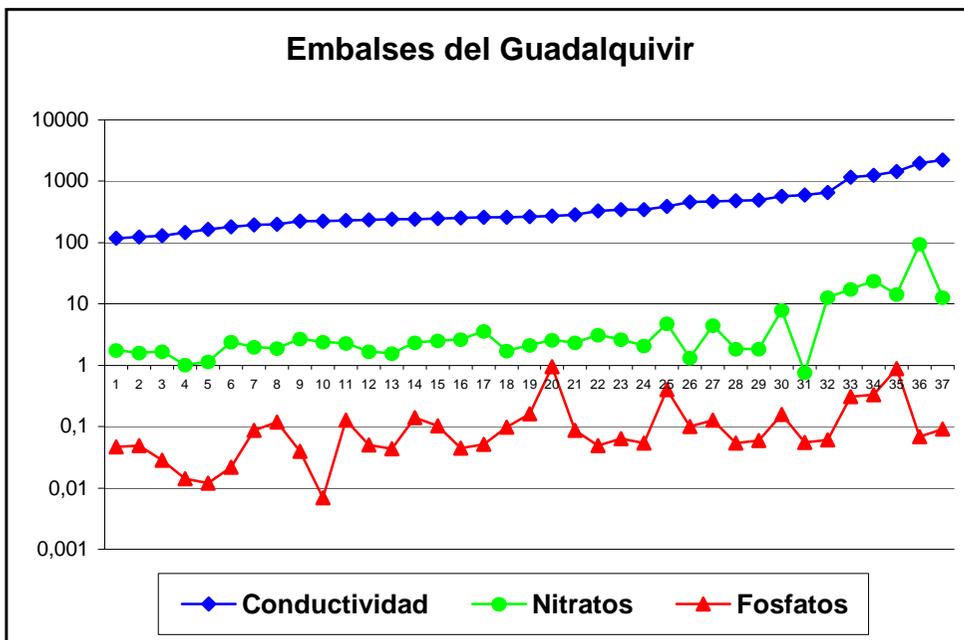


Figura 2. Conductividad y nutrientes de los embalses. Media de los años 2000-2003.

Analizando toda esta información, hicimos una selección de embalses que fuera representativa de los distintos grados tróficos (utilizando como medida las concentraciones de N y P) y los diferentes niveles de mineralización, y en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Fueron seleccionados 13 embalses en total; en tres de ellos se tomarían muestras mensualmente para obtener ciclos anuales y en el resto, dado que las algas verdes unicelulares presentan un desarrollo fundamentalmente estival y que durante esta época es cuando se presentan los típicos problemas en los abastecimientos de agua, el muestreo se realizaría en el mes de agosto. Los embalses de los que obtendríamos el ciclo anual completo son: Canales, Los Hurones e Iznájar, con mineralización creciente y concentraciones de nutrientes baja, media y alta, respectivamente. Los embalses seleccionados y los valores medios de los parámetros tenidos en cuenta se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Embalses seleccionados.

Embalse	Muestreo	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	NO_3 (mg/l)	PO_4 (mg/l)
CANALES	mensual	165,99	1,14	0,012
CALA	estival	199,05	1,91	0,120
PANZACOLA	estival	226,44	2,41	0,007
GUADALMELLATO	estival	231,87	2,27	0,128
LA MARCIAGA	estival	274,89	2,56	0,954
PUENTE NUEVO	estival	327,13	3,13	0,049
GUADALÉN	estival	384,70	4,85	0,404
RÚMBLAR	estival	456,42	1,31	0,101
LOS HURONES	mensual	492,18	1,87	0,060
BERMEJALES	estival	591,07	0,76	0,055
IZNÁJAR	mensual	1154,21	17,41	0,311
ALCALÁ DEL RÍO	estival	1252,02	23,70	0,331
MENGÍBAR	estival	1433,94	14,48	0,871

A continuación se detallan las características de cada embalse (información obtenida de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir):

EMBALSE DE CANALES

El embalse de Canales está situado en el río Genil, en el municipio de Güéjar Sierra, provincia de Granada, a más de 1000 m de altitud. Su cuenca, que ocupa 176 Km², está compuesta por launas, margas, mármoles, calizas dolomíticas y malosas. Este embalse, de 70 Hm³ de

capacidad, regula las aguas del deshielo de Sierra Nevada procedentes del río Genil, y es pieza clave en el suministro urbano al área metropolitana de Granada.

El paisaje del embalse se caracteriza por la presencia de cañones profundos y cortados. En las zonas altas existen desniveles acusados, creando un valle encajado con zonas escarpadas. El uso del suelo es agrícola y forestal.

EMBALSE DE LOS HURONES

El embalse de Los Hurones está en el río del Bosque, en la provincia de Cádiz, en El Bosque, Ubrique, a unos 200 m de altitud. La cuenca, de 286 Km², está compuesta por calizas, dolomías, margas y areniscas. El paisaje es de relieve montañoso, y el uso del suelo es forestal.

EMBALSE DE IZNÁJAR

El embalse de Iznájar se encuentra en el río Genil, entre las provincias de Granada, Málaga y Córdoba. Abarca parte de los municipios de Iznájar, Rute, Loja, Zagra, Cuevas de San Marcos y Algarinejo. La cuenca, con una superficie de 5000 Km², está constituida por margas y margocalizas, arcillas, yesos, dolomías y calizas, y en la cabecera por micaesquistos y dolomías. El paisaje se caracteriza por desniveles poco acusados, excepto el asentamiento del pueblo de Iznájar. El uso del suelo es agrícola y, en menor medida, forestal.

OTROS EMBALSES

Embalse de Alcalá del Río

Situado en el municipio del mismo nombre, sus aguas regulan el tapón salino de la desembocadura del Guadalquivir y se destinan a riego de arrozales.

Embalse de los Bermejales

El embalse de Los Bermejales se encuentra situado sobre el río Cacán, en el municipio de Arenas del Rey, provincia de Granada. Tiene una superficie de 307 Km² y un volumen de 103 Hm³. Al este y oeste, la cubeta está rodeada por limos y arcillas, localmente con yesos. Al sureste, la cubeta queda limitada por arenas y conglomerados. Se halla en una zona de cañones profundos y cortados, y su entorno es de uso agrícola y forestal.

Embalse de Cala

El embalse se halla en el río Ribera de Cala, entre los municipios de Guillena, El Ronquillo y Castilblanco de las Arroyos, provincia de Sevilla, a una altitud de unos 280 m. Su cuenca abarca 480 Km², y se caracteriza por un relieve montañoso con espacios abiertos con escasa vegetación y urbanización. Su capacidad es de 113 Hm³.

Embalse de Guadalén

Se encuentra en el río Guadalén, entre los municipios de Arquillos, Vilches y Santisteban del Puerto, provincia de Jaén. Su cuenca ocupa 1330 Km² y tiene una capacidad de 163 Hm³. Su paisaje se caracteriza por pendientes medias y cimas redondeadas, y la su cuenca está formada por rocas metamórficas. El uso del suelo de su entorno es forestal y agrícola.

Embalse de Guadalmeñato

Este embalse, sobre el río Guadalmeñato, se encuentra entre los municipios de Adamuz, Obejo, Villaharta y Villanueva de Córdoba, provincia de Córdoba. Su cuenca es de 1209 Km² y tiene una capacidad de 147 Hm³.

El relieve de la cuenca se caracteriza por elevaciones montañosas de pendientes suaves, y los sustratos que la forman son pizarras, gneises y rocas volcánicas. El uso del suelo es forestal.

Embalse de La Marciaga

Sobre el río Ribera de Cala, situado en una cuenca montañosa con formaciones boscosas adhesionadas.

Embalse de Mengíbar

Alimentado por el río Guadalquivir y el río Guadalbullón. Se encuentra en el término municipal de Mengíbar.

Embalse de Panzacola

Alimentado por el río Guarrizas y por el barranco de las Palomas. Se encuentra en el término municipal de La Carolina y Vilches. Su sustrato es metamórfico, formado por pizarras. Forma parte del embalse de La Fernandina.

Embalse de Puente Nuevo

Se halla en el río Guadiato, entre los municipios de Espiel, Bélmez y Villaviciosa de Córdoba, provincia de Córdoba. Su cuenca la forman elevaciones onduladas de pendientes suaves y tiene una superficie de 985 Km². La capacidad del embalse es de 282 Hm³. El sustrato lo forman rocas ígneas, pizarras y cuarcita, y el uso del suelo de la zona es agrícola y forestal.

Embalse de Rúmbiar

Situado en el río Rúmbiar, entre los municipios de Baños de la Encina, La Carolina y Santa Elena, provincia de Jaén. Tiene una capacidad de 126 Hm³ y su cuenca ocupa 574 Km². Su paisaje está formado por colinas de pendientes medias, y el sustrato son esquistos, areniscas y gravas. El uso del suelo es forestal.

La Figura 3 muestra la localización geográfica de los embalses y lagunas seleccionados en Andalucía:

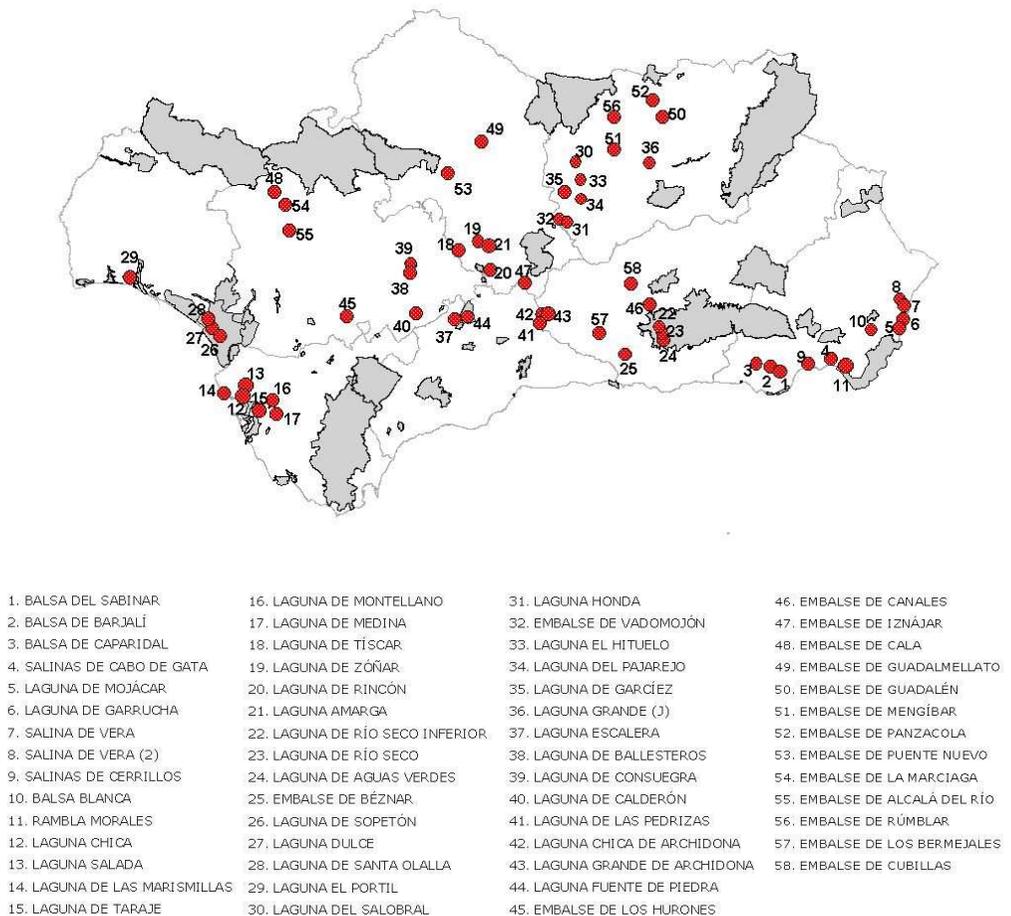


Figura 3. Mapa de la localización de los embalses y lagunas de Andalucía.

2. METODOLOGÍA

2.1. RECOLECCIÓN, FIJACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

2.1.1. Lagunas

Las muestras de las lagunas fueron tomadas durante los meses de abril a julio de 2004, 2005 y 2006. Los muestreos se realizaron en la proximidad de la zona de máxima profundidad.

Se tomaron muestras para realizar un análisis únicamente cualitativo mediante arrastres horizontales, utilizando una red simple de plancton de 1 m de longitud, 30 cm de diámetro de boca y 25 μ m de diámetro de poro. Una vez tomadas, las muestras fueron fijadas con formaldehído.

En el momento de la recolección de las muestras, fueron medidos *in situ* el pH, la conductividad y la temperatura del agua con una sonda multiparamétrica.

2.1.2. Embalses

En los embalses de los Hurones, Canales e Iznájar se hizo un muestreo mensual durante todo un ciclo anual (noviembre 2004-octubre 2005). Las muestras fueron tomadas por técnicos de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, quienes a su vez realizaron los análisis físico-químicos del agua. En el resto de los embalses sólo se tomaron muestras en el mes de agosto.

Estas muestras se tomaron para realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos. Se tomaron muestras de 125 ml de la zona superficial de la columna de agua, que fueron fijadas inmediatamente. Para realizar la

fijación más adecuada se realizaron ensayos con diferentes proporciones de glutaraldehído y lugol. Una vez estudiadas las muestras se optó por utilizar 0,5 ml de glutaraldehído y 1,5 ml de lugol acético.

Todas las muestras recolectadas, tanto de lagunas como de embalses, se almacenaron en frío y en oscuridad hasta su observación al microscopio óptico.

Una porción de cada muestra se guardó en la ficoteca del Herbario de la Universidad de Granada.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y CUANTIFICACIÓN

2.2.1. Identificación

La determinación taxonómica se realizó con un microscopio óptico invertido Zeiss Axiovert 35. , utilizando las claves más completas (Komárek & Fott, 1983) así como el resto de monografías disponibles sobre todos los géneros del grupo.

2.2.2. Cuantificación

Para realizar el recuento celular, tras una agitación suave de las muestras, éstas se sedimentaron en cámaras compuestas de tipo Ütermohl de 50 ml de capacidad y 25 mm de diámetro. En los casos de gran densidad celular se realizaron las diluciones oportunas. Tras un periodo de sedimentación de 24h se efectuó un recuento de los organismos sedimentados contando al menos 100 campos de la superficie de la placa basal a distintos aumentos, utilizando un microscopio invertido Zeiss Axiovert 35. El conteo se realizó eligiendo campos al azar en toda la

superficie de la cámara, excepto en los bordes, para evitar así una posible sobrestimación.

El número total de células o colonias de cada especie por mililitro de agua se obtuvo mediante el cálculo siguiente:

$$\text{N}^\circ \text{ células ml}^{-1} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total células}}{\text{n}^\circ \text{ campos contados}} \cdot F \cdot \frac{1}{\text{volumen sedimentado}};$$

donde F es un factor de conversión que corresponde al número de campos totales que contiene la placa de sedimentación, calculado por la relación: superficie cámara/superficie campo. En nuestro caso:

$$\text{Superficie de la cámara} = \pi r^2 = \pi (12,5 \text{ mm})^2 = 490,87 \text{ mm}^2$$

$$\text{Superficie del campo a } 100\times = \pi r^2 = \pi (0,0975 \text{ mm})^2 = 0,02986 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{490,87 \text{ mm}^2}{0,02986 \text{ mm}^2} = 16436,555$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ESTUDIO TAXONÓMICO

3.1.1. Clasificación utilizada

Este grupo se caracteriza por presentar una gran diversidad morfológica a nivel de familias y géneros, así como una considerable variabilidad intraespecífica. La heterogeneidad morfológica producida por esta variabilidad ha causado que la identificación y clasificación de sus especies resulten muy dificultosas.

Como ya hemos mencionado en la Introducción de esta Memoria, la combinación de una determinación morfológica de las especies junto a una clasificación molecular de los grandes grupos taxonómicos ha conducido a una situación de gran complejidad taxonómica. De este modo, el antiguo orden Chlorococcales se ha desmembrado en varios, que no presentan un conjunto de caracteres morfológicos distintivos que permitan una clara relación morfológica entre sus constituyentes. En muchos casos, especies que parecían morfológicamente alejadas resultan ser filogenéticamente cercanas, y viceversa.

Por lo tanto, deberían combinarse los estudios morfológicos con estudios genéticos para obtener una clasificación que verdaderamente refleje las relaciones filogenéticas.

En este trabajo se han utilizado los caracteres morfológicos de identificación y tenido en cuenta las Chlorococcales en sentido tradicional, aunque se discuten los cambios acontecidos en la sistemática de cada familia, género o incluso especie. Si bien en el momento actual parece comprobado que los rasgos morfológicos utilizados tradicionalmente no reflejan la filogenia de los grupos, consideramos que el concepto

morfológico de las especies nos aporta una información útil a nivel ecológico que no debe perderse. Utilizamos en esta Memoria la clasificación utilizada por Komárek & Fott (1983), puesto que incluye el conjunto de algas verdes cocales, dando unidad al conjunto de especies tratadas en este trabajo.

No resultaría práctico utilizar una clasificación actualizada porque no está completo el sistema taxonómico, que se encuentra aún en sus inicios, y sería fuente de mucha confusión. Los cambios nomenclaturales no están hechos y las especies siguen identificándose con el nombre definido por caracteres morfológicos. Además, a nivel práctico, es necesaria la identificación morfológica, sobre todo cuando disponemos de muestras naturales de las que no se pueden realizar estudios moleculares por cuestión de metodología y de tiempo.

Cabe mencionar que para que los resultados moleculares nos proporcionen información útil, es necesario que los taxa que se estudian sean correctamente identificados a nivel morfológico. Si esto no sucede, se cometen errores y se crea mucha confusión. Ejemplos de esto son los trabajos de Fawley et al. (2005) sobre las Selenastraceae, en que los autores llegan a proponer que las especies no pueden identificarse por la morfología, y de Senousy et al. (2004) sobre dos especies de *Botryococcus* en que una de ellas es en realidad *Botryosphaerella*.

En este trabajo nos hemos basado a nivel de clases, órdenes y familias en el trabajo de Komárek & Fott (1983), y únicamente hemos actualizado los grupos que ya están claramente establecidos: la familia Coelastraceae se ha integrado en Scenedesmaceae, el género *Tetrachlorella* se ha transferido de Scenedesmaceae a Oocystaceae, entre otros cambios que se comentan en el catálogo. La Tabla 4 muestra el sistema usado en esta Memoria, con los rasgos distintivos de cada una de las familias que hemos encontrado.

La clasificación más actualizada que tiene en cuenta representantes de prácticamente todas las familias tradicionales es la que deriva del estudio de Krienitz et al. (2003). Como se ha mencionado en la Introducción, dentro

de las diferentes familias algunos autores han estudiado también secuencias de ADN, que han llevado a confirmar unos géneros dentro de ellas y a cambiar otros. También se comentan en cada una de ellas los trabajos más recientes. A modo de resumen de estos cambios, mostramos aquí (Tabla 5) la clasificación más actualizada a nivel de familias (Krienitz et al., 2003), ya que la sistemática de muchos géneros y especies está aún por esclarecer.

Tabla 4. Clasificación utilizada (basada en la de Komárek & Fott, 1983).

F. PALMELLACEAE	Células más o menos esféricas; reproducción por zoósporas tipo <i>Dunaliella</i> (sin verdadera pared celular) o por aplanósporas.
F. CHARACIACEAE	Células más o menos alargadas, bipolares, a menudo fijadas al sustrato; reproducción por zoósporas tipo <i>Dunaliella</i> ; pared celular lisa, raramente con espinas.
F. TREUBARIACEAE	Células más o menos esféricas con apéndices alargados de pared celular, que es lisa y a menudo consta de dos a varias partes; reproducción por zoósporas tipo <i>Dunaliella</i> o por hemizoósporas.
F. GOLENKINIACEAE	Células en general esféricas, pared celular con finas setas; reproducción por zoósporas tipo <i>Dunaliella</i> , por hemizoósporas o por aplanósporas.
F. HYDRODICTYACEAE	Células asociadas en cenobios; reproducción por zoósporas que forman cenobios; células cenocíticas.
F. MICRACTINIACEAE	Células solitarias o en colonias; pared celular con finas setas; reproducción por autósporas, en algunos taxa oogamia.
F. BOTRYOCOCCACEAE	Células unidas en colonias mediante discos o cordones gelatinosos formados por restos de pared celular materna más o menos gelatinizados; reproducción por autósporas, muy raramente oogamia.
F. RADIOCOCCACEAE	Células incluidas en envolturas gelatinosas formando colonias esféricas o irregulares; pared celular lisa; reproducción sólo por autósporas.
F. OOCYSTACEAE	Células solitarias o en colonias, donde las células están incluidas en las paredes de la célula materna; pared celular compuesta de varias capas de celulosa; reproducción sólo por autósporas.
F. CHLORELLACEAE	Células solitarias o unidas en colonias; pared celular con capa interna de celulosa y externa de esporopolenina; reproducción sólo por autósporas.
F. SCENEDESMACEAE	Células en cenobios planos o esféricos; pared celular con capa interna de celulosa y varias externas de esporopolenina; reproducción sólo por autósporas, que se ordenan en cenobios hijos en la célula materna.

Tabla 5. Clasificación de Krienitz et al. (2003).

CLASE CHLOROPHYCEAE	O. Sphaeropleales: comprende clorófitos unicelulares, filamentosos o cenobiales que producen células móviles biflageladas con cuerpos basales directamente opuestos (DO). Los taxa que no presentan aparato flagelar pueden ser situadas filogenéticamente mediante datos de la secuencia génica de 18S rRNA.	Fam. Scenedesmaceae
		Fam. Neochloridaceae
		Fam. Hydrodictyceae
		Fam. Selenastraceae
		Fam. Sphaeropleaceae
		Clado de <i>Bracteacoccus</i>
CLASE TREBOUXIOPHYCEAE Aparato flagelar CCW (counterclockwise, sentido antihorario)	O. Chlorococcales: sólo representan un pequeño número de las algas Chlorophyceae cocales. Se entremezclan con representantes de Chlamydomonadales, Dunaliellales, Tetrasporales y Volvocales, por lo que se trata de un grupo parafilético. Aparato flagelar CW (clockwise, sentido horario).	
	O. Trebouxiales: incluye algas verdes edáficas cocales y sarcinoides relacionadas con <i>Trebouxia</i> y <i>Myrmecia</i> .	
	O. Chlorellales: incluye algas que se reproducen sólo por autósporas y son filogenéticamente cercanas a las que presentan aparato flagelar CCW.	Fam. Oocystaceae
		Fam. Chlorellaceae

3.1.2. Estructura del catálogo

En el catálogo se han incluido todas las especies de algas verdes cocales halladas en el plancton de los distintos embalses y lagunas estudiados.

Para cada especie se ha incluido la siguiente información:

- Sinónimos, en caso de haberlos.
- Descripción, incluyendo datos morfométricos. En éstos se especifican los límites inferior y superior del tamaño del organismo. El número de individuos medidos es muy variable debido a las distintas abundancias de las especies.
- Ecología: según la literatura (básicamente Komárek & Fott, 1983 y Comas, 1996).
- Observaciones, en caso de características especiales de la población.
- Citas previas, a nivel de provincias de España.
- Nuevos registros que se aportan en esta Memoria.

En algunos casos la identificación no se ha podido completar, generalmente por la baja abundancia de algunas poblaciones. Las especies que requieren una verificación taxonómica se citan como cf. (confer), y las no identificadas aparecen como sp.

Como hemos comentado, la ordenación de las especies se ha realizado por las familias tradicionales, siguiendo los criterios de Komárek & Fott (1983), y dentro de ellas los géneros y especies se han incluido por orden alfabético.

Al final de cada familia se incluyen las fotografías de las especies halladas, y al final del catálogo se incluyen los rangos de pH, conductividad y temperatura en que se han hallado las diferentes especies (Tabla 6).

3.1.3. Catálogo florístico

Familia Palmellaceae LEMMERMANN 1945

La familia Palmellaceae Lemm. 1945 (Komárek & Fott, 1983) incluye los organismos caracterizados por formar agregados mucilaginosos esferoidales o amorfos que se reproducen mayormente por zoósporas desnudas y también por aplanósporas.

Hemos encontrado representantes de dos géneros:

***Follicularia* MILLER 1924**

Células raramente solitarias, flotando libremente o más frecuente en grupos (de hasta 32 células) en suelos, generalmente rodeadas por una capa hialina de mucílago muy fina. Pared celular lisa, probablemente con varias capas. Numerosos cloroplastos parietales, en principio semiesféricos-discoideales, más tarde cada vez más en forma de prisma hasta redondeado-cónicos, densamente apretados, cada uno con un pirenoide. Células adultas plurinucleadas. Reproducción por aplanósporas y zoósporas biflageladas redondeado-ovales o elipsoidales, que se forman en la célula materna en número de 8-32. Especie tipo: *Follicularia paradoxalis* Miller 1924.

Este género ha sido confundido frecuentemente con *Planktosphaeria*, del que se diferencia, según Komárek y Fott (1983), por la morfología del cloroplasto (redondeado-cónico, no plano como en *Planktosphaeria*), la presencia de varios núcleos en las células vegetativas y quizás también por la formación de zoósporas. Como hemos comentado en el género anterior,

actualmente se incluyen en este género especies de *Planktosphaeria* zoosporógenas (Lukešová, 1993).

En la actualidad es probable que este género se incluya, junto con el anterior, en la clase Chlorophyceae, posiblemente en el orden Sphaeropleales, pero por el momento esta ubicación es provisional, puesto que no se han realizado estudios filogenéticos en ninguna de sus especies.

***Follicularia* sp.** (Lám.1 a-d)

Descripción: Células aisladas, esféricas, a veces algo asimétricas, rodeadas por un mucílago apenas visible, fino. Pared celular muy gruesa, lisa; numerosos cloroplastos parietales, redondeados-cónicos o poligonales, cada uno con un pirenóide. Posiblemente reproducción por zoósporas, a juzgar por la forma de algunas células pequeñas en colonias, pero habría que estudiar bien el ciclo para determinar la especie. Dimensiones: células 12-56 μm .

Ecología: muchas de sus especies son edáficas, la nuestra se ha encontrado en el plancton de embalses y lagunas.

Citas previas: no hay ninguna especie de *Follicularia* citada en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Granada: embalse de Béznar.
- Huelva: laguna El Portil.
- Jaén: laguna del Pajarejo.

***Planktosphaeria* G. M. SMITH 1918**

Células esféricas, solitarias, generalmente rodeadas de una envoltura mucilaginosa delimitada, sólo justo después de la formación de autósporas, las células jóvenes permanecen en un mucílago común. Pared celular delgada, lisa, no se engrosa durante el ciclo de vida. En células adultas numerosos cloroplastos parietales, discoidales o laminares hasta

poligonales, cada uno con un pirenoide; en las jóvenes un solo cloroplasto acopado con pirenoide. Reproducción por autósporas esféricas. Especie tipo: *Planktosphaeria gelatinosa* G. M. Smith 1918.

Skuja (1956) observó formación de zoósporas además de autósporas en este género. Komárek & Fott (1983) ubican el género en Palmellaceae como autospórico y posiblemente zoospórico. Lukešová (1993) transfirió las especies zoospóricas edáficas al género *Follicularia* Miller, y el género *Planktosphaeria* fue luego transferido a la familia Radiococcaceae por Kostikov et al. (2002) considerado como exclusivamente autospórico. Recientemente Wolf et al. (2003b) analizaron la secuencia de su ADN ribosómico y concluyeron que está muy relacionado con *Radiococcus polycoccus* (Koršikov) Kostikov et al., y que ambos se hallan dentro de las Sphaeropleales.

De este género tan sólo hemos hallado una especie:

***Planktosphaeria gelatinosa* G. M. SMITH 1918 (Lám. 1 e-f)**

Descripción: Células esféricas, con una envoltura gelatinosa homogénea, hialina, más o menos limitada, al principio aisladas y, tras la reproducción, unidas en colonias gelatinosas más o menos esféricas de hasta 32 células. Células adultas con varios cloroplastos poligonales, laminares, parietales, cada uno con un pirenoide, rodeado de una envoltura de almidón. Reproducción mediante 4, 8, 16 ó 32 autósporas, primero apretadas densamente, y más tarde separadas unas de otras. Dimensiones: células 9-15.7 μm , no se han visto colonias.

Ecología: planctónica en estanques y lagos.

Citas previas: Castellón, Madrid (Cambra et al., 1998); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002); Granada (de la Rosa, 1992).

Nuevos registros:

- Almería: balsa del Sabinar.

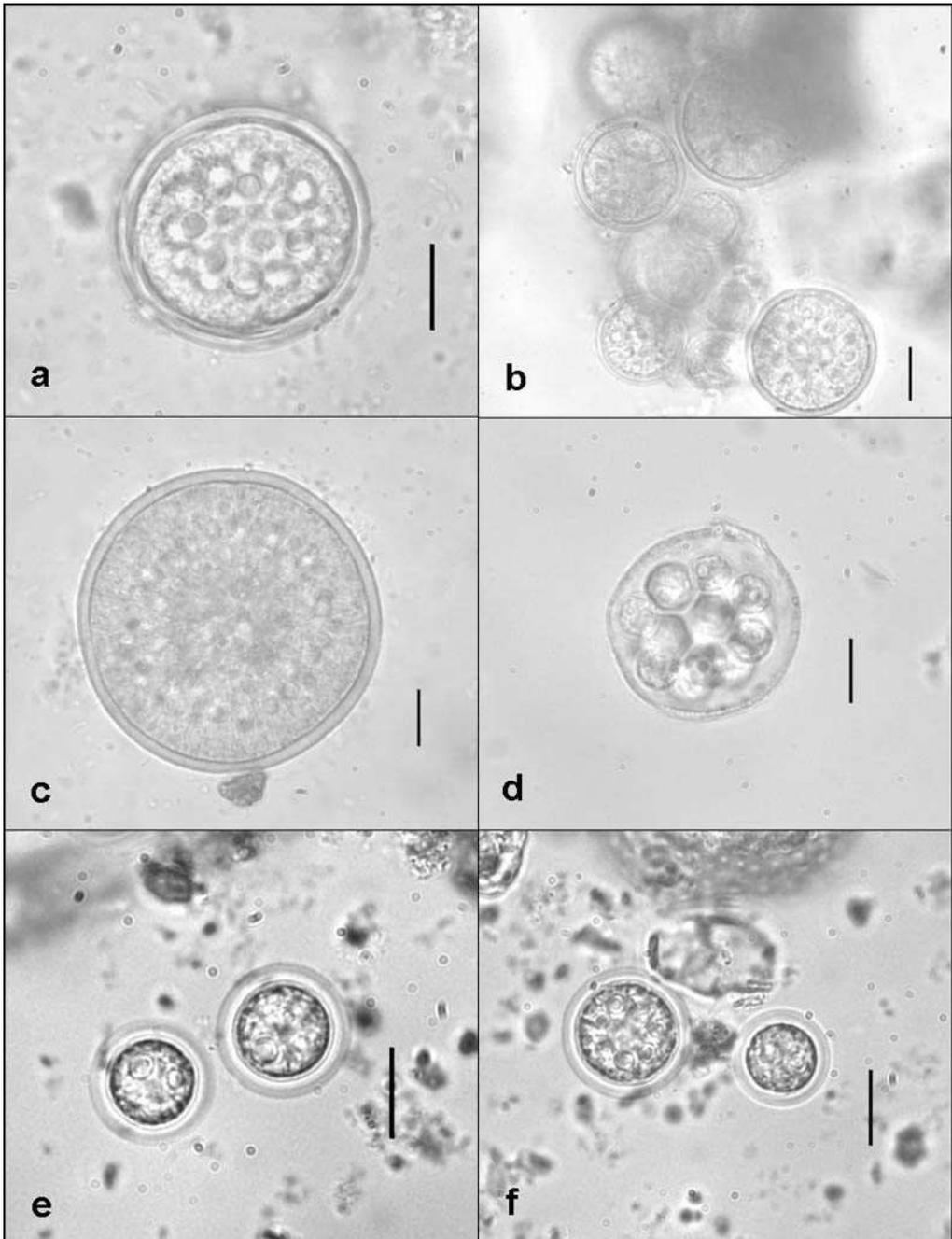


LÁMINA 1: **a-d**, *Follicularia* sp. **e-f**, *Planktosphaeria gelatinosa*.
Escala: 10 μ m.

Familia Characiaceae (NÄGELI) WILLE in WARMING 1884

Células solitarias, más raramente unidas por sus bases en grupos o colonias, mayormente fijadas, más raramente libres, en forma de saco o extendidas, sólo raramente esféricas, bipolares, generalmente polarizadas, sólo raramente con dos polos iguales. Células en la base redondeadas o con estructuras de fijación, taxa planctónicos mayormente con modificaciones especiales de la pared celular en la base. Cloroplasto parietal con o sin pirenoide. Reproducción por zoósporas con 2 ó 4 flagelos. Género tipo: *Characium* A. Braun 1849.

Hemos encontrado especies de tres géneros:

Ankyra FOTT 1957

Células solitarias, fusiformes o cilíndricas, en ambos polos gradualmente estrechadas en una larga punta. Extremo apical agudo, basal con una estructura en forma de ancla o espátula, que puede estar atrofiada o incluso no formarse. Pared celular en dos partes unidas en el centro de la célula. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Reproducción por zoósporas que se desarrollan como células vegetativas; conocidas también aplanósporas esféricas.

Todas las especies del género que se han analizado a nivel genético-molecular, han resultado formar parte de la familia Sphaeropleaceae, aunque el género es parafilético (Wolf et al., 2002a). La especie tipo: *A. ancora* (G. M. Smith) Fott 1957, no se ha estudiado, y no se han realizado cambios nomenclaturales. *A. judayi* se encuentra, según los análisis moleculares, en la base de la familia, mientras *A. lanceolata* parece ser más cercana a los géneros *Sphaeroplea* y *Atractomorpha* que al resto de las especies de *Ankyra*.

Ankyra judayi (G. M. SMITH) FOTT 1957 (Lám. 2 a-d)

Syn.: *Schroederia judayi* G. M. Smith 1916, *Lambertia judayi* (G. M. Smith) Korš. 1953

Descripción: Células fusiformes, alargadas, generalmente rectas o algo arqueadas. El extremo apical es simple, puntiagudo, y el basal bifurcado en forma de ancla. Presentan un cloroplasto laminar, parietal, con un pirenoide. Reproducción mediante zoósporas que se liberan por rompimiento de la pared celular materna en dos partes, a veces pueden formar aplanósporas. Dimensiones: 20-90 x 3-5 µm.

Ecología: en el plancton de estanques y lagos, es la especie más distribuida del género.

Es destacable la población hallada en el embalse de Almanzora, tanto por su abundancia (suponía casi la totalidad de las algas presentes), como por la peculiar morfología de su ancla, muy recurvada, y con una anchura de hasta casi 14 micras.

Citas previas: Barcelona, Castellón, Granada (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Almería: embalse de Almanzora, balsa de Barjalí.
- Cádiz: laguna de Medina, embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Guadalmellato, embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Canales.
- Jaén: laguna Grande, embalse de Panzacola.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río, laguna de Consuegra.

Ankyra lanceolata (KORŠIKOV) FOTT 1957 (Lám. 2 e)

Syn.: *Lambertia lanceolata* Korš.1953, *Lambertia spatulifera* Korš. 1953, *Ankyra spatulifera* (Korš.) Fott 1957, *Lanceola spatulifera* (Koršikov) Hindák 1988

Descripción: Células estrechamente fusiformes a cilíndricas, rectas o ligeramente arqueadas, en ambos extremos progresivamente extendidas en una punta, una de las cuales lleva una formación en forma de espátula o lanceta. Cloroplasto parietal, laminar, con un pirenoide a menudo poco

visible. Reproducción mediante zoósporas. Dimensiones: 29,4-36,7 x 1,8-3 µm.

Ecología: dispersa en plancton de estanques, lagos y ríos.

Esta especie fue considerada por Hindák (1988) como perteneciente a un género independiente, por lo que la denominó *Lanceola spatulifera*. Pero más adelante, Krienitz et al. (1990) demuestran, en base a la ultraestructura del ancla, que esta especie debe mantenerse dentro del género *Ankyra*.

En general, nuestras poblaciones presentan dimensiones bastante inferiores a las descritas en la literatura (Komárek & Fott, 1983), por lo que es posible que se trate de células jóvenes.

Citas previas: Barcelona (Cambra et al., 1998 sub *Lanceola spatulifera*).

Nuevos registros:

- Almería: embalse de Almanzora.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Guadalmellato.
- Jaén: embalse de Panzacola.

***Paradoxia* SVIRENKO 1928**

Células muy raramente solitarias, en general en colonias de 2. Cada célula en forma de maza, con la parte basal gradualmente atenuada y con una formación en ancla mediante la cual se unen ambas células. Extremo celular apical redondeado, en el polo y en los lados largos de la célula con algunas setas muy finas, a veces difícilmente visibles, a menudo orientadas en una dirección. Cloroplasto parietal, con 1-2-(3) pirenoides. Reproducción por zoósporas y autósporas. Especie tipo: *Paradoxia multiseta* Svirenko 1928.

La especie *Paradoxia multiseta* aparece en la base de datos genéticos del National Center for Biotechnology Information (NCBI) como perteneciente a la clase Trebouxiophyceae, basándose en un trabajo de

Henley et al. (2004), pero en este trabajo únicamente aparece la especie en el árbol filogenético, y no se discute ni se menciona nada acerca de ella en ninguno de los apartados del trabajo.

Se trata de un género monoespecífico:

Paradoxia multiseta SVIRENKO 1928 (Lám. 2 f)

Descripción: Células fusiformes a cilíndricas, de sección redondeada, atenuadas en la base y acabadas en un ancla, casi siempre unidas por sus bases en colonias de dos. Las anclas se disponen perpendiculares entre sí. Presentan 4-12 setas, a veces no claras o quizás totalmente ausentes. También a menudo imperceptible el pirenoide sin almidón. Reproducción por zoósporas biflageladas y en ocasiones por autósporas (Hegewald & Reymond, 1987). Dimensiones: células 15-15,8 x 3,4-3,5 μm , ancla de 6,9-7,4 μm de anchura, sedas de 6,3-8,5 μm .

Ecología: probablemente distribuida en el plancton de los estanques, lagos y ríos de las zonas templadas, aunque siempre aparece aislada.

Posiblemente la población observada sea joven, ya que las dimensiones celulares son inferiores a las descritas en la literatura (Komárek & Fott, 1983).

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Guadalmellato.

Pseudoschroederia HEGEWALD et SCHNEPF 1986

Células siempre solitarias, largamente fusiformes, rectas, levemente arqueadas hasta espiraladas, en los extremos gradualmente atenuadas y terminadas en una punta afilada; células heteropolares, la diferencia entre las dos puntas a veces es detectable al microscopio óptico, y siempre al

electrónico. Cloroplasto parietal, laminar o bandiforme, con uno o varios pirenoides. Pared celular delgada, lisa. Reproducción por zoósporas biflageladas, que se liberan por ruptura lateral de la célula materna. Especie tipo: *Pseudoschroederia robusta* (Koršikov) Hegewald et Schnepf 1986.

Las especies de este género estaban incluidas dentro de *Schroederia* hasta que Hegewald & Schnepf (1986) crean el nuevo género *Pseudoschroederia* para aquellas especies con diferencias estructurales en uno de sus extremos celulares.

Tanto este género como *Schroederia* están ubicados en el orden Sphaeropleales; en la base de datos genéticos del NCBI aparecen como Sphaeropleaceae *S. setigera* y *P. antillarum* (2006), pero estos resultados no han sido publicados.

***Pseudoschroederia antillarum* (KOMÁREK) HEGEWALD et SCHNEPF 1986 (Lám. 3 a-c)**

Syn.: *Schroederia antillarum* Komárek 1983

Descripción: Células corta a largamente fusiformes, casi rectas o más a menudo leve e irregularmente arqueadas o sigmoides. Extremos celulares setiformes, gradualmente atenuados hacia el exterior de la célula, hialinos, rectos, fuertemente puntiagudos. Cloroplasto parietal, con un pirenoide. Dimensiones: cuerpo celular (sin espinas de los extremos) 16.3-17.4 x 3.1 µm, espinas 8,2-14 µm de longitud.

Ecología: planctónica en distintas aguas.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Jaén: embalse de Guadalén.

Pseudoschroederia robusta (KORŠIKOV) HEGEWALD et SCHNEPF 1986 (Lám. 3 d-f)

Syn.: *Schroederia robusta* Koršikov 1953, *Schroederia indica* Philipose 1967

Descripción: Células largamente fusiformes, en el centro cilíndricas, ligeramente arqueadas o sigmoides. Extremos celulares rectos, gradualmente atenuados hacia el exterior de la célula. Cloroplasto parietal, células vegetativas con 1-2 (hasta varios) pirenoides bien visibles con envoltura de almidón. Reproducción mediante zoósporas que se liberan mediante una ruptura en la pared celular. Dimensiones: células (completa) 23.5-54.4 x 3.1-9.6 μm , punta del extremo 9.8 a 18.9 μm de largo.

Ecología: dispersa en pequeños estanques con vegetación y pantanos, a veces también pasada por alto en el plancton, quizás también en ríos.

En algunos casos las células son muy similares a *Schroederia indica* Philipose, aunque las células no están en un solo plano. Según Hegewald & Schnepf (1986) este carácter no tiene validez taxonómica y se trata de la misma especie.

Citas previas: Tarragona (Cambra et al., 1998 sub *Schroederia indica*; Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Cádiz: laguna de Medina, embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.
- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: laguna Escalera.

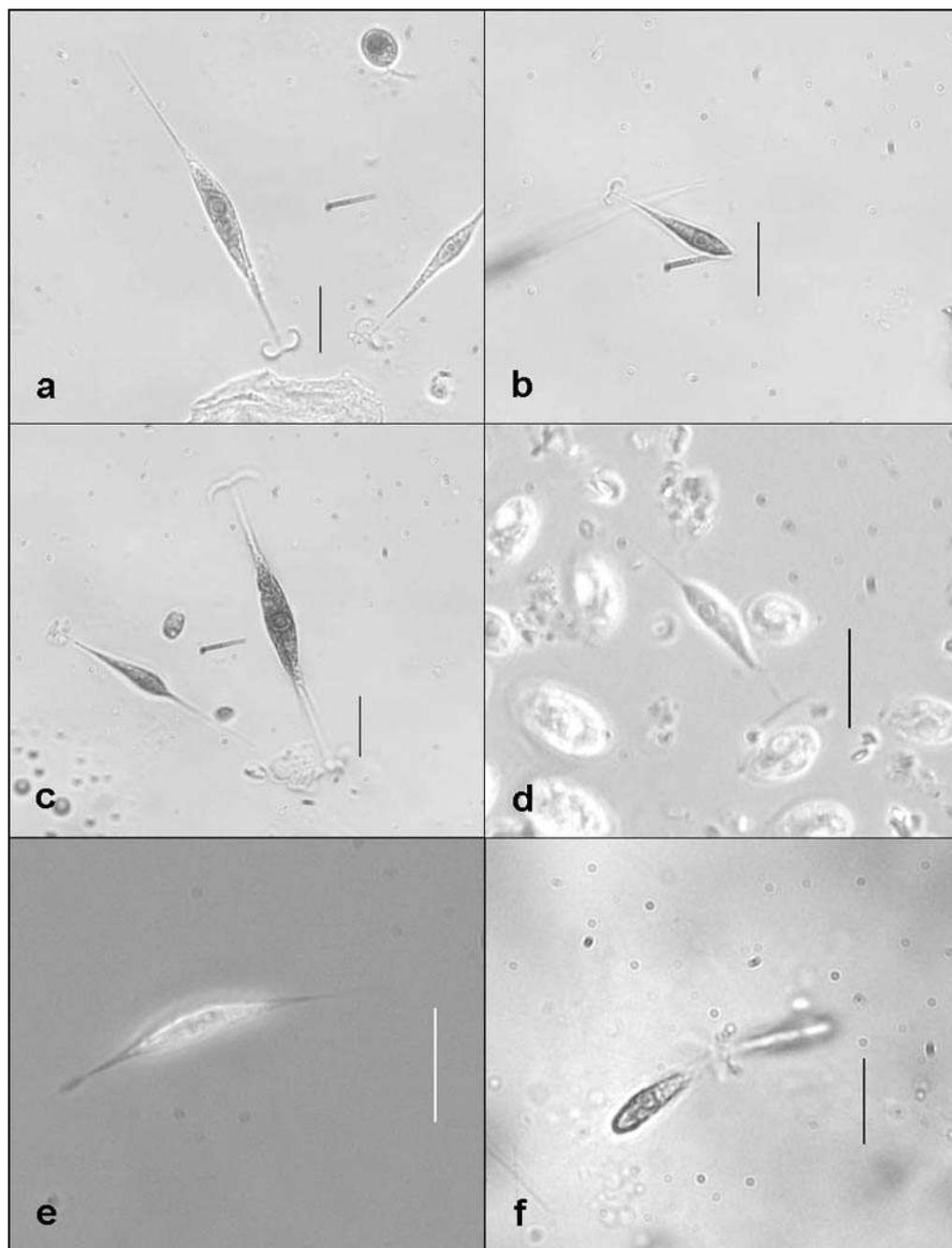


LÁMINA 2: **a-d**, *Ankyra judayi*. **e**, *Ankyra lanceolata*. **f**, *Paradoxia multiseta*. Escala: 10 μ m.

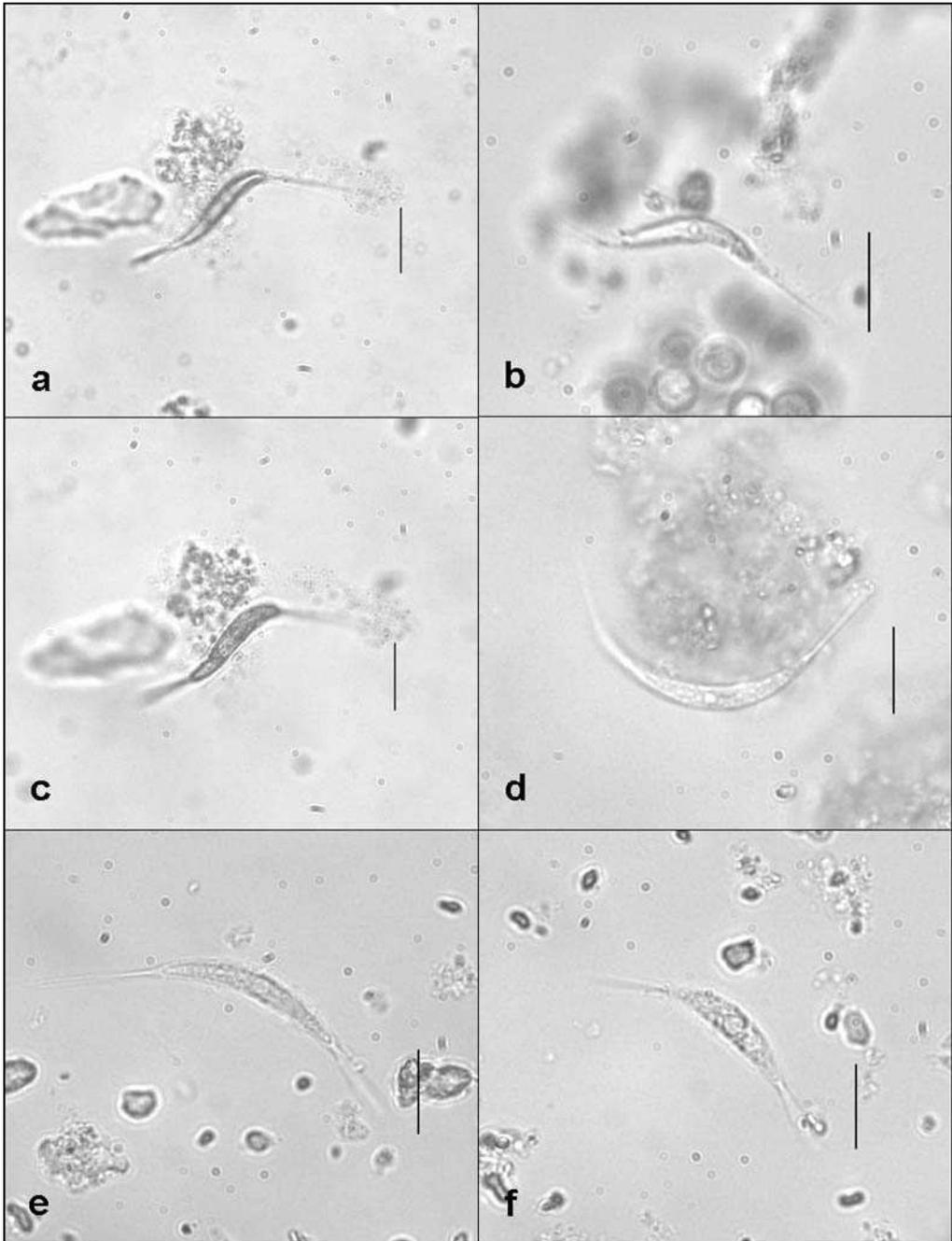


LÁMINA 3 a-c, *Pseudoschroederia antillarum*. **d-f,** *Pseudoschroederia robusta*. Escala: 10 μ m.

Familia Treubariaceae (KORŠIKOV) FOTT 1960

Células solitarias, esféricas, elipsoidales, triangulares o tetraédricas con ángulos redondeados. Pared celular a menudo separada del protoplasto, en los márgenes con apéndices alargados o proyecciones. Protoplasto esférico o tetraédrico-redondeado. Cloroplasto discoidal o acopado, con o sin pirenoide. Reproducción por zoósporas biflageladas, hemizoósporas, más raramente por autósporas. Género tipo: *Treubaria* Bernard 1908.

Únicamente hemos hallado representantes de un género:

***Treubaria* BERNARD 1908**

Células solitarias, esféricas, triangular-redondeadas, tetraédricas hasta esféricas o planas, con 3-5 ángulos; pared celular delgada, formada por 3-8 partes, en células adultas levemente separada del protoplasto. En los ángulos la pared presenta proyecciones largas, generalmente hialinas, rectas, cónicas, gradualmente atenuadas y agudas, ensanchadas en la parte inferior. Alrededor de la célula a menudo una envoltura mucosa fina, incolora. Protoplasto esférico o tetraédrico redondeado. Uno a varios cloroplastos parietales; en células jóvenes un pirenoide, en adultas de 1-4. Reproducción por 2-4 hemizoósporas sin estigma ni flagelos. Especie tipo: *Treubaria triappendiculata* Bernard 1908.

Los análisis moleculares realizados en este género, concretamente con las especies *T. schmidlei* y *T. setigera*, lo sitúan filogenéticamente muy cerca de los géneros *Cylindrocapsa*, *Trochiscia* y *Elakatothrix*, tanto en base a 18S rDNA como a 26S rDNA (Buchheim et al., 2001). Un criterio ultraestructural que une *Treubaria* con *Cylindrocapsa* es el pirenoide con invaginaciones citoplasmáticas. *Cylindrocapsa* produce zoósporas cuadriflageladas y *Treubaria* puede no ser únicamente autospórico: Reymond (1979, 1980) describe en *T. setigera* zoósporas cuadriflageladas, además se han visto en este taxon autósporas con vacuolas contráctiles:

hemizoósporas (Fott & Kovácik, 1975). En base a los análisis de 18S rDNA, este clado quedaría ubicado dentro del orden Chlamydomonadales, aliado con los taxa que producen estadios quadriflagelados; pero estos resultados tienen un soporte muy débil y los estudios de 26S rDNA no los apoyan (Buchheim et al., 2001). Para la ubicación definitiva de este grupo harían falta futuros estudios.

Por todo esto, de momento, *Treubaria* se halla dentro de las Chlorophyceae; pero su sistemática a nivel de orden y familia es incierta, no obstante seguimos el criterio tradicional de incluirla en Treubariaceae, de la que además es el género tipo. En nuestras muestras sólo está representada una especie:

***Treubaria schmidlei* (SCHRÖDER) FOTT & KOVÁCIK 1975**
(Lám. 4 a-b)

Syn.: *Polyedrium schmidlei* Schröder 1898, *Tetraedron schmidlei* (Schröd.) Lemm. 1903, *Treubaria varia* Tiff. et Ahlstr. 1931

Descripción: Células con protoplasto mayormente tetraédrico, raramente triangular, con extremos redondeados y lados convexos, a veces esférico. En los ángulos (3)-4-(más) apéndices incoloros, cuyas bases, especialmente en células adultas, forman una capa externa alrededor del protoplasto interno. Apéndices rectos, gradualmente atenuados hacia el extremo, agudos o truncados, hialinos. Cloroplasto con un pirenoide, 4 en células adultas. Reproducción poco conocida, sólo se ha visto la división del protoplasto en 4 partes. Dimensiones: células 10-11.4 µm de diámetro, apéndices 17.4-30 µm de longitud.

Ecología: en el plancton de distintas aguas, siempre esporádica y aislada.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Familia Golenkiniaceae (KORŠIKOV) KOMÁREK 1979

Esta familia se incluye actualmente en el orden Chlamydomonadales, dentro de la clase Chlorophyceae (Wolf et al., 2003a).

Células solitarias, a veces envueltas por un fino mucílago; pared celular con finas setas o apéndices en forma de verrugas, cloroplasto parietal con un pirenoide. Reproducción por zoósporas o hemizoósporas, a veces también por autósporas. Género tipo: *Golenkinia* Chodat 1894.

Se ha encontrado un solo género con una única especie:

Golenkinia CHODAT 1894

Células generalmente solitarias, esféricas; pared celular gruesa con numerosas setas hialinas rígidas. Cloroplasto parietal con un pirenoide oval-reniforme con una cubierta de almidón fragmentada. Reproducción por (2)-4 hemizoósporas sin estigma, pero con vacuolas contráctiles, que dejan la célula materna y se desarrollan como autósporas, sólo raramente se desarrollan dentro de la célula materna. Especie tipo: *Golenkinia radiata* Chodat 1894.

Golenkinia radiata CHODAT 1894 (Lám. 4 c-d)

Descripción: Células esféricas, rodeadas por una estrecha envoltura mucosa. Pared celular con setas largas, delgadas y rectas; cloroplasto con un pirenoide reniforme con envoltura de almidón en 2-3 piezas.

Reproducción por 4 hemizoósporas. Dimensiones: células 9.8-11.2 μm , setas hasta 24 μm de longitud.

Ecología: dispersa en el plancton de pequeños sistemas acuáticos, probablemente cosmopolita pero nunca frecuente.

Citas previas: Barcelona, Cádiz, Gerona, Huelva, Lugo, Murcia, Tarragona, Toledo, Valencia (Cambra et al., 1998), Granada (Sánchez Castillo, 1983).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cádiz: embalse de los Hurones.

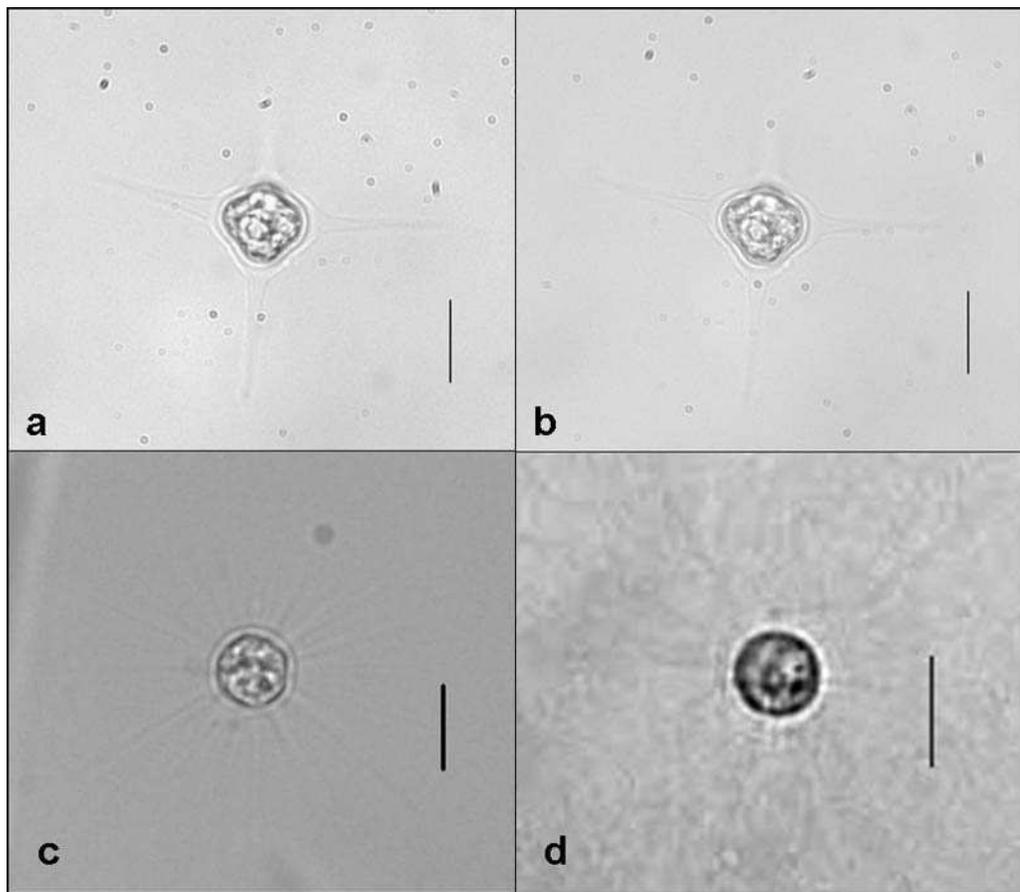


LÁMINA 4: **a-b**, *Treubaria schmidlei*. **c-d**, *Golenkinia radiata*. Escala: 10 μm .

Familia Hydrodictyaceae COHN 1880

La taxonomía de esta familia estaba basada únicamente en caracteres morfológicos. Wilcox et al. (1992) hacen un estudio molecular con ADN de *Hydrodictyon* y sus resultados apoyan la clasificación morfológica porque relacionan *Hydrodictyon* con *Pediastrum*, pero ese estudio no incluye otros géneros de la familia. McManus & Lewis (2002) secuencian ADN de *Hydrodictyon* y *Pediastrum* y sus resultados sugieren que *P. duplex* e *Hydrodictyon* están emparentados y tienen a *P. boryanum* como ancestro común.

Buchheim et al. (2005) en un estudio sobre análisis de secuencias de 18S rDNA, 26S rDNA (parcial) e ITS-2 de *Chlorotetraedron*, *Hydrodictyon*, *Pediastrum*, *Sorastrum* y *Tetraedron*, confirman a la familia Hydrodictyaceae como monofilética, de la que excluyen a *Chlorotetraedron* y *Tetraedron*. Los autores mencionados señalan las estrechas relaciones entre *Hydrodictyon*, *Pediastrum* y *Sorastrum*; pero pueden considerarse géneros separados atendiendo a la "diferente morfología de las colonias". En el caso específico de *Pediastrum*, se comprueba que no es monofilético, pudiendo ser dividido en 5 géneros independientes.

La familia engloba géneros que forman cenobios planos, esféricos o reticulados, generalmente con una sola capa de células, compuestos por dos hasta cientos de células; células aplanadas, alongadas, poligonales, unidas estrechamente una con otra por sus extremos o por sus lados, dejando o no espacios libres entre ellas, a menudo con protuberancias o apéndices dirigidos hacia fuera del cuerpo celular; multinucleadas; cloroplasto parietal, masivo, con uno o varios pirenoides; pared celular lisa u ornamentada por verrugas o costillas irregulares; reproducción por hemizoósporas que forman un cenobio dentro de la célula materna o dentro de una vesícula intracelular donde se ordenan y forman un cenobio hijo; reproducción sexual por isogamia. Los cigotos germinan en zoósporas biflageladas que después de nadar corto tiempo se transforman en células poliédricas (los denominados

poliedros). En estos poliedros se forman zoósporas que originarán los cenobios vegetativos. Género tipo: *Hydrodictyon* ROTH 1800.

En este estudio se hallaron especies de un solo género:

***Pediastrum* MEYEN 1829**

Cenobios planos, generalmente circulares o irregularmente ovales. Células en el cenobio ordenadas en círculos concéntricos, más raramente en espiral. Células aplanadas, fuertemente unidas por sus lados o dejando espacios entre ellas. Pueden distinguirse dos tipos de células: las externas, con una a cuatro proyecciones, y las internas, sin proyecciones y a veces con incisiones. Las proyecciones son simples o bifurcadas, en el mismo plano del cenobio o no, se diferencian morfológicamente en un lóbulo ancho y un apéndice estrecho hialino, y pueden presentar setas hialinas; cloroplasto parietal con pirenoide; pared celular gruesa, lisa u ornamentada. Reproducción por zoósporas biflageladas, sexualmente por isogamia. Especie tipo: *Pediastrum duplex* Meyen 1829.

La monografía de Komárek & Jankovská (2001) establece para este género siete tipos distintos de paredes celulares en base a las ornamentaciones que presentan, considerando este carácter como valioso taxonómicamente, junto con las modificaciones en las formas de los cenobios.

Carlson (2002) analiza ADN de *Pediastrum* y sus datos sugieren que el género no es monofilético. Más adelante, Hegewald en Buchheim et al. (2005) divide a *Pediastrum* en 5 géneros independientes: *Pediastrum* s. str., restablece *Monactinus* Corda 1839 y *Stauridium* Corda 1839, y describe dos nuevos géneros: *Parapediastrum* y *Pseudopediastrium*, sin embargo los cambios taxonómicos no incluyen a todas las especies del antiguo género ni a todas las variedades dentro de cada especie. Algunas transferencias como *Parapediastrium longecornutum* y *Monactinus asymmetricum* se basan en

similitudes morfológicas con las especies tipos de los nuevos géneros (*P. biradiatum* y *M. simplex*, respectivamente).

Debido a que no se han estudiado todas las especies sobre bases genético-moleculares y no se han efectuado todos los cambios nomenclaturales consecuentes, trataremos en esta Memoria el género *Pediastrum* en un sentido amplio, indicando, si es posible, la denominación actual de los taxa.

Pediastrum boryanum (TURPIN) MENEGHINI 1840 (Lám. 5 a-c)

Syn.: *Hierella boryana* Turpin 1828

Descripción: Cenobios planos no perforados, o con espacios intercelulares muy pequeños. Células poligonales unidas por toda su pared. Las marginales se dividen en dos lóbulos orientados en el mismo plano del cenobio, formando dos proyecciones anchas y relativamente cortas, terminadas en apéndices hialinos finos. Los extremos de estos apéndices son truncados o algo capitados. Pared celular uniformemente granulada. Dimensiones: cenobios hasta 102 μm , células hasta 20 x 17 μm .

Ecología: común en el plancton y sobre la vegetación, cosmopolita.

Actualmente esta especie se incluye en el género *Pseudopediastrum* Hegewald in Buchheim et al. 2005, pero no se han secuenciado representantes de todas sus variedades, ni se han realizado los cambios nomenclaturales.

var. ***boryanum*** (Lám. 5 a-b)

Cenobio sin espacios intercelulares, con 4-64 células, pared celular fina y densamente granulada. Cenobios hasta 102 μm , células hasta 20 x 17 μm .

var. ***brevicorne*** A. BRAUN 1855 (Lám. 5 c)

Cenobio sin espacios intercelulares, pared celular levemente granulada, células marginales con cortos apéndices. Cenobios hasta 94.2 µm, células 13.7-24.1 µm de diámetro.

Citas previas: Álava, Albacete, Alicante, Asturias, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Guadalajara, Guipúzcoa, Huelva, Huesca, Ibiza, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Mallorca, Menorca, Murcia, Navarra, Orense, Palencia, Pontevedra, Salamanca, Segovia, Sevilla, Soria, Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Valladolid, Vitoria, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

var. *brevicorne*: Barcelona, Ciudad Real, Huelva, Huesca, Ibiza, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Murcia, Tarragona, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

var. ***boryanum***

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria, navajo de Matanegra, laguna de Maguilla
- Cáceres: laguna Grande, charca de Brozas.
- Córdoba: laguna de Zóñar.
- Granada: embalse de Béznar, laguna de Río Seco Inferior, laguna de Aguas Verdes, embalse de Cubillas.
- Huelva: laguna de Santa Olalla.
- Jaén: embalse de Vadomojón, laguna Grande.
- Málaga: laguna Grande de Archidona.
- Sevilla: laguna Escalera.
-

var. ***brevicorne***

- Granada: embalse de Cubillas.

Pediastrum duplex MEYEN 1829 (Lám. 5 d-f)

Descripción: Cenobios circulares, planos, perforados, formados por células en forma de H, las marginales con dos proyecciones largas, dispuestas en el plano del cenobio. En los extremos de las proyecciones hay

apéndices cilíndricos cortos, anchos; pared celular lisa, granulada o con ornamentaciones en forma de líneas. Dimensiones: cenobios hasta 125 μm , células marginales 8.6-20.3 μm , células internas 6.3-20.5 μm .

Nuestras poblaciones pertenecen a la variedad ***duplex***.

Ecología: difundida en el plancton y perifiton, probablemente cosmopolita.

Se trata de la especie tipo del género *Pediastrum* s. str. sensu Hegewald in Buchheim et al. (2005).

Citas previas: Álava, Alicante, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Castellón, Ciudad real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Guadalajara, Huelva, Jaén, La Coruña, La Rioja, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Murcia, Orense, Salamanca, Segovia, Sevilla, Soria, Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Valladolid, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cáceres: laguna Grande.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Béznar.
- Huelva: laguna de Santa Olalla, laguna Dulce, laguna El Portil.
- Jaén: embalse de Vadomojón, laguna Grande, embalse de Guadalén.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Pediastrum simplex MEYEN 1829 (Lám. 6 a-d)

Descripción: Cenobios más o menos circulares, perforados o no. A menudo presentan sólo un anillo de células marginales con un gran espacio central. Células del margen con una sola proyección, progresivamente atenuada, estrecha, no ramificada, pared celular densamente granulada, verrugosa o espinosa. Dimensiones: cenobios hasta 160 μm , células marginales 14-35 x 7-17 μm , células internas 8-20 x 7-15 μm .

Ecología: en el plancton de diversas aguas más o menos eutróficas. Cosmopolita; aunque más frecuente en las zonas más cálidas.

Esta especie en los análisis filogenéticos aparece separada del resto, y su morfología se corresponde con la descripción del género *Monactinus* Corda 1839, por lo que este género se restablece, incluyendo *M. simplex* (Meyen) Corda y *M. asymmetricum* (Yamagishi et Hegewald) Hegewald in Buchheim et al., aunque de esta última especie no se tienen datos genéticos y el criterio para esta transferencia es morfológico (Buchheim et al., 2005). No se han dado conclusiones acerca de la existencia de los taxa infraespecíficos desde un punto de vista genético-molecular, de modo que los cambios taxonómicos aún no se han publicado.

No entendemos conveniente presentar novedades taxonómicas a nivel de variedades (nuevas combinaciones) dentro de la especie por no disponer de datos moleculares que las sustenten.

var. ***simplex*** (Lám. 6 a-b)

Syn.: *Monactinus ovatus* Kütz. 1849; *M. triangulum* Kütz. 1849; *M. duodenarium* Bail. 1855; *Pediastrum ovatum* (Ehrenb.) A. Br. 1855

Cenobios perforados, pared celular uniformemente granulada.

var. ***biwaense*** FUKUSHIMA 1956 (Lám. 6 c)

Células externas asimétricas en su base, con las proyecciones muy próximas entre células vecinas y más o menos en paralelo, proyecciones cónicas en la base, con un apéndice alargado cilíndrico. Células: 10-45 x 8-24 µm. Más frecuente en zonas tropicales o más cálidas.

Hegewald & Yamagishi (1994) señalan que la estructura de la pared celular de este tipo es semejante a la de la variedad *pseudoglabrum* Parra, y no es convincente que el ordenamiento de las células marginales en pares sirva de base para la separación de dos variedades independientes, aunque destacan que estas poblaciones (*biwaense*) son más frecuentes en los trópicos y en zonas cálidas del planeta. Desde el punto de vista nomenclatural, los citados autores indican que en caso de aceptarse esta

variedad, debería aplicarse otro epíteton, ya que *biwaense* (Fukushima, 1956) es nomen nudum, por tanto invalidado según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

var. ***echinulatum*** WITTROCK 1883 (Lám. 6 d)

Cenobios ligeramente perforados, los viejos a menudo sin perforar, pared celular cubierta irregularmente con grandes verrugas, que parecen cortas espinas (hasta 1 μm).

Citas previas: Alicante, Asturias, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Gran Canaria, Guadalajara, Huelva, Huesca, Jaén, La Rioja, Lérida, Madrid, Murcia, Pontevedra, Salamanca, Segovia, Sevilla, Tarragona, Toledo, Valencia, Valladolid, Vitoria, Zamora, Zaragoza. Variedades *biwaense* y *echinulatum* no citadas en la Península Ibérica (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

var. ***simplex***

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Iznájar, embalse de Puente Nuevo, embalse de Guadalquivir.
- Huelva: laguna El Portil.
- Jaén: embalse de Rúmbler, embalse de Panzacola, laguna Grande.
- Málaga: laguna Grande de Archidona.
- Sevilla: laguna Escalera, embalse de Alcalá del Río.

var. ***biwaense***

- Córdoba: embalse de Guadalquivir.
- Jaén: embalse de Guadalén, embalse de Rúmbler, embalse de Panzacola, embalse de Mengíbar.
- Sevilla: embalse de Cala.

var. ***echinulatum***

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Jaén: embalse de Guadalén.

***Pediastrum tetras* (EHRENBERG) RALFS 1844 (Lám. 6 e-f)**

Syn.: *Pediastrum rotula* Kütz. 1845, *P. ehrenbergii* (Corda) A. Br. 1855, *P. incavatum* Turn. 1892

Descripción: Cenobios con células ordenadas de forma concéntrica, no perforados, en general con 4-16 células. Células marginales con dos proyecciones sin apéndices, cada una con dos ramas; las ramas internas en general más largas que las externas, que a menudo sólo están reducidas a formaciones como verrugas o casi ausentes; incisiones entre las proyecciones en forma de U; células internas poligonales, con incisiones en forma de U estrecha. Dimensiones: cenobios hasta 32 µm, células 6-13.5 µm de diámetro.

Ecología: en el plancton y vegetación en pequeñas aguas, estanques y lagos.

Esta especie, junto con *P. privum*, constituye según el análisis molecular un clado robusto diferenciado del resto de las especies, y por ello se transfiere al restablecido género *Stauridium* Corda 1839 (Hegewald in Buchheim et al., 2005).

Citas previas: Álava, Albacete, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Gran Canaria, Guadalajara, Huelva, Huesca, Ibiza, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérica, Lugo, Madrid, Orense, Pontevedra, Salamanca, Tarragona, Toledo, Valladolid, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Almería: balsa de Punta Entinas.
- Badajoz: navajo de Matanegra.
- Huelva: laguna de Sopotón.

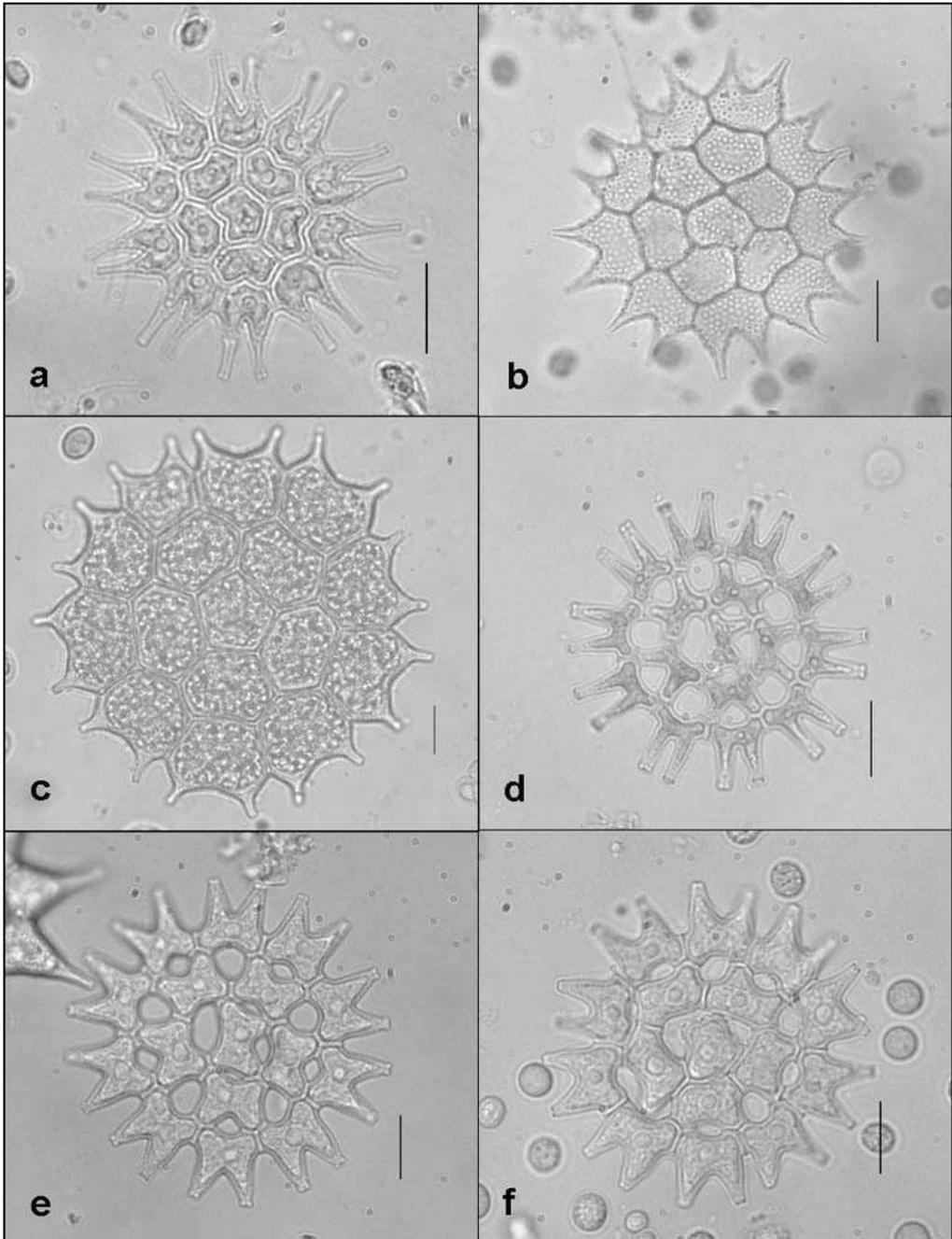


LÁMINA 5: **a-b,** *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*. **c,** *Pediastrum boryanum* var. *brevicorne*. **d-f,** *Pediastrum duplex*. Escala: 10 μ m.

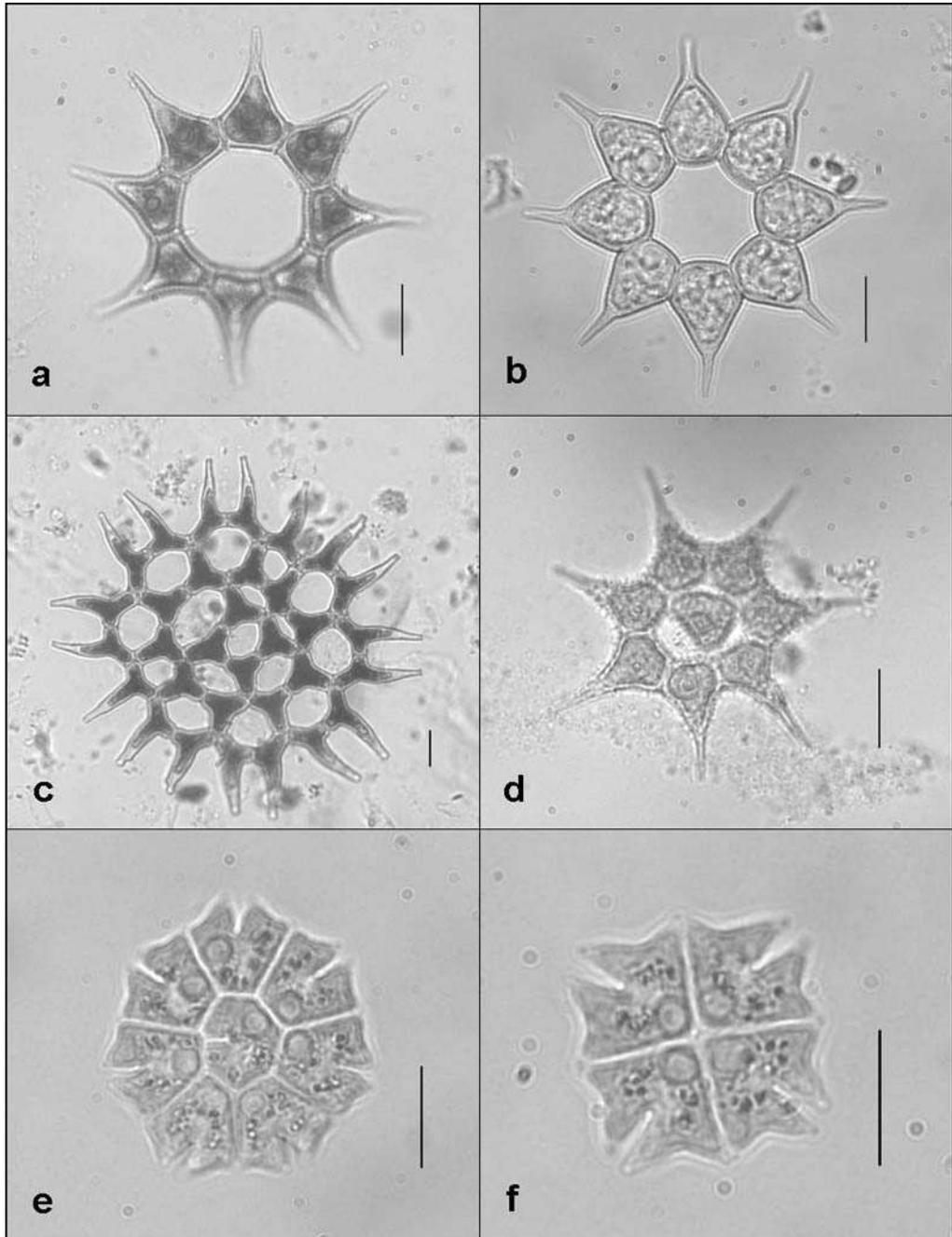


LÁMINA 6: **a-b**, *Pediastrum simplex* var. *simplex*. **c**, *Pediastrum simplex* var. *biwaense*. **d**, *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*. **e-f**, *Pediastrum tetras*. Escala: 10 μ m.

Familia Micractiniaceae (BRUNNTHALER) G. M. SMITH 1950

Esta familia fue establecida por G. M. Smith, quien elevó a esta categoría la subfamilia Micractinieae, que entonces se encontraba dentro de Chlorellaceae (Brunnthaler, 1915). En la obra de Komárek & Fott (1983) se mantiene como familia independiente, pero los estudios moleculares realizados recientemente no apoyan la separación de esta familia (Krienitz et al., 2004; Luo et al., 2005, 2006), ya que su género tipo, *Micractinium*, está muy relacionado con *Chlorella*. Por lo tanto, la tradicional familia Micractiniaceae ha sido rechazada y ha pasado a formar parte de la familia Chlorellaceae en la clase Trebouxiophyceae.

Células solitarias o en colonias, más o menos esféricas u ovals, con largas setas finas en la superficie. Cloroplasto parietal con pirenoide rodeado de almidón. Reproducción por autósporas. En algunos taxa se conoce reproducción sexual por oogamia. Género tipo: *Micractinium* Fresenius 1858.

Hemos hallado dos géneros:

Dicellula SVIRENKO 1926

Células ovals o elipsoidales mayormente de 2 en 2 con sus lados largos unidos, raramente solitarias o reunidas en grupos de 4-(8). Pared celular con finas y largas setas; cloroplasto parietal, en células jóvenes único, más tarde se divide en 2, cada uno con un pirenoide. Reproducción por (4)-8 autósporas, que se agrupan en pares. Especie tipo: *Dicellula planctonica* Svirenko 1926.

Este género se ubicaba dentro de la familia Micractiniaceae, pero no se ha estudiado a nivel molecular.

Dicellula geminata (PRINTZ) KORŠIKOV 1953 (Lám. 7 a-b)
Syn.: *Franceia geminata* Printz 1914

Descripción: células ovales, en general unidas en pares por sus lados largos. En la superficie numerosas setas hialinas, generalmente más cortas que la longitud celular, finas, sin engrosamientos basales. Cloroplastos parietales, 1 ó 2, con pirenóide. Reproducción no observada. Dimensiones: 11.3 x 6.8 µm.

Ecología: planctónica.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.

Micractinium FRESENIUS 1858

Colonias más o menos poliédricas de 4 a numerosas células esféricas, ovales o elipsoide-ovadas, con 1-8 setas muy largas, finas, que en algunas especies se ensanchan en la base. Alrededor de las células, a veces, una estrecha envoltura mucosa. Cloroplasto parietal, acopado, con pirenóide a veces poco visible. Reproducción por autósporas o por oogamia (sólo observada en una especie). Especie tipo: *Micractinium pusillum* Fresenius 1858.

Como hemos mencionado, la especie tipo de este género, *M. pusillum* Fresenius, tras estudios genético-moleculares, ha sido transferida a la clase Trebouxiophyceae, familia Chlorellaceae por ser muy cercana a *Chlorella*. Según los últimos estudios basados en secuencias de rDNA, estos dos géneros, aun siendo muy cercanos, pueden mantenerse como independientes (Luo et al., 2006). Fenotípicamente, la diferenciación se fundamenta en la capacidad de formar setas y colonias en determinadas condiciones ambientales por parte de *Micractinium*.

Sin embargo, no se han estudiado otras especies además de la tipo, aunque es probable que en un futuro sean también confirmadas como Trebouxiophyceae.

Micractinium crassisetum HORTOBÁGYI 1973 (Lám. 7 c-d)

Descripción: Células esféricas, raramente solitarias, mayormente en colonias más o menos tetraédricas, más raramente planas, de 4 células. Cloroplasto parietal, con un pirenoide bien visible. Pared celular con (1)-2-3-(4) setas cónicas, rígidas, hialinas y huecas, rectas, que se atenúan desde la base en una punta afilada. Reproducción por 4 autósporas. Dimensiones: células 5.2-7.1 μm , setas 1.2-1.9 μm de ancho en la base y 10.6-13.2 μm de longitud.

Ecología: planctónica, rara.

En nuestra población, la longitud de las setas es inferior a la descrita en la literatura (Komárek & Fott, 1983; Comas, 1996), pero se ha demostrado en varios estudios que éste es un carácter muy variable en función de las condiciones ambientales (Luo et al., 2005, 2006).

Citas previas: hallada en el río Júcar (Comas, in litt.).

Nuevos registros:

- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Micractinium pusillum FRESENIUS 1858 (Lám. 7 e-f)

Descripción: Células esféricas, raramente solitarias, mayormente en colonias de numerosas células. Cloroplasto parietal, con pirenoide. Cada célula con 2-4-8 setas muy finas. Reproducción por (2)-4-16 autósporas o por oogamia. Dimensiones: células 4.8-6.2 μm , setas hasta 32 μm .

Ecología: en el plancton de lagos y estanques, más raramente en pequeños acuatorios eutróficos o marcadamente eutróficos, probablemente cosmopolita.

De igual forma que en la especie anterior, la longitud de las setas de nuestras muestras es menor que la descrita en la literatura, probablemente debido a factores ambientales.

Citas previas: Barcelona, Cáceres, Gerona, Granada, Madrid, Tarragona, Toledo (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: laguna de Maguilla.
- Cáceres: charca de Brozas.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Jaén: embalse de Guadalén.

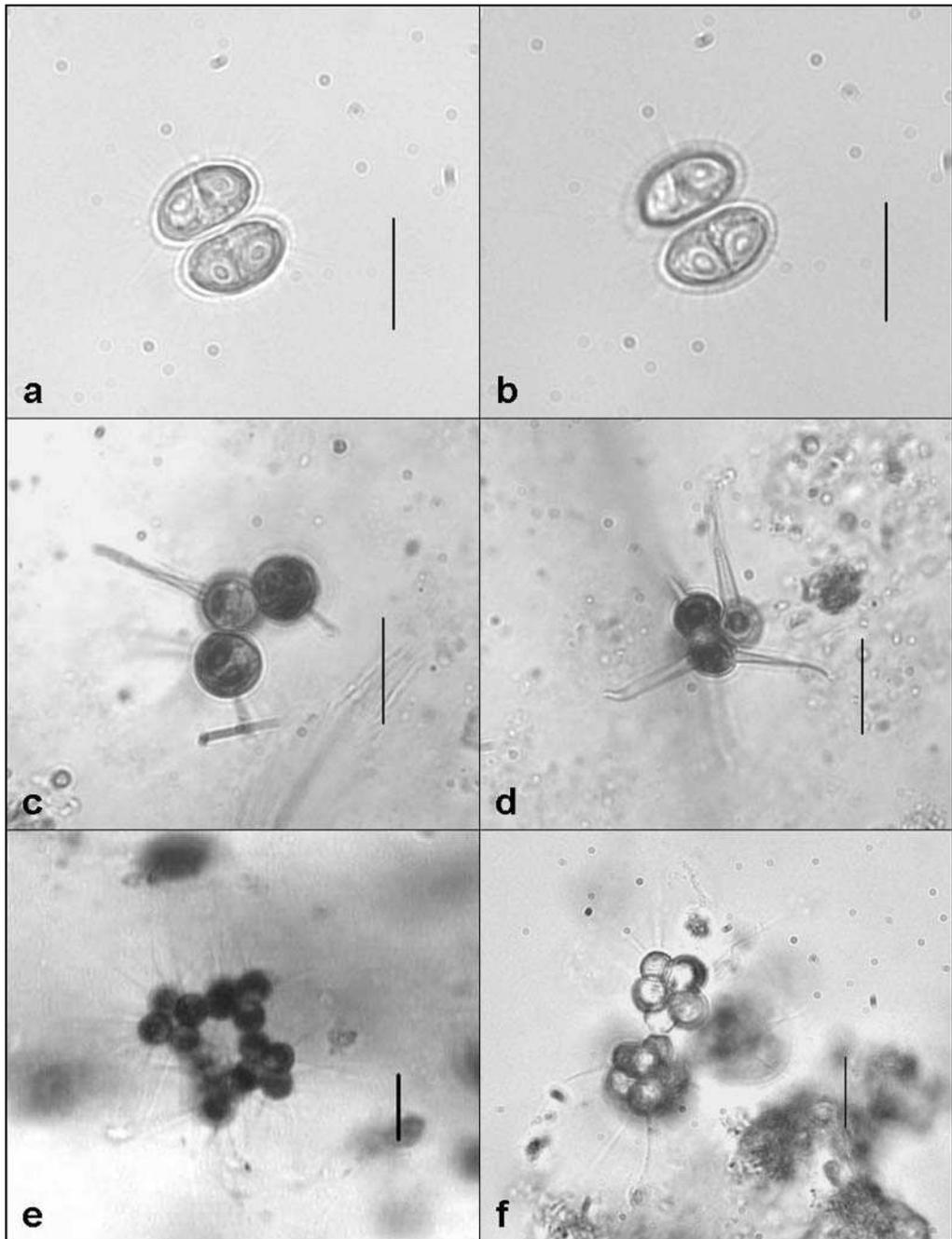


LÁMINA 7: **a-b**, *Dicellula geminata*. **c-d**, *Micractinium crassisetum*. **e-f**, *Micractinium pusillum*. Escala: 10 μm .

Familia Botryococcaceae WILLE 1909

En el caso de las Botryococcaceae no hay ningún estudio molecular a nivel de familia completa. Únicamente se han estudiado algunas secuencias génicas de las especies *Botryococcus braunii* Kützing (Sawayama et al., 1995; Okada et al., 2000; Senousy et al. 2004; Kagiwada et al., 2005) y *Dictyosphaerium pulchellum* Wood (Krienitz et al., 2004) y, como resultado de estos estudios, estas especies han quedado ubicadas en la clase Trebouxiophyceae.

Puesto que no existen datos moleculares de ningún otro taxon, no está claro si la familia Botryococcaceae es o no monofilética. En este estudio, mientras no existan datos que lo desmientan, seguimos aceptando el concepto tradicional de esta familia (sensu Komárek & Fott, 1983), pero debemos tomar en cuenta su transferencia a las Trebouxiophyceae, ya que los únicos datos moleculares existentes hasta la fecha se basan en *B. braunii*, tipo nomenclatural del género y de la familia.

Según el concepto tradicional, esta familia incluye géneros constituidos por colonias irregulares que viven flotando libremente o fijadas a un sustrato, cuyas células están unidas mediante pedúnculos o ramas gelatinosas, formadas a partir de paredes celulares maternas viejas más o menos gelatinizadas. Las células son esféricas, ovals, ovoides hasta elipsoidales; presentan un cloroplasto parietal, con o sin pirenoide. Su reproducción es asexual, exclusivamente mediante autósporas; sólo en una especie de *Dictyosphaerium* se observó reproducción sexual por oogamia (Komárek & Fott, 1983). Género tipo: *Botryococcus* Kützing 1849. Hemos hallado representantes de los siguientes géneros:

Botryococcus KÜTZING 1849

Colonias compuestas por túbulos gelatinosos que se disponen más o menos radialmente; a veces se forman colonias compuestas unidas por tractos mucosos. En su periferia se disponen las células incluidas parcial o totalmente en los túbulos gelatinosos; células cilíndricas, elipsoidales, ovals u obovadas; cloroplasto parietal con pirenoide poco visible. Reproducción por 2-4 autósporas. Especie tipo: *Botryococcus braunii* Kützing 1849.

A pesar de ser un taxon frecuente en el plancton de aguas con diferente ecología y amplia distribución geográfica, incluso como elemento importante en los florecimientos y coloración de las aguas, su taxonomía es complicada y realmente difícil la definición de sus especies.

De acuerdo con Komárek & Marvan (1992), es posible distinguir 9 especies, aunque se definen otros grupos morfológicos que aún permanecen sin evaluar taxonómicamente. Ambos autores establecen los caracteres diagnósticos de cada una de las especies; sin embargo, hemos podido comprobar que muchos de estos caracteres no son siempre detectables en las poblaciones naturales, o son tan variables, que no es posible establecer en todos los casos una absoluta identidad de nuestras poblaciones con las especies descritas; no obstante, podríamos reconocer en nuestros materiales las especies siguientes:

Botryococcus braunii KÜTZING 1849 (Lám. 8 a-b)

Syn.: *Botryococcus giganteus* Reinsch 1877, *Gomphosphaeria aurantiaca* Bleisch sensu Dangeard 1889, *Thallosesmium wallichianum* Turn. 1892

Descripción: Colonias irregulares, compactas o formadas por subcolonias conectadas por cordones mucilaginosos, compuestas por numerosas células ordenadas de forma más o menos radial, inmersas en su totalidad dentro de la colonia o sobresaliendo hasta $2/3$ de su longitud; células estrechamente ovals, obovoides hasta cilíndricas; cloroplasto

parietal con un pirenoide inconspicuo; reproducción por 2 autósporas. Dimensiones: células de 5.5-8 x 3-3.8 μm , colonias de hasta 107 μm .

Ecología: planctónica en aguas mesotróficas o levemente eutróficas, distribuida de forma dispersa por zonas templadas y tropicales.

Siguiendo el concepto de Komárek & Marvan (1992) para la especie, los ejemplares de la laguna de Garcíez no presentan los típicos tapacetes o caperuzas mucosas que recubren los extremos distales de las células, pero en la población de la balsa del Sabinar sí hemos logrado observarlos.

Citas previas: Álava, Asturias, Badajoz, Barcelona, Burgos, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Huelva, La Coruña, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Murcia, Orense, Pontevedra, Salamanca, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Almería: balsa del Sabinar.
- Jaén: laguna de Garcíez.

Botryococcus cf. protuberans W. et G. S. WEST 1905 (Lám. 8 c-d)

Descripción: Colonias irregulares, alargadas en una dirección o posteriormente en un aglomerado relativamente denso, generalmente compuestas por grupos celulares conectados por tractos mucosos más o menos estrechos, de 1.0-4.1 μm de ancho; células básicamente obovoides, incluidas totalmente dentro de la colonia o emergiendo de la periferia $1/3$ de su longitud; cloroplasto parietal, pirenoides o estructuras similares no observados; reproducción por 2 autósporas. Dimensiones: células 5.5-8.5 x 3.8-5.4 μm ; colonias de 25-64.8 μm .

Ecología: planctónica en lagos claros oligo- a mesotróficos o levemente eutróficos, ampliamente distribuida.

Los ejemplares de nuestra población (Navajo de Matanegra, Badajoz) pudieran identificarse con la especie atendiendo más a la morfología de las colonias que a la forma y ubicación de las células en la misma: las colonias

irregulares se alargan en una dirección, y se componen por grupos celulares unidos mediante cordones mucilaginosos de relativa longitud. En el *B. protuberans* típico (al menos en las poblaciones tropicales así denominadas) además de las formas coloniales descritas, las células, alargado-obovadas hasta cilíndricas, usualmente emergen de la superficie colonial, cubriendo sus vainas mucosas sólo $1/3$ de las células; células totalmente cubiertas por la colonia pueden también aparecer, pero con poca frecuencia. En nuestras muestras, los individuos examinados presentan células obovoides, algo alargadas, más pequeñas, excepcionalmente emergiendo de la colonia sólo hasta $1/3$ de su longitud.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Badajoz: navajo de Matanegra.

Botryococcus terribilis KOMÁREK et MARVAN 1992 (Lám. 8 e-f)

Syn.: *B. braunii* Kützing sensu Margalef et al. 1977, Fig. A-18: 1-3; *B. braunii* Kützing sensu auct. plur.

Descripción: Colonias multicelulares, irregulares, con células densamente aglomeradas y dispuestas más o menos de forma radial en la periferia colonial, cubiertas totalmente o, frecuentemente, emergiendo de la superficie colonial desde $1/3$ a $1/2$ de su longitud; margen de la colonia a menudo con apéndices gelatinosos cortos o relativamente largos, irregulares; células ovales u obovoides; cloroplasto parietal con una estructura diferenciada semejante a un pirenoide; reproducción por 2 autósporas. Dimensiones: células 5-9 x 4-7 μm , colonias 41-105 μm de diámetro.

Ecología: especie común, usualmente en plancton de pequeños y grandes acuatorios alcalinos, probablemente cosmopolita.

Es la especie más frecuente en nuestras muestras, que pueden identificarse bajo este nombre atendiendo a la morfología colonial, especialmente por la presencia de apéndices mucosos en sus márgenes, y a la densidad de células dentro de la colonia. De acuerdo con la literatura revisada *B. terribilis* presenta células más grandes en relación con el diámetro colonial en comparación con *B. braunii*, donde las células son más pequeñas en relación al diámetro colonial, de manera que estas últimas poseen mayor número de células.

Las formas celulares y sus dimensiones se corresponden también con la especie; se diferencia nuestro material, sin embargo, en el grado de inclusión de las células dentro de la colonia. De acuerdo con Komárek & Marvan (1992), en la típica *B. terribilis*, las células están usualmente cubiertas por la colonia, sólo como excepción, los ápices celulares pueden sobresalir algo a los márgenes de la colonia. En nuestras poblaciones este carácter es también muy variable. La variabilidad de este carácter también ha sido observada en materiales de Brasil y Cuba (Comas, inédito).

Otra especie muy relacionada con *B. terribilis* es *B. neglectus* (W. et G. S. West) Komárek et Marvan, si se tiene en cuenta la formación de apéndices mucosos en los márgenes coloniales; sin embargo, los apéndices mucosos marginales no parecen ser exclusivos de estas dos especies, pueden estar presentes también en *B. australis* Komárek et Marvan (Comas & Pérez Baliero, 2002). Siguiendo la diagnosis original de *B. neglectus* (Komárek & Marvan, 1992), la especie posee colonias y células de menores dimensiones, además con una ecología y distribución particulares (aguas desde oligo- a mesotróficas de las regiones templadas del Hemisferio Norte).

Existe un alto grado de variabilidad en las poblaciones, sobre todo en cuanto al grado de inmersión de las células en el mucílago y en la forma de la colonia, que en algunos casos recuerda a *B. protuberans*.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Almería: balsa de Barjalí.
- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cáceres: laguna Grande.
- Cádiz: laguna de Montellano, embalse de los Hurones.
- Córdoba: laguna de Zóñar, laguna Amarga, embalse de Iznájar.
- Málaga: laguna Grande de Archidona.
- Murcia: embalse de Algeciras.

***Dichotomococcus* KORŠIKOV 1928**

Colonias de células ordenadas más o menos radialmente, unidas mediante restos de paredes celulares maternas. Alrededor de las colonias hay una envoltura mucilaginoso incolora. Células largamente ovadas, cilíndricas o irregularmente fusiformes, rectas o levemente arqueadas. En células jóvenes un cloroplasto parietal sin pirenoide rodeado de almidón. Reproducción por autósporas, en general 2; mediante sucesivas autosporulaciones se forma el sistema de restos de paredes, que con el tiempo se gelatinizan. Especie tipo: *Dichotomococcus capitatus* Koršikov 1928.

Este género fue transferido a la clase Xanthophyceae por Fott & Komárek (1960), pero más adelante Hindák (1978) volvió a considerarla dentro de Chlorophyceae por su contenido en clorofila b.

***Dichotomococcus curvatus* KORŠIKOV 1939 (Lám. 9 a-b)**

Syn.: *Dichotomococcus elongatus* Fott 1948

Descripción: Colonias con 2 hasta numerosas células asentadas sobre un sistema, a veces inconspicuo, más o menos dicótomo, constituido por restos gelatinosos de paredes maternas, con una envoltura común, gelatinosa, incolora. Células largamente ovadas o elipsoidales, ligeramente

curvadas en la parte basal, redondeadas en el extremo proximal, y progresivamente agudas y truncadas en el distal. Cloroplasto situado en el lado convexo de la célula. Dimensiones: 6.3-8.1 x 2-2.8 μm , colonias hasta 41 μm .

Ecología: taxon efímero del plancton de aguas eutróficas, en estanques, ríos, pequeños lagos, etc.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

***Dictyosphaerium* NÄGELI 1849**

Colonias más o menos esféricas o irregularmente ovales compuestas por células asentadas en los extremos de pedúnculos gelatinosos en forma de cordones. Los pedúnculos de forma radial, se forman por gelatinización de las paredes maternas. En algunas especies las colonias envueltas por mucílago incoloro. Células esféricas, obovadas u ovales, fusiformes o casi cilíndricas con extremos redondeados; autósporas a menudo semicirculares. Pared celular lisa, raramente irregularmente granulosa. Un cloroplasto parietal, con o sin pirenoide. Reproducción por (2)-4-(8) autósporas. En una especie, *D. indicum* Iyeng. et Ramanath., se ha observado oogamia. Especie tipo: *Dictyosphaerium ehrenbergianum* Nägeli 1849.

Este taxon es también uno de los más frecuentes miembros del plancton, comúnmente citado tanto en trabajos florísticos como limnológicos, sin embargo, pese a su abundancia, la identificación de sus especies es, en la mayoría de los casos, muy difícil, ya que los caracteres diagnósticos establecidos por Komárek & Perman (1978), última monografía del género, no son en realidad fácilmente detectables. De acuerdo con el mencionado artículo, bajo el nombre de *D. ehrenbergianum* Nägeli y *D. pulchellum* Wood, registradas para acuatorios de diferentes latitudes y

ecología, se encuentran diferentes tipos morfológicos definidos ya como especies independientes. Muchas de las poblaciones identificadas como estas especies corresponden en realidad a *D. tetrachotomum* Printz sensu Komárek & Perman (1978).

En los trópicos muchas poblaciones no se corresponden exactamente con las especies definidas por los mencionados autores. Al parecer, el típico *D. pulchellum* es más raro, estando sustituido fundamentalmente por *D. tetrachotomum*. Muchas poblaciones de esas latitudes (al igual que las de nuestras poblaciones) no pueden ser identificadas con certeza, especialmente las constituidas por colonias poco densas, con células elipsoidales, aparentemente unidas a los tractos mucosos por uno de sus extremos (quizás células jóvenes), donde la presencia o no de pirenoides en sus cloroplastos es difícil de apreciar.

Sin duda resulta necesario un estudio más amplio de las diferentes poblaciones de este género, que abarque también materiales de distintas latitudes, especialmente del trópico, de manera que puedan establecerse criterios morfológicos más convincentes a la hora de la diferenciación interespecífica.

Salvando estas dificultades, en nuestras muestras podemos reconocer las siguientes especies:

***Dictyosphaerium ehrenbergianum* NÄGELI 1849 (Lám. 9 c)**

Descripción: Colonias flotando libremente, compuestas por 4-16 células desde ovals o elipsoidales hasta casi cilíndricas, unidas por sus ejes mayores a los pedúnculos gelatinosos; cloroplasto parietal, acopado, ubicado en la porción basal de las células, con un pirenoide; reproducción generalmente por 4 autósporas con un ordenamiento cruzado dentro de la célula materna, liberándose por gelatinización de la pared. Dimensiones: colonias hasta 19.6 µm de diámetro, células jóvenes 4.5-4.8 x 3.2-3.6 µm.

Ecología: en el perifiton de pequeñas aguas, pantanos, esfagnales, más raramente en el plancton y litoral de estanques, lagos y ríos. Generalmente en localidades débilmente eutróficas. Difundida, pero no frecuente.

La población estudiada no es típica, quizás se trate de colonias y células juveniles, de ahí sus menores dimensiones. A pesar de no presentar colonias densas (con mayor número de células), sus células algo alargadas, cilindroides, nos inducen a incluirla en esta especie.

D. ehrenbergianum ha sido erróneamente citada para aguas de los trópicos o más cálidas; al parecer la típica *D. ehrenbergianum* es sólo de aguas limpias del norte de las zonas templadas, menos frecuente que *D. pulchellum*.

Citas previas: Asturias, Álava, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cuenca, Huelva, La Coruña, Lérida, Lugo, Madrid, Orense, Pontevedra, Salamanca, Soria, Tarragona, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.

***Dictyosphaerium elongatum* HINDÁK 1977 (Lám. 9 d)**

Syn.: *Steiniella graevenitzii* Bernard forma sensu Skuja 1956

Descripción: Colonias generalmente irregulares, con (8)-16-32 o más células y con una fina envoltura mucosa incolora alrededor de cada grupo de 4 células; a veces se forma una envoltura mucosa alrededor de toda la colonia. Pedúnculos gelatinosos finos, delgados. Células largamente ovals hasta elipsoidales con polos redondeados, en el centro a menudo cilíndricas o levemente arqueadas y asentadas en los pedúnculos por sus caras "ventrales". Un cloroplasto parietal, con pirenoide. Reproducción por 4

autósporas que se liberan por gelatinización de la pared materna. Dimensiones: 7.8-9 x 3.6-4.1 μm .

Ecología: planctónico en grandes acuatorios limpios y levemente distróficos, mayormente en zonas boscosas.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.

***Dictyosphaerium pulchellum* WOOD 1872 (Lám. 9 e-f)**

Descripción: Colonias de 4-32 células, irregularmente esféricas, a veces algo densas; autósporas y células jóvenes irregularmente ovales o elipsoidales, las adultas esféricas; cloroplasto parietal, acopado, con pirenoide; reproducción mediante 4 autósporas. Dimensiones: colonias hasta 27.7 μm de diámetro; células 2.7-4.3 μm .

Ecología: en el plancton y perifiton de aguas estancadas, menos en aguas corrientes; a menudo en pantanos, esfagnales y pequeñas masas de agua con vegetación, más frecuente en los meses de verano. La var. *minutum* crece preferentemente en el plancton de pequeños acuatorios, en aguas oligo- a mesotróficas.

Las poblaciones estudiadas (atendiendo a sus dimensiones) parecen corresponderse con la var. *minutum* Deflandre 1926.

La especie (en el sentido de Komárek & Perman, 1978) parece ser menos frecuente, generalmente confundida con *D. tetrachotomum*, parece preferir aguas limpias, aunque también ha sido documentada en acuatorios eutróficos tropicales (Tavera et al., 2000; Comas et al. 2007).

Citas previas: Albacete, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Ciudad Real, Córdoba, Gerona, Granada, Guadalajara, Huelva, Jaén, La Coruña, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Orense, Salamanca,

Segovia, Sevilla, Soria, Tarragona, Toledo, Valencia, Zamora (Cambra et al., 1998); var. *minutum*: Orense (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Málaga: laguna de las Pedrizas.

Dictyosphaerium subsolitarium VAN GOOR 1924 (Lám. 10 a-b)

Syn.: *Dictyosphaerium simplex* Skuja 1956, *D. primarium* Skuja 1964, *D. skujae* Philipose 1967

Descripción: Colonias pequeñas, irregulares, compuestas por 4-16 células, rodeadas por una envoltura gelatinosa fina, incolora; células más o menos separadas entre sí, asentadas sobre pedúnculos gelatinosos de grosor variable, delicados, a menudo poco visibles; autósporas y células jóvenes ovales, las adultas irregularmente esféricas; cloroplasto parietal, acopado, basal; pirenoide no observado; reproducción mediante 2-4 autósporas, que se liberan por gelatinización de la pared celular materna. Dimensiones: 1.9-4.1 μm de diámetro, colonias hasta 28 μm de diámetro.

Ecología: en el plancton de sistemas acuáticos débilmente eutróficos, generalmente grandes, rara. Probablemente de amplia distribución, pero pasada por alto.

La población estudiada, exceptuando en la ausencia del pirenoide, coincide en los demás caracteres con la especie.

Citas previas: Lérida, Zamora (Cambra et al., 1998); Granada (Pérez Martínez, 1992; Pérez Martínez & Cruz Pizarro, 1995).

Nuevos registros:

- Almería: embalse de Almanzora.
- Sevilla: embalse de Cala.

Dictyosphaerium tetrachotomum PRINTZ 1914 (Lám. 10 c-e)

Descripción: Colonias con 4-32 células, esferoidales o irregulares; células conectadas a restos gelatinosos de la pared materna de distinta longitud y anchura, que se ramifican más o menos dicotómicamente. Células jóvenes ovales, ovoides, algo asimétricas; las adultas, ovales, ampliamente ovales hasta irregularmente esferoidales, asimétricas, situadas levemente oblicuas o con sus extremos más estrechos sobre los tractos gelatinosos ramificados más o menos dicotómicamente; cloroplasto parietal, acopado, con pirenoide; reproducción por 4 autósporas que al liberarse de la pared celular materna efectúan un giro de 180°. Dimensiones: células 4-8 x 2.9-6.4 µm.

Ecología: planctónica en aguas débil a fuertemente eutróficas, difundida en las zonas templadas y tropicales.

Esta es la especie más frecuente en nuestras muestras. Se diferencia de *D. pulchellum* (con la cual ha sido frecuentemente confundida) por sus células adultas más o menos ovales, asimétricas, unidas basalmente a los tractos mucosos y por el giro de 180° de sus autósporas después de ser liberadas de la pared celular materna.

En los materiales estudiados, en prácticamente todas las localidades, las dimensiones celulares son más pequeñas que en la variedad tipo, más parecidas a la var. *fallax* Komárek, pero el resto de los caracteres morfológicos no se corresponde con esta variedad.

Algunas poblaciones encontradas caracterizadas por colonias poco densas, con células elipsoidales, asentadas por uno de sus extremos, pudieran corresponderse con *D. elegans* Bachmann, sin embargo no ha sido posible discernir si presentan o no pirenoide.

Citas previas: Lérida, Madrid (Cambra et al., 1998); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Almería: balsa de Caparidal, embalse de Almanzora.
- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria, laguna de Maguilla.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Granada: embalse de Canales.
- Sevilla: embalse de La Marciaga.

***Lobocystis* THOMPSON 1952**

El género *Lobocystis* se caracteriza por formar colonias flotando libremente, compuestas de varios grupos de 2 células que están unidas mediante ramas mucilaginosas bandiformes originadas por las paredes celulares maternas gelatinizadas. Alrededor de las células aisladas, a veces también alrededor de toda la colonia, se distinguen estrechas o anchas envolturas mucilaginosas. Las paredes celulares maternas viejas salen aproximadamente del centro de la colonia. Las células pueden ser ovales, ovoides, elipsoidales hasta oval-cilíndricas. Presentan 1 ó 2 cloroplastos con pirenoide rodeado de almidón. En la reproducción, el protoplasto se parte transversalmente en 2 partes, que se desarrollan posteriormente como autósporas. Permanecen en la pared celular materna dilatada, que se alarga en forma de banda gelatinosa dividida dicotómicamente. Las colonias de número variable de células se forman mediante repetidas particiones y formación de autósporas. Especie tipo: *L. planctonica* (Tiff. et Ahlstr.) Fott 1975? (= *Dictyosphaerium planctonicum* Tiff. et Ahlstr. 1931, *L. dichotoma* Thompson 1952). La especie tipo fue en principio *L. dichotoma* (Thompson, 1952), pero más tarde Fott la corrigió por la identidad de ésta con *Dictyosphaerium planctonicum*, descrita anteriormente por Tiffany & Ahlstrom (1931). No está claro que *D. planctonicum* sea idéntica a *L. dichotoma*, pero el concepto de Fott (1975?) sigue siendo el aceptado (Comas & Pérez Baliero, 2002).

Este género incluía hasta ahora 3 especies bien definidas: *L. planctonica* (Tiff. et Ahlstr.) Fott, *L. neodichotoma* Izaguirre y *L. fottiana* Comas, Pérez et Novelo.

Estudiando muestras de la laguna de Mojón Blanco, Albacete, encontramos una población cuyas características se correspondían con el género *Lobocystis*, sin embargo, no podía ubicarse dentro de ninguna de las especies conocidas.

A diferencia del resto de las especies, las colonias de nuestra población son en su mayoría de 2 a 4 células, llegando excepcionalmente hasta 8. Células en vista lateral de ovoides a casi cilíndricas y de menores dimensiones que en las demás especies, siendo además más anchas en relación a su longitud. De igual forma que *L. neodichotoma* y a diferencia de las otras dos especies, las células tienen un solo cloroplasto con pirenoide. En *L. fottiana* la forma celular en vista lateral es similar, pero sus células son mucho mayores y más alargadas, y a veces asimétricas, carácter que no se da en nuestra población. Quizás la especie más parecida a nuestro taxon sea *L. neodichotoma*, pero difiere de ella en dimensiones, forma celular, número de células por colonia y en la anchura de los restos bandiformes, que es mayor en nuestro taxon. Por todo ello, creemos que el taxon es diferenciable y puede ser separado de las otras especies descritas de *Lobocystis*.

Lobocystis inconspicua sp. nov. (Lám 10 f, Lám. 11 a-b, Lám. 12 a-c)

Descripción: Colonias pequeñas flotando libremente, compuestas por grupos de dos células dentro de la pared celular materna ensanchada y alargada en una dirección, parcialmente gelatinizada, ordenadas más o menos en paralelo, ubicadas, cada una, hacia los extremos de la pared celular materna. Grupos bicelulares unidos mediante restos bandiformes, cortos, relativamente anchos, a un cuerpo colonial común, alargado, formado por restos de paredes maternas, constituyendo colonias de 2-4-(8) células; colonias a veces rodeadas por una envoltura mucosa inconspicua, hialina, estrecha y homogénea. Células en vista lateral ovoides hasta casi cilíndricas, esféricas en vista polar, con un cloroplasto parietal, laminar,

lateral o hacia uno de los polos celulares, ocupando desde $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ del volumen celular, con un pirenoide bien visible rodeado de gránulos de almidón. Reproducción por 2 autósporas formadas por división transversal de la célula madre, permaneciendo más o menos en paralelo dentro de la pared celular materna alargada y parcialmente gelatinizada. Dimensiones: colonias, 7.5-28 μm de diámetro; células, 3.2-6 x 2.2-3.8 μm ; autósporas, 2.2-3.3 μm .

Ecología: laguna endorreica con elevada salinidad.

Primera cita, nueva especie.

- Albacete: laguna de Mojón Blanco.

Lobocystis cf. planctonica FOTT 1975? (Lám. 11 c-d)

Syn.: *Dictyosphaerium planctonicum* Tiff. et Ahlstr. 1931, *Lobocystis dichotoma* Thompson 1952

Descripción: Colonias de (2)-4 a numerosas células, esféricas pero siempre un poco irregulares, con o sin envoltura mucilaginosa. Pares de células jóvenes unidos por anchas bandas mucosas, que más tarde se estrechan. Células jóvenes generalmente permanecen dentro de la pared celular materna estrecha, parcialmente gelatinizada. Células reniformes con un cloroplasto que pronto se divide en 2, con pirenoide. Reproducción por 2 autósporas. Dimensiones: 6.7-8.5 x 3.1-4.7 μm .

Ecología: en el plancton de lagos y estanques; cosmopolita, pero esporádica.

La población estudiada es de dimensiones menores a las descritas para *L. planctonica*, y presenta células reniformes, a diferencia de la típica *L. planctonica*, cuyas células son ovales o anchamente elipsoides. En nuestro caso las colonias son de 4-16 células, compuestas básicamente por grupos bicelulares unidos a pedicelos mucosos anchos, bandiformes, propios de *Lobocystis*, aunque los pares de células no yacen dentro de la pared celular

materna más o menos ancha y gelatinizada, semejante a *Dictyosphaerium planctonicum* Tiff. et Ahlst. 1931 señalado por Hindák (1977). Esta especie fue considerada idéntica a *Lobocystis dichotoma* Thompson por Fott (1975?), proponiendo a *L. planctonica* (Tiff. et Ahlst.) Fott 1975? como el nombre correcto del tipo nomenclatural del género.

Hindák (1977) había señalado que *D. planctonicum* no debía ser incluido en *Lobocystis*, dado que en esta especie las células hijas no permanecían encerradas por la pared celular materna, carácter muy importante del género. Posteriormente, Hindák (1988) considera como buen carácter genérico la reproducción mediante sólo 2 autósporas, de modo que *L. planctonica* podría ser aceptada. Comas & Pérez Baliero (2002) señalan las diferencias entre los iconótipos de *L. dichotoma* Thomps. 1952 (ver Komárek & Fott, 1983, Taf. 103, Fig. 1 a-b) y de *Dictyosphaerium planctonicum* Tiff. et Ahlst. 1931 (ver Komárek & Fott, 1983, Taf. 103, Fig. 1 c-e), aunque no pudieron afirmar si *D. planctonicum* y *L. dichotoma* eran o no idénticas.

Después del estudio de nuestros materiales, la población estudiada se corresponde con *D. planctonicum*: grupos bicelulares no incluidos dentro de las paredes celulares maternas asentadas sobre tractos mucosos anchos, bandiformes; sin embargo, la figura de Thompson (1952) indica claramente que los grupos bicelulares se encuentran dentro de la pared materna. Si aceptamos como buen carácter del género la reproducción por sólo 2 autósporas y las colonias constituidas por estos grupos unidos a tractos mucosos bandiformes, *L. planctonica* debe ser aceptada; pero la identidad con *L. dichotoma* es incierta. La permanencia de las células hijas dentro de la pared celular materna sería un carácter excluyente, de modo que *L. dichotoma* debería ser considerada independiente y volvería a ser designada como tipo del género según el concepto original de Thompson (1952).

Es importante destacar que, hasta ahora, en todas las especies de *Lobocystis* (exceptuando a *L. planctonica*) sus células hijas permanecen dentro de la pared celular materna. De no ser considerada *L. planctonica*

dentro de *Lobocystis*, su descripción original como *D. planctonicum* sería correcta, en este caso sería también una excepción, ya que los pedicelos mucosos, anchos y bandiformes no son conocidos en las especies del género *Dictyosphaerium*.

Citas previas: Asturias, Teruel, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.

***Quadricoccus* FOTT 1948**

Colonias generalmente de 2-4 células dispuestas más o menos en cruz sobre los bordes de las paredes maternas vacías, a veces formando colonias multicelulares; estos restos forman un sistema ramificado, rodeados de un mucílago incoloro; células elipsoidales, anchamente ovales hasta cilíndricas, con extremos redondeados; pared celular lisa o con verrugas; cloroplasto parietal con pirenoide. Reproducción por 2-4-8 autósporas. Especie tipo: *Quadricoccus verrucosus* Fott 1948.

***Quadricoccus ellipticus* HORTOBÁGYI 1973 (Lám. 11 e-f)**

Descripción: Colonias nadando libremente, de 2-4 células dispuestas más o menos en cruz sobre los bordes de las paredes maternas vacías, rodeadas de un mucílago delicado, incoloro y delicuescente. Los restos de las paredes maternas a veces forman un sistema ramificado. Células elípticas, con los extremos redondeados, pared celular lisa, cloroplasto parietal con un pirenoide bien visible; reproducción mediante 2-4 autósporas que se liberan por ruptura de la pared materna y permanecen unidas por un polo o un lado a los restos de la pared materna. Dimensiones: 6-9.4 x 3-4.9 μm .

Ecología: planctónica en estanques artificiales, pequeños lagos y en ríos.

Citas previas: Barcelona (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Guadalmellato.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

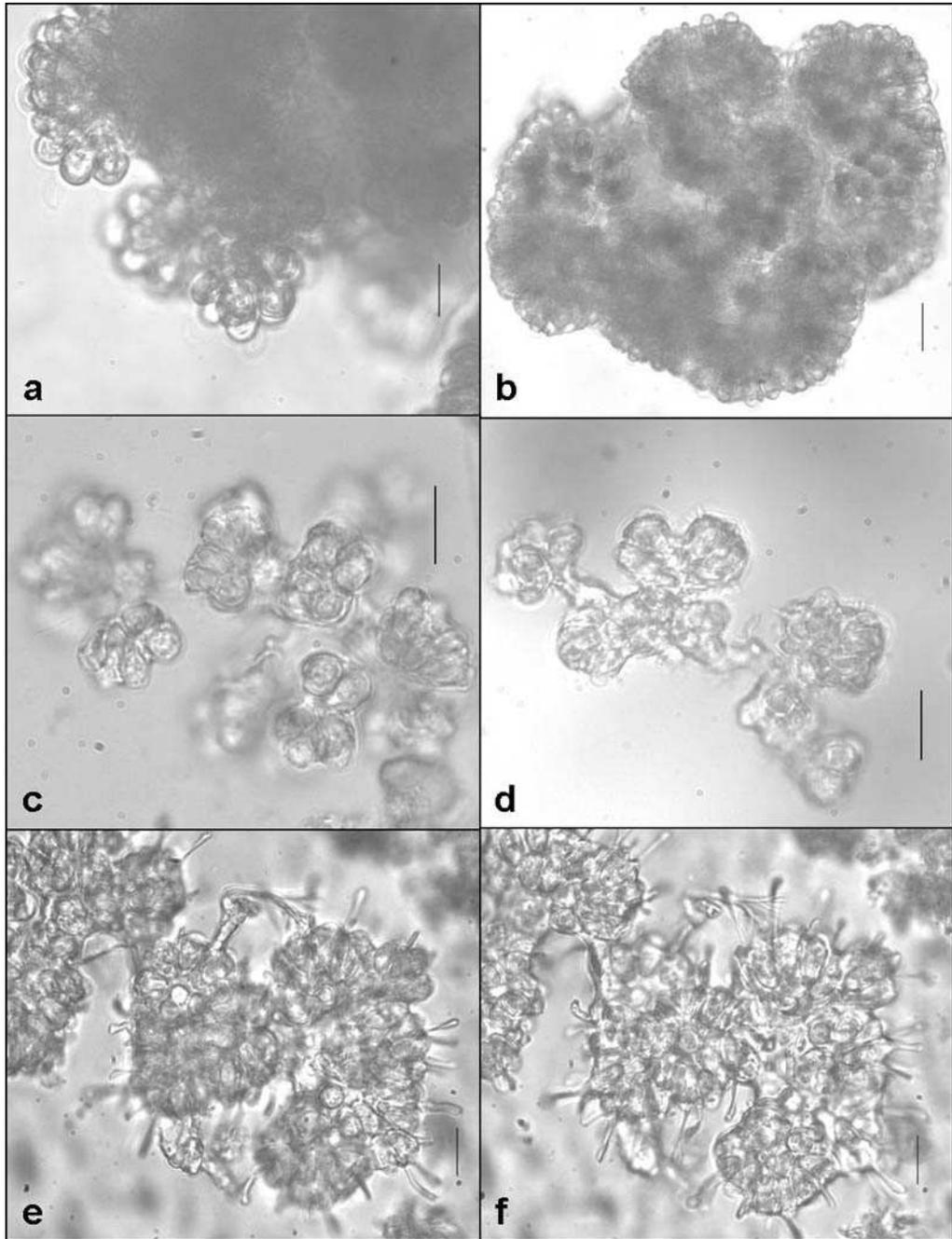


LÁMINA 8: **a-b,** *Botryococcus braunii*. **c-d,** *Botryococcus* cf. *protuberans*. **e-f,** *Botryococcus terribilis*. Escala: 10 μ m.

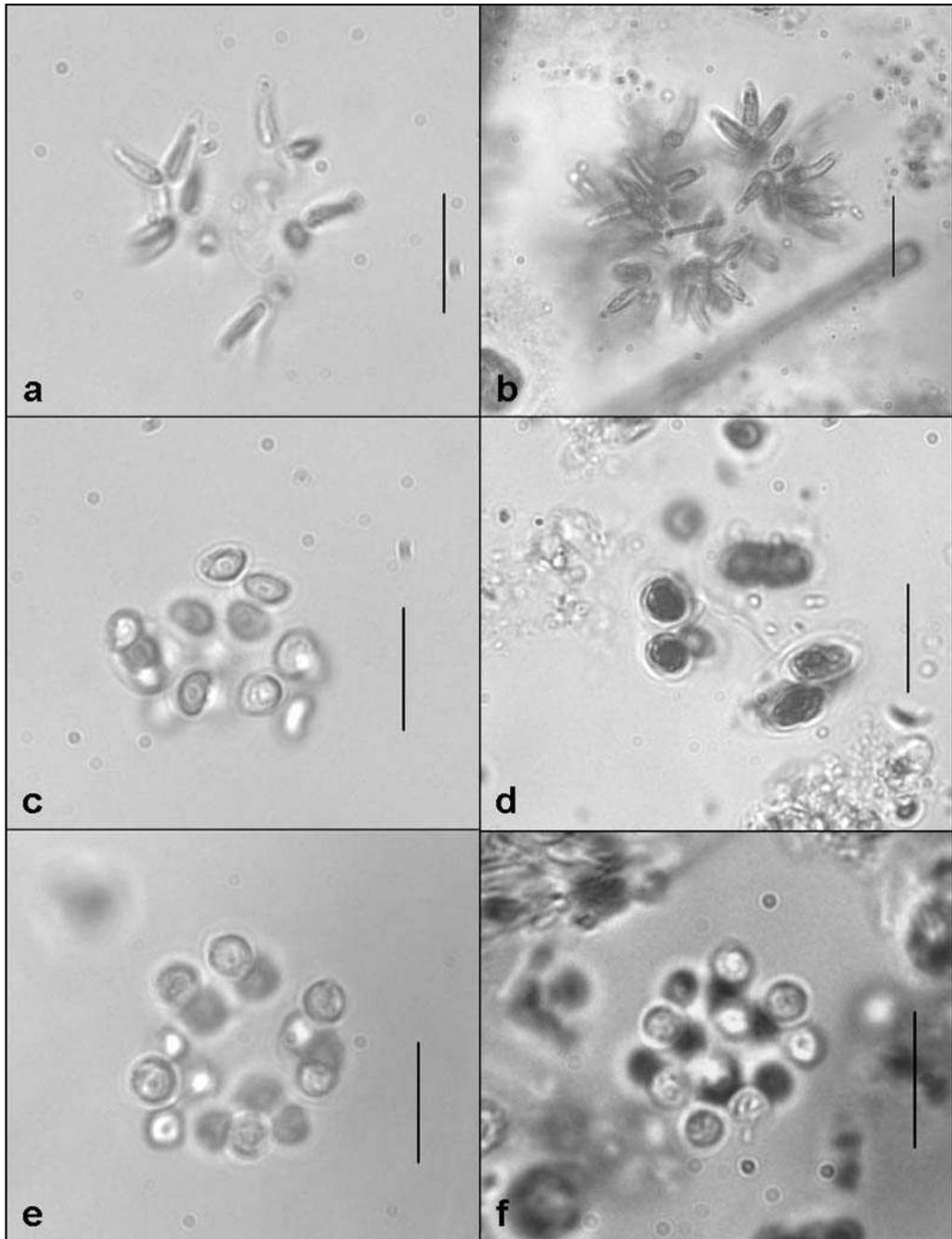


LÁMINA 9: **a-b,** *Dichotomococcus curvatus*. **c,** *Dictyosphaerium ehrenbergianum*. **d,** *Dictyosphaerium elongatum*. **e-f,** *Dictyosphaerium pulchellum*. Escala: 10 μm .

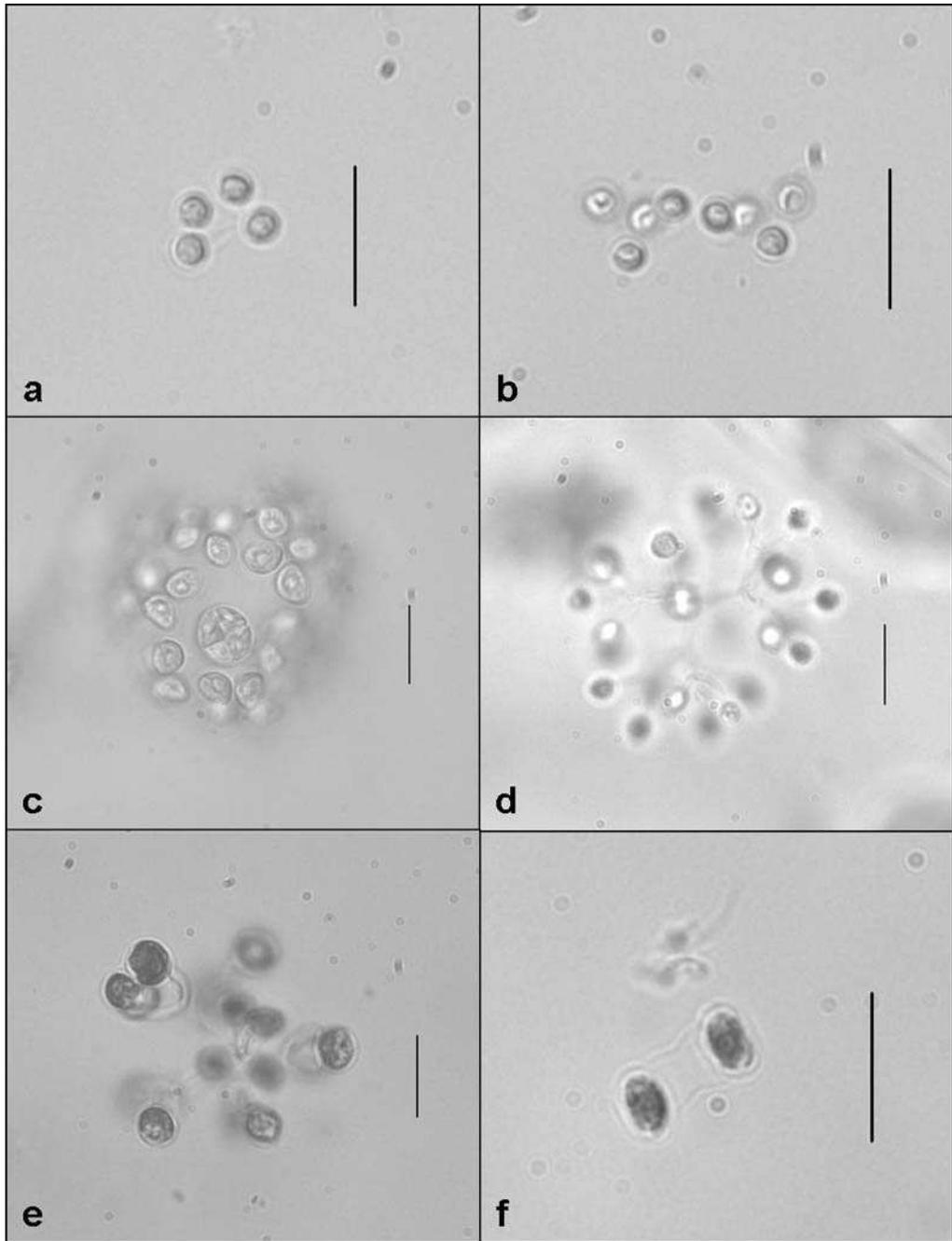


LÁMINA 10: **a-b,** *Dictyosphaerium subsolitarium*. **c-e,** *Dictyosphaerium tetrachotomum*. **f,** *Lobocystis inconspicua*. Escala: 10 μ m.

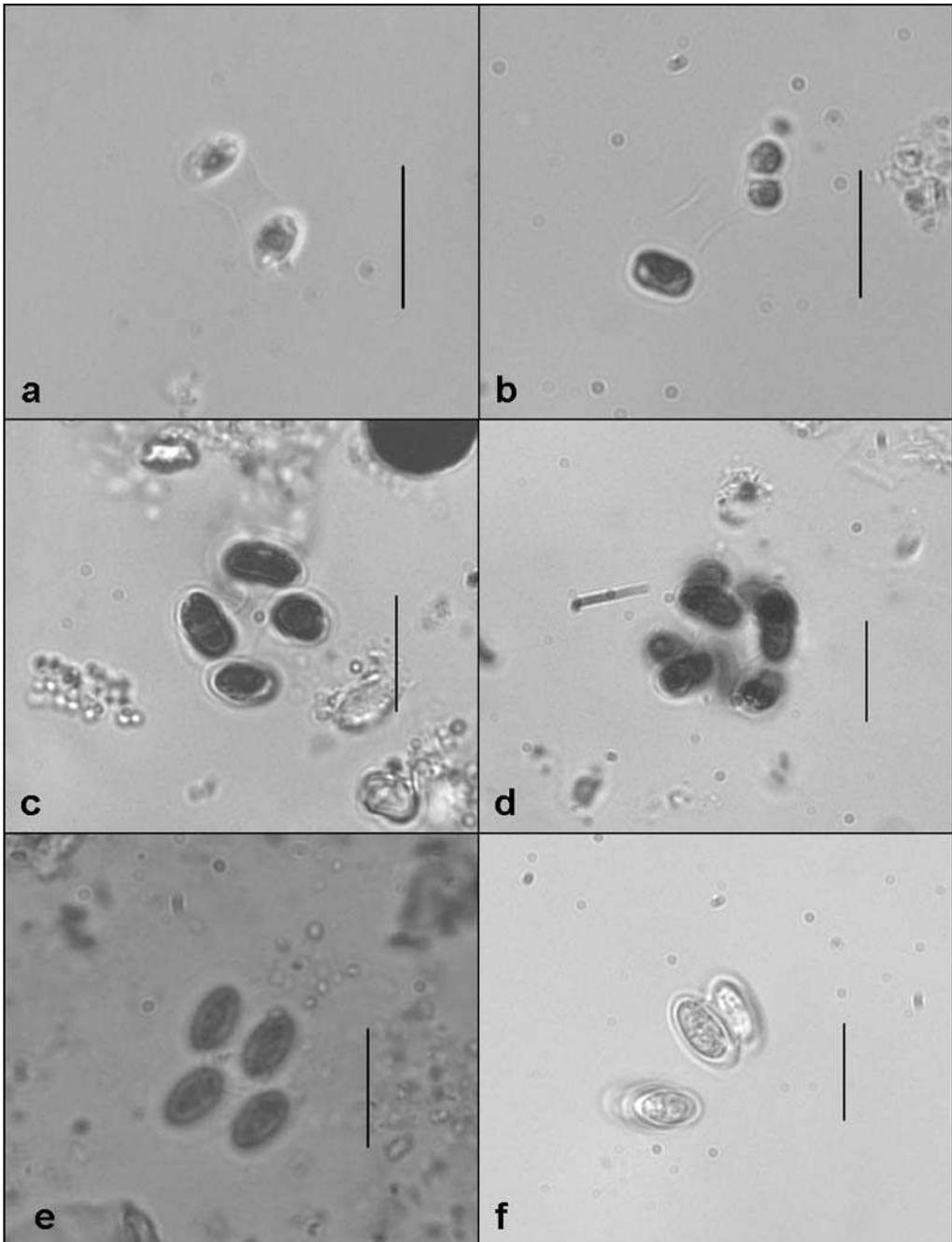


LÁMINA 11: **a-b**, *Lobocystis inconspicua*. **c-d**, *Lobocystis* cf. *planctonica*. **e-f**, *Quadricoccus ellipticus*. Escala: 10 μ m.

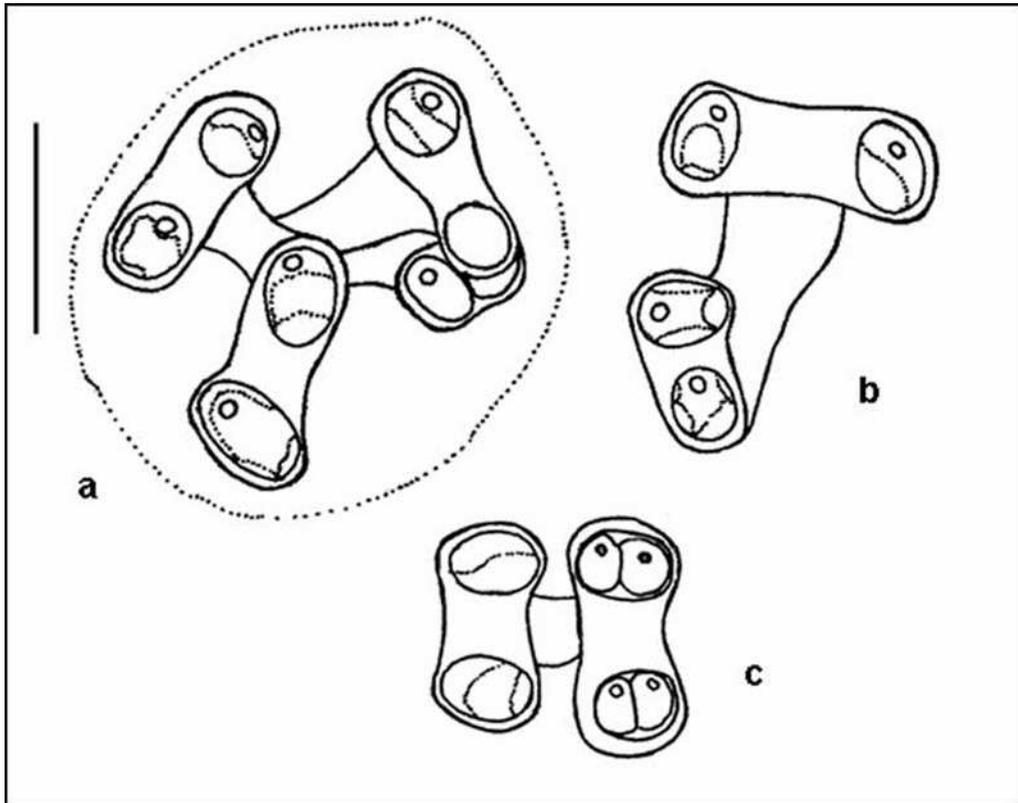


LÁMINA 12: a-c: *Lobocystis inconspicua*. Escala: 10 μ m.

Familia Radiococcaceae FOTT ex KOMÁREK 1979

Atendiendo a criterios puramente morfológicos, los miembros de esta familia se caracterizaban por formar grupos o colonias dentro de un mucílago común; células con cloroplastos parietales, con o sin pirenoide, cuya reproducción era exclusivamente por autósporas. Para el establecimiento de los géneros se utilizaban determinadas características de su reproducción: ordenamiento de las autósporas, liberación de éstas, y sobre todo la permanencia de restos de las paredes maternas dentro del mucílago colonial. A pesar de la aparente estabilidad de estos caracteres, en muchos casos los límites genéricos no estaban bien definidos.

La mayoría de los géneros fueron descritos por Koršikov (1953), aunque dentro de las Chlorellaceae. Contribuciones a la taxonomía de las Radiococcaceae han sido publicadas por: Komárek (1979), Komárek & Fott (1983), Hindák (1984, 1988), Comas (1992), y más recientemente Kostikov et al. (2002), de manera que el alcance de la familia, así como las definiciones de sus géneros y especies han variado de acuerdo con el criterio de cada autor.

Existe actualmente poca información acerca de la filogenia de la familia basada en estudios genético-moleculares (Hanagata & Chihara, 1999; Wolf et al., 2003b) con resultados algo contradictorios. Hanagata & Chihara (1999), en estudios sobre la secuencia génica de 18S rRNA en *Coenocystis inconstans* Hanag. et Chih., llegan a la conclusión del parentesco de esta especie con *Chlorella*, por tanto debía ser incluida en las Trebouxiophyceae, sin embargo, Wolf et al. (2003b), aplicando el mismo análisis, pero a cepas pertenecientes a tres géneros de la familia, señalan que los géneros estudiados no son monofiléticos, que probablemente la familia tampoco lo sea, y que al menos, la especie *Radiococcus polycoccus* (Korš.) Kostikov et al. se ubica en el orden Sphaeropleales (Chlorophyceae), cercano al género *Bracteacoccus*, en medio de las familias Sphaeropleaceae y Selenastraceae, mientras que *Schizochlamydeella capsulata* (Guillard et al.)

Watanabe se relaciona con las Trebouxiophyceae. Se sugiere además la necesidad de estudios posteriores para obtener una información más clara acerca de la filogenia del grupo.

***Coenococcus* KORŠIKOV 1953**

Colonias esféricas a irregulares, o formadas por pequeñas colonias agrupadas, con una envoltura mucilaginoso incolora, homogénea y generalmente delimitada. Las células permanecen corto o largo tiempo unidas, pero mayormente pronto se separan unas de otras. En algunas especies las colonias esféricas muestran una ordenación en corona. Células esféricas o anchamente ovals; un cloroplasto parietal con o sin pirenoide visible al microscopio óptico. Reproducción por 4-8-(16) autósporas, que se ordenan tetraédricamente dentro de la célula materna y se liberan por gelatinización de la pared celular materna. Especie tipo: *Coenococcus planctonicus* Koršikov 1953.

***Coenococcus fottii* HINDÁK 1977 (Lám. 13 c-f)**

Syn.: *Sphaerocystis schroeteri* sensu auct. post. (autospórico), *Eutetramorus fottii* (HIND.) KOM. 1979, *Coenochloris fottii* (Hind.) Tsarenko 1990, non *C. fottii* Kostikov et al. 2002 nom. illeg.

Descripción: Colonias de (4-)8-32 células, con envoltura gelatinosa generalmente limitada, sin estructura, incolora, fina, esférica a irregular. Células en grupos de 4-8 células, más tarde ligeramente separadas unas de otras, a menudo ordenadas en la gelatina más o menos en forma de corona. Células esféricas, con un cloroplasto parietal acopado con un pirenoide. Reproducción mediante (4)-8-(16) autósporas, que se liberan mediante rompimiento y gelatinización de la pared celular materna. Dimensiones: células 4-9.3 μm , colonias 11-55 μm .

Ecología: en el plancton de aguas oligotróficas a ligeramente eutróficas; probablemente cosmopolita.

La denominación de este tipo morfológico ha sufrido numerosos cambios. Hindák (1977) describe la especie *Coenococcus fottii* para aquellas poblaciones planctónicas, ampliamente distribuidas, identificadas como *Sphaerocystis schroeteri*, pero que se reproducen exclusivamente por autósporas. Komárek (1979) y Komárek & Fott (1983) aplican, empero, *Eutetramorus fottii* (Hind.) Komárek 1979, considerando que *Eutetramorus* Walton 1895 y *Coenococcus* Korš. 1953 eran sinónimos, teniendo el primero prioridad sobre el segundo. Tomando en cuenta la permanencia de restos de las paredes celulares maternas dentro del mucílago colonial (propio de *Coenochloris* Korš. y no de *Coenococcus* Korš.), Hindák (1984, 1988) la considera como *Coenochloris* Korš., pero a su vez sinónima de *Coenochloris polycocca* (Korš.) Hindák. Tsarenko (1990) la incluye también dentro de *Coenochloris*, pero como una especie independiente: *C. fottii* (Hind.) Tsarenko; ya recientemente Kostikov et al. (2002), siguiendo el sentido original (Koršikov, 1953) del género *Coenochloris*, que agrupa sólo especies con células alargadas, no esféricas, transfiere la especie a *Radiococcus*, en un concepto más amplio del taxon, criterio seguido por Wolf et al. (2003b).

Kostikov et al. (2002) proponen como nombre nuevo *Coenochloris fottii*, para designar a *Hindakochloris planctonica* (Fott) Comas (*Thorakochloris planctonica* Fott), sin embargo este nombre dado por Kostikov et al. (2002) debe ser invalidado por tratarse de un homónimo posterior de *C. fottii* (Korš.) Tsarenko.

Citas previas: Albacete, Granada (Cambra et al., 1998 sub *Coenochloris polycocca*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Eutetramorus fottii*).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Guadalmellato, embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Canales.
- Jaén: embalse de Panzacola.

***Coenocystis* KORŠIKOV 1953**

Colonias esféricas, ovals o irregulares; envoltura mucosa homogénea e incolora; células ovals, elipsoidales, ovadas, alargadas hasta reniformes, raro esféricas, separadas una de otra y dispuestas más o menos regularmente dentro de la colonia; a veces rodeadas de su propia envoltura mucosa; cloroplasto parietal, mayormente masivo, con un pirenoide a veces inconspicuo; reproducción por (2) 4-8 (16) autósporas ordenadas en paralelo dentro de la célula materna, liberándose por rompimiento o gelatinización de la pared materna; las células hijas forman grupos temporales de 4-8 células, luego se separan unas de otras. Especie tipo: *Coenocystis planctonica* Koršikov 1953.

***Coenocystis tapasteana* KOMÁREK 1983 (Lám. 13 a-b)**

Syn.: *Eutetramorus tapasteanus* (Kom.) Kostikov et al. 2002

Descripción: Colonias con 4-32 células generalmente dispuestas en dos planos, luego se distribuyen irregularmente, a veces formando aglomeraciones multicelulares; mucílago colonial incoloro, pero bien definido; células jóvenes anchamente ovals, las adultas casi esféricas, rodeadas de su propia envoltura mucosa; cloroplasto parietal acopado, con pirenoide; reproducción por (2) 4-8 (16) autósporas que se liberan por gelatinización de la pared materna. Dimensiones: células 4.8-6.3 µm de diámetro.

Ecología: en aguas levemente eutróficas con vegetación.

Esta especie fue descrita para Cuba y sólo se había encontrado en España en una ocasión (Aboal, 1996).

Citas previas: Murcia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Granada: embalse de los Bermejales.

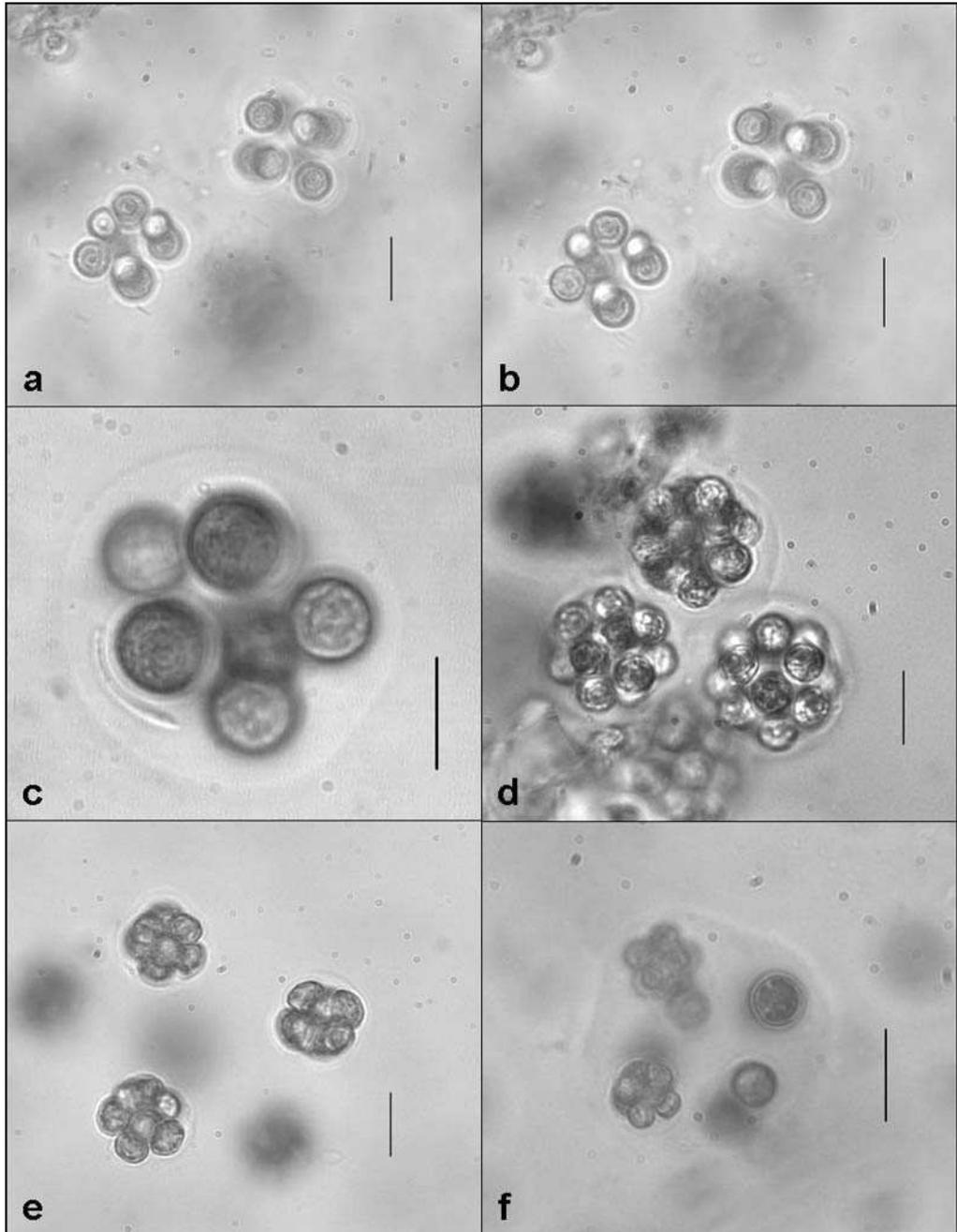


LÁMINA 13: **a-b,** *Coenocystis tapasteana*. **c-f,** *Coenococcus fottii*.
Escala: 10 μ m.

Familia Oocystaceae BOHLIN 1901

Esta familia, en el sentido tradicional, estaba caracterizada por la permanencia (transitoria o perenne) de las autósporas y células jóvenes dentro de la pared celular materna más o menos ensanchada, determinada por la gelatinización de ésta. Estudios ultraestructurales de la pared celular demostraron la presencia de varias capas de celulosa, cuyas fibrillas se disponían perpendicularmente a las de las capas adyacentes (Schnepf et al., 1966; Robinson & White, 1972; Kalina & Puncochárová, 1977; Hegewald et al. 1978). Análisis del ADN ribosómico de algunos miembros de esta familia (Hepperle et al., 2000) concuerdan con los resultados ultraestructurales y señalan las afinidades filogenéticas con la clase Trebouxiophyceae, a pesar de que la clase fue definida inicialmente por las características de su aparato flagelar (Friedl, 1995), sin embargo totalmente ausente en los representantes de esta familia.

Del mismo modo que géneros considerados dentro de las Oocystaceae fueron excluidos según criterios genético moleculares (Hepperle et al., 2000), miembros de otras familias han sido reubicados dentro de ella: *Makinoella*, en principio Oocystaceae (Okada, 1949) fue transferida a Scenedesmaceae por Komárek & Fott (1983) atendiendo a la formación de cenobios o colonias; pero de acuerdo con los análisis genéticos se ubica en Oocystaceae, al igual que *Amphikrikos* y *Tetrachlorella*, el primero considerado anteriormente en las Chlorellaceae y el segundo en las Scenedesmaceae.

Es interesante destacar que en *Tetrachlorella*, donde no se han realizado estudios ultraestructurales de la pared, los procesos reproductivos (alargamiento de las paredes celulares maternas) hacían sospechar de sus relaciones con la familia Oocystaceae (Komárek & Fott, 1983).

La inclusión de las Oocystaceae en las Trebouxiophyceae está ampliamente aceptada, aunque desde el punto de vista nomenclatural no se han efectuado todos los cambios formales. Representantes del género

Oocystis (tipo nomenclatural de la familia) han sido estudiados genéticamente, falta, no obstante, *O. naegelii* A. Braun, tipo del género. El taxon resultó ser parafilético y pudiera ser dividido en dos géneros independientes (Hepperle et al., 2000).

Salvo algunas excepciones, seguiremos en esta revisión a los miembros que tradicionalmente fueron incluidos en Oocystaceae (ver Komárek & Fott, 1983).

***Franceia* LEMMERMANN 1898**

Células aisladas, aunque las autósporas pueden permanecer en grupos de 2 a 4 durante corto tiempo dentro de la pared celular materna ensanchada. Células ovales o elipsoidales, con numerosas setas (6 a más de 30) distribuidas más o menos uniformemente por toda la superficie celular. Cloroplasto parietal con pirenoide, a veces no visible. Reproducción mediante 2-4-8 autósporas. Especie tipo: *Franceia ovalis* (Francé) Lemmermann 1898.

Franceia presenta la pared celular compuesta de fibras ortogonales de celulosa (Hegewald et al., 1980), por lo que Hepperle et al. (2000) la mantienen dentro de Oocystaceae.

***Franceia ovalis* (FRANCÉ) LEMMERMANN 1898 (Lám. 14 a-c)**

Syn.: *Phythelios ovalis* Francé 1894

Descripción: Células regularmente ovales o algo elipsoidales, con numerosas (25 a más de 30) setas delgadas, más o menos rectas, finas en toda su extensión o gradualmente atenuadas de la base hacia el ápice. Alrededor de la célula una fina envoltura gelatinosa poco visible. Un cloroplasto, en células adultas 2-4, con pirenoides. Reproducción mediante 2-4-8 autósporas, que a veces permanecen un corto tiempo en la pared

celular materna ensanchada. Dimensiones: células 11-15 x 6-13 μm , setas 9-22 μm .

Ecología: en el plancton de lagos y estanques, siempre aislada.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.

Gloeotaenium HANSGIRG 1890

Células raramente aisladas, generalmente formando colonias de 2 ó 4 células. Células esferoidales hasta ovales. Pared celular gruesa, a menudo con varias capas y un poco ondulada. Sobre la superficie de la colonia se forman incrustaciones calcáreas oscuras, según la sección óptica, como un cinturón, en forma de I o X. Cloroplasto estrellado. Reproducción por 2-4 autósporas. Especie tipo: *Gloeotaenium loitlesbergerianum* Hansgirg 1890.

Sobre la morfología y aspecto del cloroplasto en *Gloeotaenium* al microscopio óptico han existido diversos criterios: acopado (Pascher, 1915; Skuja, 1956), central estrellado, con lóbulos ensanchados hacia la pared celular (Petry-Hesse, 1968) y masivo, granuloso, cubriendo casi todo el lumen celular (Komárek & Fott, 1983; Comas, 1996). En nuestros especímenes observamos un cloroplasto estrellado (Lám. 14 d-f), tenemos dudas al respecto de si es o no central, pues a veces un cloroplasto parietal puede presentar un aspecto estrellado, como es el caso de *Asterarcys* (Comas, 1981).

Gloeotaenium loitlesbergerianum HANSGIRG 1890 (Lám. 14 d-f)

Descripción: Colonias, en general, de 2-4 células, en vista frontal más o menos elípticas, esferoidales a trapezoidales, en vista lateral más o menos cilíndricas, ovales en sección circular, con pequeños engrosamientos

en los polos. Cinturón de incrustaciones ancho, en parte cubriendo las células. Cloroplasto con pirenoide. Reproducción mediante 2-4 autósporas. Dimensiones: células 12.4-17.8 μm .

Ecología: planctónico en lagos con aguas ricas en cal, también en fondos con vegetación de zonas pantanosas.

Citas previas: Cuenca, Huesca, Ibiza, León (Cambra et al., 1998)

Nuevos registros:

- Almería: balsa de Punta Entinas.

***Lagerheimia* CHODAT 1895**

Células aisladas, raramente unidas en grupos de 2-8 dentro de la pared celular materna ensanchada. Células más o menos ovales, elipsoidales hasta citriformes, menos frecuente casi esféricas o levemente tetraédricas, con lados y polos redondeados. Cloroplasto parietal con pirenoide. Células más viejas con 2-4-8 cloroplastos, según el número de autósporas que se formen. Pared celular con 2 a numerosas setas situadas en los polos, subpolares o en el ecuador de la célula. Setas de la misma longitud, rectas o arqueadas, a veces engrosadas en sus bases. Reproducción por 2-4-8 autósporas. Especie tipo: *Lagerheimia genevensis* Chodat 1895.

***Lagerheimia ciliata* (LAGERHEIM) CHODAT 1895 (Lám. 15 a)**

Descripción: Células ovales, elipsoidales, cilindroides a algo rómbicas; extremos ampliamente redondeados. En cada polo celular una corona subpolar de (3)-7-(8) setas finas, incoloras o pardas, progresivamente atenuadas hacia los extremos, rectas o ligeramente arqueadas hacia el plano ecuatorial de la célula, raramente algo onduladas, nunca más de 2 veces más largas que la longitud celular. Células a menudo rodeadas por un mucílago delicuescente, incoloro. En células jóvenes un

cloroplasto parietal, llenando más o menos $\frac{3}{4}$ del volumen celular, con un pirenoide. Reproducción mediante 2-4-8 autósporas, cuyas setas se desarrollan sólo antes de la liberación de la pared celular materna. Dimensiones: 19-22 x 11.5-13 μm , setas 18-20 μm .

Ecología: en plancton de aguas ligeramente eutróficas, dispersa.

Citas previas: Álava, Ávila, Badajoz, Cáceres, Cádiz, Lugo, Madrid, Segovia, Sevilla, Toledo.

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Granada: embalse de Canales.

Lagerheimia quadriseta (LEMMERMANN) G. M. SMITH 1926
(Lám. 15 c-d)

Syn.: *Chodatella quadriseta* Lemm. 1898

Descripción: Células ovales a elipsoidales, con extremos redondeados o agudos. En cada polo, 2 setas situadas en la zona subapical, fuertemente divergentes, que habitualmente se disponen en un plano. Cloroplasto parietal, con un pirenoide (a menudo difícilmente visible). Reproducción mediante 4-8 autósporas que se liberan mediante gelatinización de la pared celular materna. Dimensiones: células 7-10.5 x 3-5.5 μm , setas 6.3-14 μm de longitud.

Ecología: planctónica en aguas limpias a eutróficas (estanques, lagos, ríos, etc.), pero nunca frecuente.

Komárek & Fott (1983) sinonimizan esta especie con *L. genevensis*, pero Hindák (1984) sigue considerándolas dos especies distintas por su diferente forma celular y por el engrosamiento en la base de las setas en *L. genevensis*, que no se da en *L. quadriseta*. Nuestras poblaciones se corresponden claramente con *L. quadriseta*, aceptando el criterio de Hindák.

Citas previas: Cambra et al. (1998) consideran únicamente la especie *L. genevensis*, por lo que no sabemos a qué morfología (*L. genevensis* o *L. quadriseta*) responde cada una de las citas. *L. genevensis* está citada en Albacete, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Gerona, Huelva, León, Lugo, Madrid, Murcia, Orense, Pontevedra, Sevilla, Tarragona, Valencia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Cubillas.
- Jaén: embalse de Mengíbar.
- Málaga: embalse de Guadalhorce.

Lagerheimia subsalsa LEMMERMANN 1898 (Lám. 15 e-f)

Syn.: *Chodatella subsalsa* Lemm. 1898

Descripción: Células ovals, elipsoidales o citriformes, donde los extremos redondeados presentan a veces engrosamientos de la pared celular. En cada polo (ligeramente subpolar) (2)-3-4-(5) setas rectas o ligeramente retorcidas, incoloras a parduzcas, regularmente ordenadas en forma de corona alrededor del polo celular, atenuadas desde la base hasta el ápice. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Reproducción mediante 4-8 autósporas. Dimensiones: células 6-17 x 3-13 μm , setas 6-10 μm .

Ecología: planctónica en distintos acuatorios no demasiado sucios y eutróficos, dispersa.

Citas previas: Álava, Cantabria, Córdoba, Gerona, Huelva, Lugo, Orense, Valencia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Granada: embalse de Cubillas.
- Jaén: embalse de Guadalén.

***Nephrocytium* NÄGELI 1849**

Colonias ovales, reniformes o algo irregulares, de 4-8 células separadas entre ellas y dispuestas tetraédrica, helicoidal o linealmente. Células fusiformes hasta más o menos ovales o cilíndricas, raramente simétricas, con extremos agudo truncados a ampliamente redondeados, sin engrosamientos polares. Pared celular lisa, cloroplasto parietal con pirenoide. Reproducción por 4-8 autósporas que permanecen largo tiempo en la pared celular materna. Especie tipo: *Nephrocytium agardhianum* Nägeli 1849.

***Nephrocytium agardhianum* NÄGELI 1849 (Lám. 19 a-b)**

Syn.: *Nephrocytium naegelii* Grun. in Rabenh. 1868

Descripción: Colonias de (4)-8-(o más) células, alongado reniformes o casi ovales, con envoltura gelatinosa hialina, limitada; células en la colonia ordenadas más o menos en paralelo hasta ligeramente en espiral. Células cilíndricas, ovales, o arqueadas, claramente reniformes, con extremos ampliamente redondeados, 2-6 veces más largas que anchas. Cloroplasto parietal, llenando casi todo el espacio celular, con un pirenoide. Reproducción mediante 4-8 autósporas, que a menudo se ordenan en espiral. Dimensiones: células 9.6-14.3 x 3.9-5 µm.

Ecología: planctónica en lagos y estanques. Probablemente cosmopolita.

Citas previas: Álava, Barcelona, Burgos, Cuenca, Gerona, Huelva, Huesca, La Coruña, Lugo, Madrid, Orense, Tarragona, Valencia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Granada: embalse de Canales.

***Oocystis* A. BRAUN 1955**

Células aisladas o en colonias de 2-4-8 a numerosas células, donde permanecen en la pared celular materna total o parcialmente gelatinizada, incolora, que está unida a las células o ensanchada, formando una envoltura sencilla o estratificada. Células fusiformes, elipsoidales, ovoides hasta casi esféricas, con pared celular lisa, que en los polos puede estar engrosada en una papila. En algunas especies es visible un pequeño canal atravesando la papila polar. Uno a numerosos cloroplastos parietales, con o sin pirenoide. Reproducción mediante 2-4-8 autósporas, que se liberan por rompimiento o gelatinización de la pared materna. Especie tipo: *Oocystis naegelii* A. Braun 1955.

La definición de los caracteres diagnósticos, tanto del género como de sus especies, se encuentra en la monografía de Rehaková (1969) y en el compendio más reciente (Komárek & Fott, 1983). De acuerdo con estos autores, uno de los caracteres más importantes se refiere al número de cloroplastos en las células vegetativas, especialmente en los estadios juveniles, la presencia de engrosamientos polares en las paredes, así como caracteres ecológicos. El modo de liberación de las autósporas, ya por rompimiento de la pared o por gelatinización de ésta, considerado por Rehaková (1969) y Komárek & Fott (1983) como determinante, tiene actualmente poca fiabilidad, especialmente después de los resultados de Hindák (1984).

Desde nuestro punto de vista, el número de cloroplastos en las células jóvenes puede resultar importante para una taxonomía "morfológica"; pero para ello debemos disponer de material abundante y fresco. La mayoría de los agentes fijadores ocasionan deformaciones e incluso destrucciones de los cloroplastos. La presencia de engrosamientos polares es un carácter muy variable en poblaciones del plancton, fundamentalmente de *O. parva*, *O. lacustris* y *O. marssonii*; del mismo modo las formas celulares presentan una amplia variación. Si bien existen poblaciones que pueden identificarse con determinadas especies, otras o son

intermedias o totalmente diferentes a los tipos morfológicos considerados en la literatura.

Los materiales estudiados provenientes del sur de España presentan esta dificultad, por lo que las identificaciones a las que llegamos no están exentas de discusiones.

La presencia o no de pirenoides fue ponderada por Hindák (1988) separando dos géneros: *Oocystis* A. Braun 1855 s. str. (tipo: *O. naegelii* A. Br.) sin pirenoide; y *Oocystella* Lemmermann 1903 (tipo *O. natans* Lemm.), con pirenoide. Estos criterios no han sido ampliamente aceptados, y la mayoría de los autores siguen considerando un solo género: *Oocystis*. Sin embargo, en el catálogo de las Chlorophyceae de la Península Ibérica (Cabra et al., 1998) se aplican los dos nombres, así como los criterios taxonómicos de las especies considerados por Hindák (1988).

Oocystis lacustris CHODAT 1897 (Lám. 16 a-c)

Syn.: *Oocystella lacustris* (Chodat) Hindák 1988

Descripción: Células raramente aisladas, generalmente formando colonias de 2-8-(24) células, a veces de distintas generaciones. Células estrecha a anchamente elipsoidales, raramente algo asimétricas, con polos redondeados o agudo truncados, a veces con engrosamientos poco marcados. La pared celular materna estrecha en las colonias jóvenes, luego ensanchada con márgenes a veces gelatinizados; un cloroplasto parietal en células jóvenes, 2-4 en las adultas, con pirenoide; reproducción por 2-4-8 autósporas, cada una con un pirenoide. Dimensiones: 7.7-11.1 x 4.8-7.4 µm.

Ecología: ampliamente distribuida pero dispersa, en aguas dulces estancadas y corrientes, aguas pobres o débilmente eutróficas, mayormente en grandes sistemas acuáticos, lagos y estanques, alguna vez en biótopos salados.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002); Cambra et al. (1998) incluyen esta especie como sinónimo de *O. parva*.

Nuevos registros:

- Alicante: embalse de Crevillente.
- Granada: embalse de Béznar.
- Cádiz: embalse de los Hurones.

***Oocystis marssonii* LEMMERMANN 1898 (Lám. 16 d-f)**

Syn.: *O. crassa* var. *marssonii* (Lemm.) Printz 1913, *Oocystella marssonii* (Lemm.) Hindák 1988

Descripción: Células ampliamente elípticas hasta casi ovals, en los extremos generalmente engrosadas, a menudo aisladas o formando pequeñas colonias de 2-4-8 células. Células más o menos juntas en la colonia, más raramente separadas entre ellas, con vaina rígidamente limitada, no delicuescente y más o menos ensanchada. Pared celular materna en un primer momento tocando las células, pero más tarde se ensancha. Cloroplasto raramente único (en autósporas), generalmente de 2 a 4, antes de la formación de autósporas se divide en 8 partes. Cloroplastos parietales, cada uno con un pirenoide. Reproducción mediante (2)-4-(8) autósporas, que se liberan tras la ruptura de la pared celular materna. Dimensiones: células 8-21 x 4,5-17 µm.

Ecología: ampliamente distribuida en plancton de agua dulce y en el litoral de lagos, estanques, pequeños pantanos, charcos, ríos.

Citas previas: Barcelona, Burgos, Cáceres, Granada, Huelva, La Coruña, León, Lérica, Madrid, Murcia, Sevilla, Tarragona, Zamora. (Cambra et al., 1998 sub *Oocystella marssonii*).

Nuevos registros:

- Badajoz: laguna de Maguilla.
- Cáceres: laguna Grande.
- Córdoba: laguna de Zóñar, embalse de Guadalmellato, embalse de Iznájar.

- Granada: embalse de Béznar, embalse de Canales.
- Jaén: laguna Grande, embalse de Guadalén, embalse de Rúmlar, embalse de Vadomojón, embalse de Mengíbar.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: embalse de La Marciaga, laguna Escalera.

Oocystis parva W. & G. S. WEST 1898 (Lám. 17 a-c)

Syn.: *O. planctonica* Chod. 1931, *Oocystella parva* (W. & G. S. West) Hindák 1988

Descripción: Células estrecha a ampliamente elipsoidales; polos redondeados agudos o romos, aisladas o en colonias simples de 2-4-8 células con pared de la célula madre limitada. Pared celular materna en colonias jóvenes, estrechamente unida a las células, en las más viejas, algo hinchada. Células en la colonia tocándose o muy poco separadas unas de otras. En células jóvenes, un cloroplasto parietal que más tarde se divide en 2-4 partes, con pirenoides. Reproducción mediante 2-4-(8) autósporas, que se liberan tras la ruptura de la pared de la célula madre. Dimensiones: 7-10 x 4-7 μm .

Ecología: generalmente en pequeños acuatorios con vegetación, ampliamente difundida.

Citas previas: incluyen poblaciones de *O. lacustris*: Álava, Albacete, Alicante, Almería, Asturias, Ávila, Badajoz, Burgos, Cáceres, Cádiz, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Huelva, Jaén, La Coruña, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Murcia, Orense, Salamanca, Sevilla, Soria, Tarragona, Toledo, Valencia, Zamora, Zaragoza. (Cambra et al., 1998 sub *Oocystella parva*).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cádiz: laguna de Medina, embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Bermejales.
- Jaén: embalse de Panzocola, embalse de Mengíbar.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: laguna de Calderón.

Oocystis solitaria WITTROCK in WITTR. & NORDST. 1879
(Lám. 18 a-f)

Syn.: *Oocystella solitaria* (Wittr. in Wittr. et Nordst.) Hindák 1988

Descripción: Células más o menos elipsoidales, polos agudos y engrosados, a menudo con un canalillo a través del engrosamiento polar. Mayormente aisladas, más raramente en colonias de 2-8 células dentro de la pared celular materna estrecha o levemente ensanchada. En células más maduras se gelatiniza la capa externa de la pared celular. En autósporas generalmente 4(-8) cloroplastos, en células vegetativas más de 20, parietales, cada uno con un pirenoide. Reproducción mediante 2-8-(16?) autósporas, que se liberan tras la ruptura de la pared celular materna. Dimensiones: células 15-34 x 9-22 µm.

Ecología: según Komárek & Fott (1983) suele habitar en pantanos ácidos con turba, pantanos, pequeños lagos con turba, en un pH de 3.5-6.9. En nuestro caso, el pH en las aguas donde se ha encontrado es de entre 7.9 y 8.9. Comas (1996) también lo halla en aguas alcalinas y eutróficas.

En la balsa de Caparidal es la especie más abundante. La población del embalse de Iznájar presenta características peculiares, por lo que no podemos confirmar que se trate de esta especie. Sus células no presentan siempre los típicos engrosamientos polares y suelen estar en colonias de 2 a 4 células, nunca solitarias (Lám. 18 d-f). La especie descrita más similar es *O. solitaria*, por lo que la incluimos en ella de forma provisional.

Citas previas: Albacete, Álava, Alicante, Asturias, Badajoz, Barcelona, Cáceres, Cantabria, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, Guipúzcoa, Huelva, Ibiza, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Mallorca, Menorca, Murcia, Orense, Pontevedra, Tarragona, Toledo, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998 sub *Oocystella solitaria*).

Nuevos registros:

- Almería: balsa de Caparidal.
- Jaén: laguna de Garcéz.

- Córdoba: embalse de Iznájar (*Oocystis* cf. *solitaria*)

Oocystis submarina LAGERHEIM 1886 (Lám. 17 d-f)

Syn.: *O. gloeocystiformis* BORGE sensu auct. post., *Oocystella submarina* (Lagerheim) Hindák 1988

Descripción: Células uniformemente elipsoidales, largamente ovales hasta casi cilíndricas con polos débilmente engrosados. Células raramente aisladas, generalmente reunidas en colonias gelatinosas de muchas células (hasta 32?), formadas por subcolonias (hasta 3 generaciones). Las colonias parciales encerradas en algunas paredes celulares ensanchadas. En células jóvenes un cloroplasto, parietal, en forma de artesa, no llena toda la célula, más tarde 2 (raramente hasta 4) cloroplastos, cada uno con un pirenoide. Reproducción mediante 2-4-8 (muy raramente 16) autósporas. Dimensiones: células 8-12 x 3-7 μm .

Nuestras poblaciones se corresponden con la variedad ***submarina***.

Ecología: en estanques de agua dulce y salobre (más raramente en acuatorios más grandes).

Citas previas: Barcelona, Gerona, León, Lérida, Zamora (Cambra et al., 1998 sub *Oocystella submarina*).

Nuevos registros:

- Granada: embalse de Canales.
- Sevilla: laguna Escalera.

Tetrachlorella KORŠIKOV 1939

Cenobios con 4 células largamente ovadas a elipsoidales, con polos redondeados, ordenadas en forma particular: las interiores unidas más o menos en paralelo o levemente convergentes, algo inclinadas, las células externas unidas oblicuamente a ambos extremos de las células internas; cenobios rodeados por un delicado mucílago; pared celular lisa o con

verrugas irregulares en los polos u orientadas hacia ellos; cloroplasto parietal con un pirenoide; reproducción por 4 autósporas. Especie tipo: *Tetrachlorella alternans* (G. M. Smith) Koriškov 1939.

Este género perteneció a la familia Scenedesmaceae, pero actualmente se ubica en Oocystaceae porque se ha comprobado con estudios genéticos que es muy cercana filogenéticamente al género *Oocystis* (Hepperle et al., 2000). La especie estudiada fue *T. alternans* (G. M. Smith) Koršikov, que es el tipo del género. La ubicación definitiva del resto de las especies requerirá futuros análisis.

Tetrachlorella alternans (G. M. SMITH) KORŠIKOV 1939
(Lám. 19 c-d)

Syn.: *Crucigenia alternans* G. M. Smith 1926

Descripción: Cenobios generalmente de 4 células, raramente en grupos multicelulares dentro de una envoltura mucosa incolora. Células elipsoides, con los extremos ampliamente redondeados, algo estrechos, romos. Pared celular lisa. Cloroplasto 1-(2), parietal, desde acopado hasta acanalado. Reproducción mediante 4, muy raramente 2, autósporas. Dimensiones: 8.2-12.6 x 5-7.7 μm , cenobios hasta 20.9 μm .

Ecología: en el plancton de aguas moderadamente eutróficas, probablemente ampliamente difundida, pero no frecuente.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Granada: embalse de Cubillas.
- Jaén: embalse de Rúmbiar.
- Málaga: embalse de Guadalhorce.

Tetrachlorella ornata KORŠIKOV 1953 (Lám. 19 e-f)

Descripción: Cenobios en general de 4 células más o menos ovales, a veces levemente asimétricas; en los polos externos, y a veces en ambos, con 2 incrustaciones irregulares en forma de verrugas oscuras. Cloroplasto parietal, acopado. Reproducción por 4 autósporas. Dimensiones: células 9.1-14.1 x 5.8-8.3 μm , cenobios hasta 24.5 μm de diámetro.

Ecología: en el plancton de aguas estancadas, sólo conocida de Europa.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Jaén: laguna Grande.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Málaga: laguna Grande de Archidona.

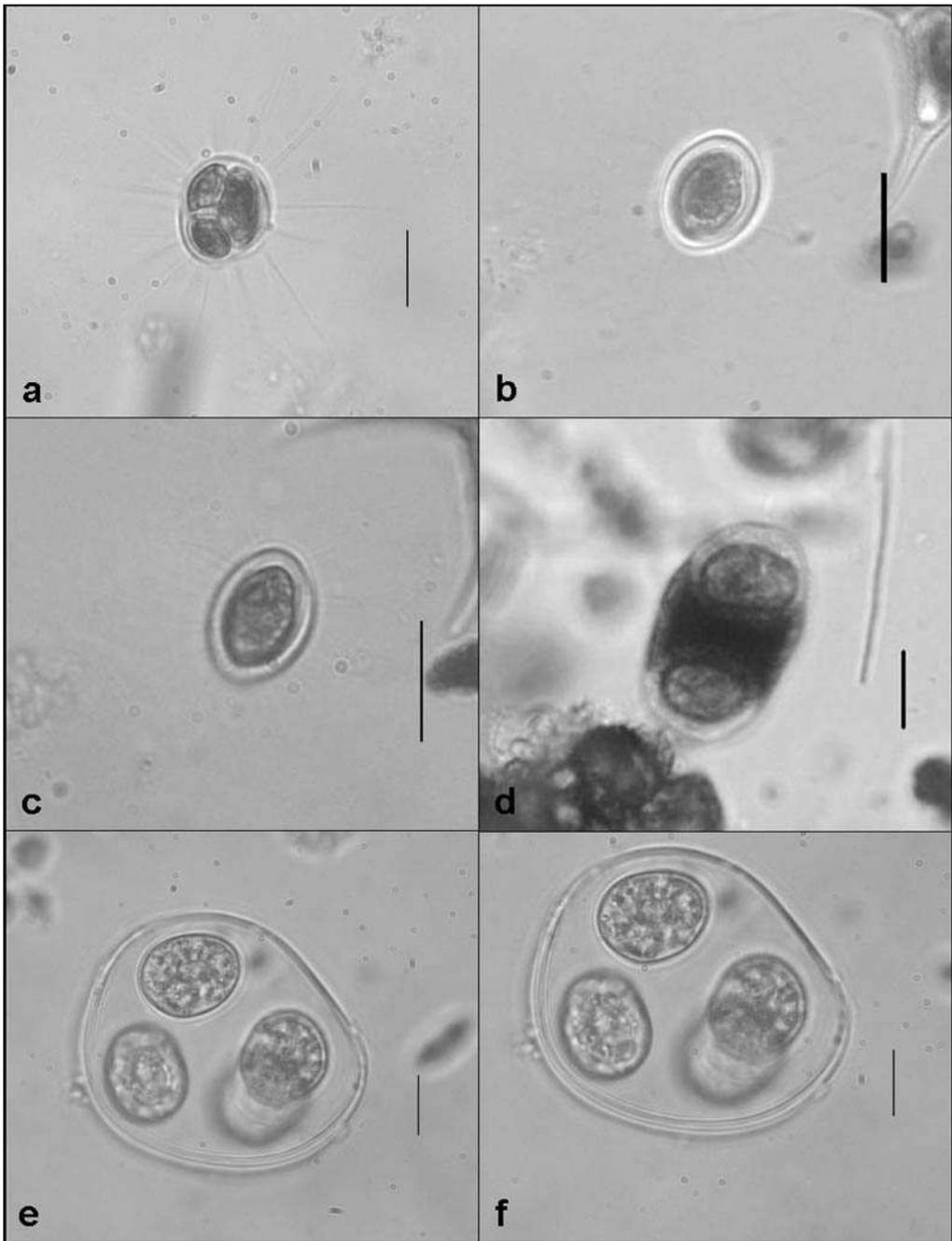


LÁMINA 14: **a-c,** *Franceia ovalis*. **d-f,** *Gloeotaenium loitlesbergerianum*. Escala: 10 μm .

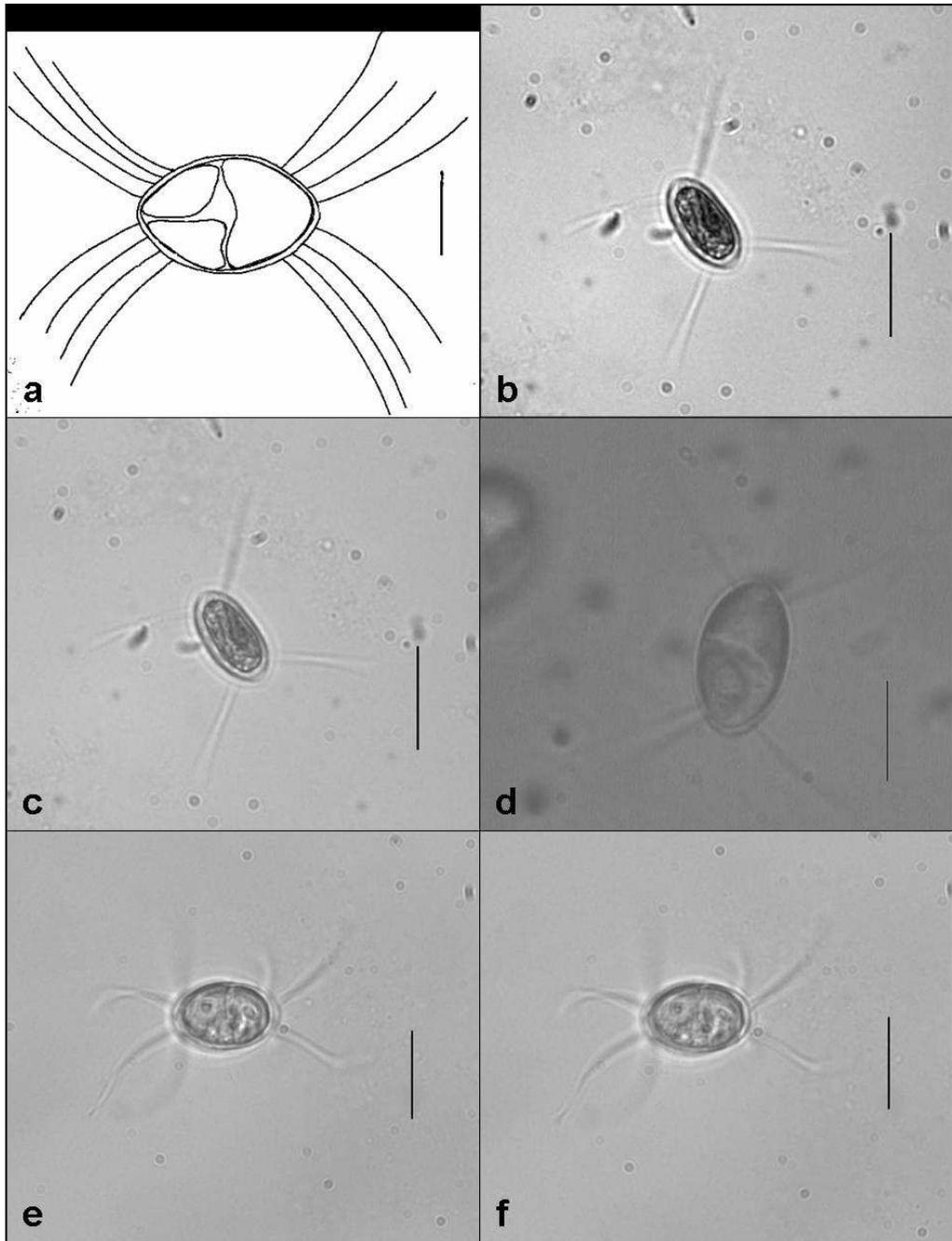


LÁMINA 15: **a**, *Lagerheimia ciliata*. **b-d**, *Lagerheimia quadriseta*. **e-f**, *Lagerheimia subsalsa*. Escala: 10 μ m.

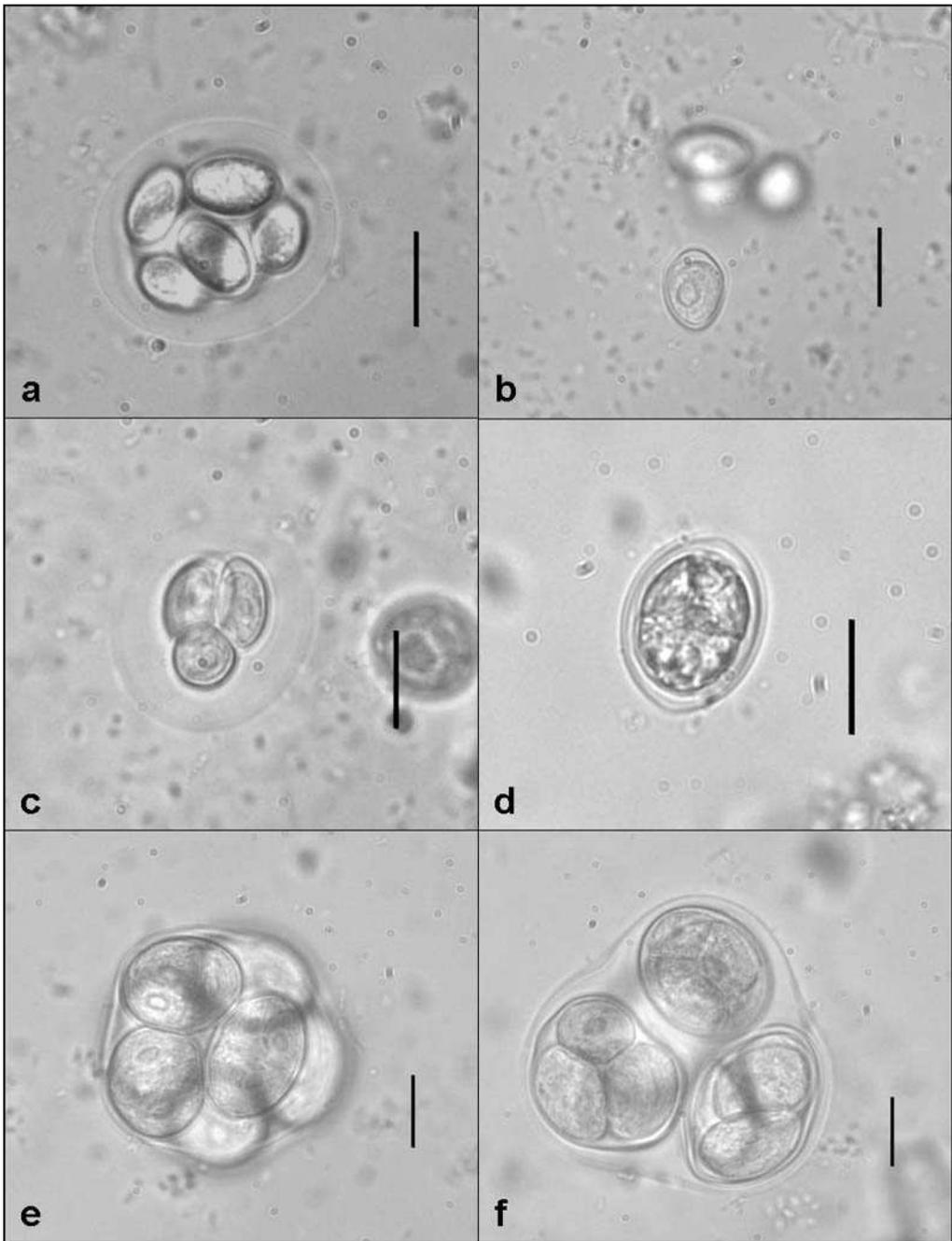


LÁMINA 16: a-c, *Oocystis lacustris*. d-f, *Oocystis marssonii*. Escala: 10 μ m.

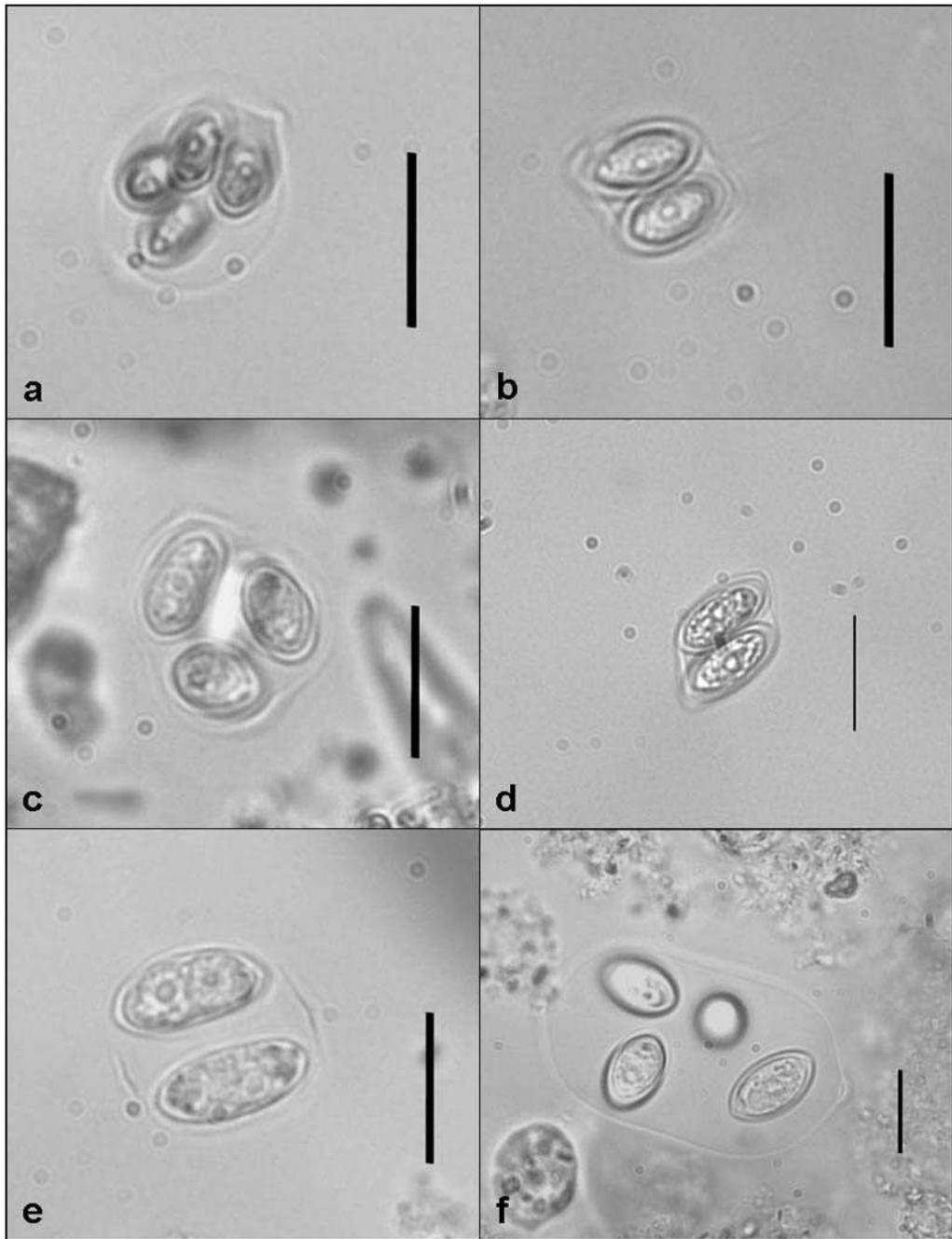


LÁMINA 17 : a-c, *Oocystis parva*. d-f, *Oocystis submarina*. Escala: 10 μ m.

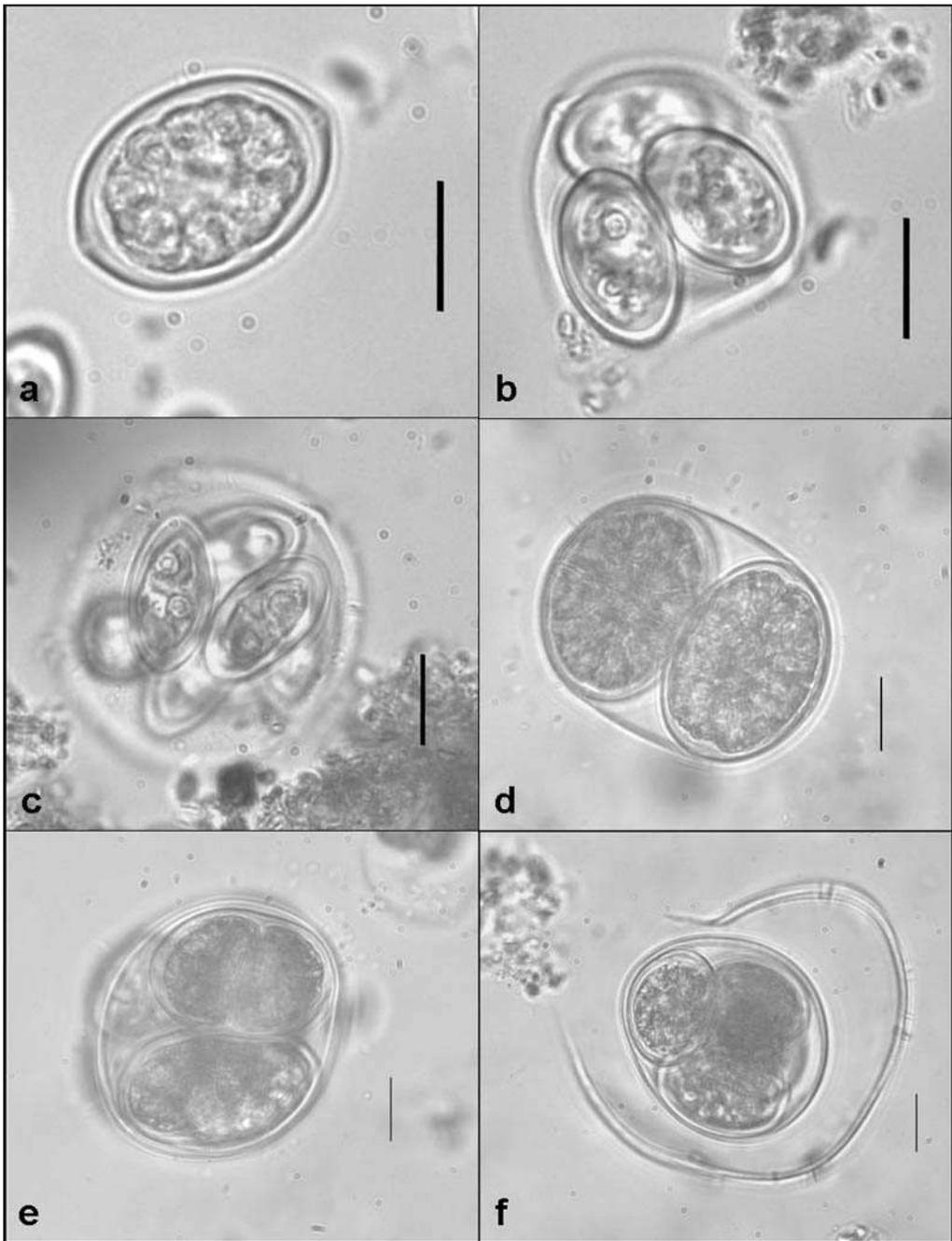


LÁMINA 18 : **a-c,** *Oocystis solitaria*. **d-f,** *Oocystis cf. solitaria*.
Escala: 10 μ m.

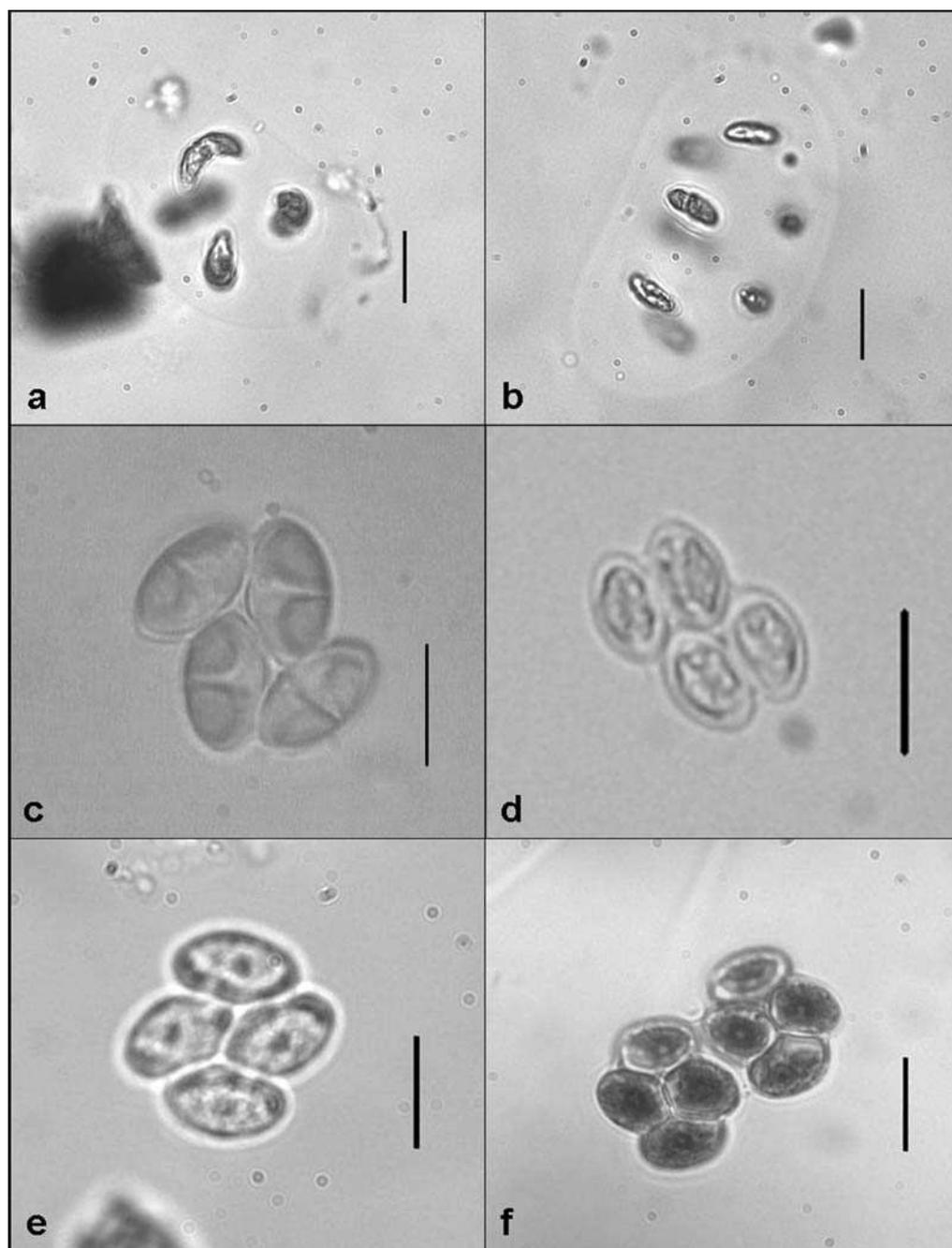


LÁMINA 19 : **a-b,** *Nephrocytium agardhianum*. **c-d,** *Tetrachlorella alternans*. **e-f,** *Tetrachlorella ornata*. Escala: 10 μ m.

Familia Chlorellaceae BRUNNTHALER 1915

Esta familia presentaba una elevada diversidad de tipos morfológicos. A raíz de estudios moleculares se ha demostrado que se trataba de un grupo artificial, que incluía géneros pertenecientes tanto a Chlorophyceae como a Trebouxiophyceae. El género tipo, *Chlorella* Beij., ha sido dividido en varios géneros, perteneciendo su especie tipo (*C. vulgaris* Beij.) a la clase Trebouxiophyceae. Por esta razón la familia Chlorellaceae ha sido transferida a esa clase, permaneciendo muchos de sus géneros, en cambio, en el orden Sphaeropleales (Chlorophyceae). El concepto de género y especie en las Chlorellaceae es provisional, ya que en la mayoría de los casos aún faltan estudios clásicos y moleculares para identificar linajes filogenéticos claros (Krienitz et al., 2004).

Dentro de esta familia en el sentido tradicional, como aquí se considera, la subfamilia Ankistrodesmoideae ha sido considerada, según los distintos autores, como tal o como familia, y ha recibido diferentes nombres: Selenastraceae (Blackm. et Tansl.) Fritsch in G. S. West et Fritsch (1927), Ankistrodesmaceae Koršikov (1953), subfamilia Ankistrodesmoideae (Chlorellaceae) (Komárek & Fott, 1983), dependiendo fundamentalmente de la aceptación o no del género *Selenastrum* Reinsch 1867. El nombre Selenastraceae ha sido en los últimos años el más extendido, especialmente a partir de Marvan et al. (1984). La definición de la familia se ha basado fundamentalmente en caracteres morfológicos: células solitarias o coloniales, presencia de mucílago, cloroplastos con o sin pirenoide, ordenamiento de las autósporas dentro de la célula materna, etc. Estos caracteres en la mayoría de los casos presentan una amplia variabilidad, muchas veces dependiendo de los factores ambientales. Recientes contribuciones basadas en análisis de secuencias de genes señalan que las Selenastraceae constituyen un grupo monofilético dentro de las Chlorophyceae; pero que los caracteres morfológicos no se corresponden con las relaciones filogenéticas y no son significativos en la delimitación genérica, y sí, tal vez, para la diferenciación de las especies, sugiriéndose el

restablecimiento de grandes géneros como *Ankistrodesmus* Corda (incl. *Monoraphidium*, *Quadrigula*, etc.) y *Kirchneriella* Schmidle (incl. *Selenastrum*) (Krienitz et al., 2001). Fawley et al. (2005) plantean la imposibilidad de identificaciones incluso específicas a partir de los rasgos morfológicos, sin embargo, en vista de los errores en la caracterización morfológica de algunas de sus especies tomadas como material comparativo (*Monoraphidium pusillum* MDL 1/12-5, *M. contortum* AS-11, *M. griffithii* AN7-8), no es posible emitir conclusiones.

En este trabajo mantendremos los géneros *Ankistrodesmus* y *Monoraphidium*, por carecer de datos suficientes para incluir las especies ya en *Ankistrodesmus* o *Kirchneriella*. Este último lo consideramos en un sentido amplio, que incluye *Raphidocelis* Hindák sensu Marvan et al. (1984) (= *Pseudokirchneriella* Hindák).

Células solitarias o en colonias, pared celular de 2 ó 3 capas con celulosa y esporopolenina; cloroplasto mayormente parietal con o sin pirenoide visible al microscopio óptico; reproducción exclusivamente por autósporas, que se liberan por rompimiento de la pared celular materna.; pueden presentar o no envolturas mucilaginosas. Género tipo: *Chlorella* Beijerinck 1890.

***Ankistrodesmus* CORDA 1838**

Células raramente aisladas, en general en colonias de distinto número de células, en que éstas se disponen más o menos paralelas, en fascículos, o cruzadas, excepcionalmente unidas por un extremo. Alrededor de las colonias, a veces una envoltura mucosa fina de distinta anchura, a menudo difícilmente visible, que en algunas especies se reduce a una pequeña masa mucosa rodeando la zona de unión de las células. Células fusiformes o estrechamente fusiformes a cilíndricas, generalmente mucho más largas que anchas, hacia los extremos reducidas y gradual o súbitamente agudas, rectas, arqueadas o retorcidas en espiral. Cloroplasto

parietal sin pirenoide. Pared celular delgada, lisa. Reproducción por 2-4-8 autósporas, que se disponen en paralelo dentro de la célula materna. La pared celular se rompe por el centro en dos mitades en forma de cono. Especie tipo: *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs 1848.

Ankistrodesmus stipitatus (CHODAT) KOMÁRKOVÁ-
LEGNEROVÁ 1969 (Lám. 20 a)

Syn.: *Raphidium fasciculatum* status *stipitatus* Chodat 1902, *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs sensu G. M. Smith 1920 y Prescott 1951

Descripción: Células aisladas o en pequeñas colonias laxas de 2-4-8 células, donde están ordenadas en paralelo, en forma de haz alargado y unidas en el centro. Células alargadas, fusiformes, rectas o levemente arqueadas, en los extremos progresivamente atenuadas, aguzadas y puntiagudas o a veces un poco irregularmente onduladas. Reproducción mediante (2)-4 autósporas. Dimensiones: 61.2-64.1 x 2.2-2.8 μm .

Ecología: planctónica y en el litoral de distintos sistemas acuáticos, en general grandes.

Citas previas: Ávila, Barcelona, Burgos, Lérida, Tarragona (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Chlorella BEIJERINCK 1890, nomen cons.

Células solitarias o en grupos irregulares, en general esféricas, más raramente elipsoidales, ovals u ovadas, con pared celular lisa. Un cloroplasto parietal, bandiforme o acopado, con o sin pirenoide. Reproducción exclusivamente por autósporas que se liberan por una abertura de la pared celular materna. Especie tipo: *Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890.

A pesar de ser *Chlorella* uno de los géneros de eucariotas más estudiados, su sistemática no está resuelta. Además de los trabajos monográficos de Fott & Nováková (1969) y de Andreeva (1975), destaca la importante contribución de Kessler (1965, 1967, 1987, 1992, etc.) a la taxonomía del género, con numerosos trabajos basados en caracteres bioquímicos y fisiológicos.

En los últimos años, el género ha sido dividido en dos distintos (además de otros aún no resueltos) desde el punto de vista genético. Uno de ellos está constituido por las "verdaderas" *Chlorella*: *C. vulgaris* Beij., *C. lobophora* Andreeva, *C. sorokiniana* Shihira et Krauss, entre otras, junto con taxa de morfología distinta y que, por ello, anteriormente se incluían en otras familias (*Actinastrum hantzschii*, *Diacanthos belenophorus*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Didymogenes anomala* y *D. palatina*, y *Micractinium pusillum*). El otro, denominado *Parachlorella* Krienitz et al., incluye especies como *P. beijerinckii* Krienitz et al. y *P. kessleri* (Fott et Nováková) Krienitz et al., también entremezcladas con especies que estaban ubicadas en otras familias (*Dicloster acuatus* y *Closteriopsis acicularis*). Yamamoto et al. (2005) estudiaron la síntesis de pared celular en la autosporulación de las especies de *Chlorella* mencionadas y de *P. kessleri*, demostrando que la pared celular de *Chlorella* presenta una capa fina electrónicamente densa y en el caso de *Parachlorella* la pared es más gruesa y electrónicamente transparente, ofreciendo así otro carácter de diferenciación entre ambos géneros.

Chlorella minutissima FOTT & NOVÁKOVÁ 1969 (Lám. 20 b)

Descripción: Células esféricas, pequeñas; pared celular delgada, cloroplasto en forma de cinturón o acopado, en células adultas ocupando $\frac{3}{4}$ o más de la periferia celular, sin pirenoide. Reproducción por 2-4 autósporas anchamente elipsoidales. Dimensiones: células 1.5-3 μm de diámetro.

Ecología: en el perifiton y plancton de aguas eutróficas, probablemente cosmopolita.

El cultivo tipo de esta especie era en realidad idéntico a *Chlorella homosphaera* Skuja 1948 (= *Mychonastes homosphaera* Kalina et Punčochářová), cuyo nombre tiene prioridad sobre *C. minutissima*, y se ubica en la clase Chlorophyceae (Huss et al., 1999). Para el resto de cepas identificadas como *C. minutissima* se mantiene provisionalmente este nombre (Huss et al., 1999). La especie se halla, en base a criterios moleculares, dentro de Trebouxiophyceae (Huss et al., 1999; Krienitz et al., 1999; Yamamoto et al., 2005), y ha resultado ser más cercana al género *Nanochlorum* Wilhelm, Eisenbeis, Wild et Zahn que a *Chlorella* y *Parachlorella*.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Iznájar.

***Closteriopsis* LEMMERMANN 1899**

Células libres, solitarias, largamente fusiformes, rectas o levemente arqueadas, isopolares, en los polos gradualmente setiformes. Pared celular delgada y lisa, sin mucílago. Cloroplasto parietal a central, bandiforme, a veces espiralado, nunca alcanzando los extremos celulares, con múltiples pirenoides alineados, como máximo 14-(16). Reproducción por 2-8 autósporas que se ordenan serialmente en la célula materna. Las autósporas jóvenes sólo presentan un pirenoide, pero su número aumenta a lo largo del ciclo de vida. Especie tipo: *Closteriopsis longissima* (Lemm.) Lemmermann 1899.

En el caso de este género, se vuelve a poner de manifiesto que la clasificación de las algas unicelulares en base a la morfología puede llevarnos a sistemas no naturales. Se realizó un estudio genético de la especie *Closteriopsis acicularis* (G. M. Smith) Belcher et Swale, donde se

demonstró que se trata de un alga muy cercana a *Parachlorella kessleri* (Fott et Nováková) Krienitz et al., por lo que se ha transferido a la familia Chlorellaceae dentro de la clase Trebouxiophyceae (Ustinova et al., 2001).

Closteriopsis acicularis (G. M. SMITH) BELCHER et SWALE
1962 (Lám. 20 e-f)

Syn.: *Closteriopsis longissima* var. *acicularis* G. M. Smith 1926

Descripción: Células largamente fusiformes, rectas o levemente arqueadas, en ambos extremos progresivamente estrechadas en puntas afiladas. Cloroplasto más o menos parietal, laminar, recto o en espiral, con 1 (sólo en autósporas jóvenes) hasta 8 pirenoides. Reproducción mediante 2-8 autósporas, que en la liberación poseen siempre un solo pirenoide. Dimensiones: células 37-84 x 3-5 µm.

Nuestra población se corresponde con la variedad ***acicularis***.

Ecología: en el plancton de aguas mayormente mesotróficas, estancadas o corrientes, no frecuente pero comúnmente distribuida y representada de forma dispersa. Probablemente cosmopolita.

Como ya hemos comentado, actualmente se halla en la clase Trebouxiophyceae.

Citas previas: Ciudad Real, Madrid, Tarragona, Valencia (Cambra et al., 1998). Se citó en Granada por error, se trataba de una especie de *Closterium* (Sánchez Castillo, in litt.).

Nuevos registros:

- Huelva: laguna de Sopotón.

***Kirchneriella* SCHMIDLE 1893**

Células aisladas o en colonias mucilaginosas, en general de 4-16 células ordenadas regular o irregularmente dentro de la colonia. Envoltura mucosa fina, delimitada o no, incolora, a veces difícilmente visible. Células ovales, cortamente fusiformes o largamente cilíndricas, siempre arqueadas hasta espiraladas, a veces de contorno casi circular o ampliamente ovadas, con una hendidura, en los extremos agudas o redondeadas. Pared celular delgada y lisa. Cloroplasto parietal, acopado, con sin pirenoide visible. Reproducción por 4-8 autósporas ordenadas en serie en la célula materna. Especie tipo: *Kirchneriella obesa* (W. West) Schmidle 1893.

Como ya hemos comentado, consideramos a este género en su sentido amplio, por lo tanto, pertenecen a él especies con pirenoide (*Kirchneriella* s. str.) y especies sin pirenoide (*Raphidocelis* sensu Marvan et al. = *Pseudokirchneriella* Hindák).

***Kirchneriella contorta* (SCHMIDLE) BOHL. 1897 (Lám. 21 a-b)**

Syn.: *Kirchneriella obesa* var. *contorta* Schmidle 1894, *Raphidocelis contorta* (Schmidle) Marvan, Komárek et Comas 1984, *Pseudokirchneriella contorta* (Schmidle) Hindák 1990

Descripción: Colonias pequeñas, con células dispuestas irregularmente en una envoltura gelatinosa fina, sin estructura. Células largamente cilíndricas, en todas partes igual de anchas, torcidas en forma de arco, en espiral o sigmoides, con extremos redondeados. Cloroplasto parietal, cubriendo casi toda la pared celular, sin pirenoide. Reproducción mediante 4-8 autósporas. Dimensiones: 7.4-12.1 x 1.7-2.8 µm.

Nuestras poblaciones se corresponden con la variedad ***contorta***.

Ecología: en el plancton de lagos, estanques y ríos, dispersa, difundida probablemente cosmopolita.

Citas previas: León, Madrid, Orense, Tarragona, Zamora (Cambra et al., 1998 sub *Pseudokirchneriella contorta*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Raphidocelis contorta*).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.

Kirchneriella irregularis (G. M. SMITH) KORŠIKOV 1953
(Lám. 21 c-d)

Syn.: *Kirchneriella lunaris* var. *irregularis* G. M. Smith 1920,
Pseudokirchneriella irregularis (G. M. Smith) Hindák 1990

Descripción: Colonias de 4-16 células, en general dispuestas irregularmente, más raramente células aisladas. Células fusiformes, arqueadas en forma semicircular, con los extremos progresivamente atenuados y más o menos aguzados hasta puntiagudo truncados. Cloroplasto parietal, llegando hasta los extremos, probablemente con un pirenoide. Reproducción por 4 autósporas que se liberan por gelatinización de la pared celular materna. Dimensiones: autósporas 8.4-11 x 2.2-2.8 µm.

El material encontrado en el embalse de los Hurones se corresponde con la variedad ***spiralis*** Koršikov 1953.

Ecología: en el plancton o bajo otras algas y plantas acuáticas, dispersa hasta comúnmente distribuida.

Citas previas: Ciudad Real, Valencia (Cambra et al., 1998 sub *Pseudokirchneriella irregularis*).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Kirchneriella rotunda (KORŠIKOV) HINDÁK 1977 (Lám. 22 a-b)

Syn.: *Ankistrodesmus rotundus* Koršikov 1953, *Raphidocelis rotunda* (Korš.) Marvan, Komárek et Comas 1984, *Pseudokirchneriella rotunda* (Korš.) Hindák 1990

Descripción: Colonias pequeñas de pocas células o células aisladas envueltas en una estrecha envoltura mucosa. Células más o menos cilíndricas, en los extremos ligeramente atenuadas y redondeadas, curvadas en forma de círculo hasta en espiral, entonces se solapan los extremos. Cloroplasto parietal, situado en el lado ventral de la célula, sin llegar hasta los extremos, sin pirenoide. Reproducción mediante 4 autósporas, que se liberan por ruptura de la pared celular materna en 2 mitades. Dimensiones: células 19.7-32.4 x 4-4.8 μm ; anchura de la espiral 9.1-13 μm .

Ecología: en charcos de agua.

Citas previas: no hay en España.

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.

Kirchneriella subcapitata KORŠIKOV 1953 (Lám. 21 e-f)

Syn.: *Ankistrodesmus subcapitatus* Korš. 1953, *Raphidocelis subcapitata* (Koršikov) Nygaard, Komárek, Kristiansen et Skulberg 1986, *Selenastrum capricornutum* Printz sensu Skulb. 1964 et auct. post. sine typo, *Pseudokirchneriella subcapitata* (Koršikov) Hindák 1990

Descripción: Colonias pequeñas, de pocas células, en una gelatina fina; a veces células aisladas con envoltura mucosa delgada. Células largamente cilíndricas, de igual anchura en toda la célula, arqueadas en círculo o sigmoides, con los extremos redondeados, a veces levemente capitados. Cloroplasto parietal, cubriendo casi toda la pared celular, pirenoide no visible al microscopio óptico. Reproducción por (2)-4-8

autósporas que se liberan por ruptura de la pared materna en la zona apical de la célula. Dimensiones: 10.8-14.9 x 2.3-3.1 μm .

Ecología: en el plancton de aguas meso- a eutróficas, nunca frecuente.

Citas previas: Barcelona, Gerona, Tarragona (Cambra et al., 1998 sub *Pseudokirchneriella subcapitata*).

Nuevos registros:

- Málaga: laguna de las Pedrizas.

***Monoraphidium* KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ 1969**

Células aisladas, más o menos fusiformes, rectas, arqueadas, sigmoides o espiraladas, mayormente planctónicas, raramente asentadas en partículas detriticas. Extremos celulares igualmente aguzados o arqueados. Pared celular delgada, lisa, sin mucílago. Cloroplasto parietal sin pirenoide visible al microscopio óptico. Reproducción por 4-8 autósporas que se ordenen en serie en la célula materna. Especie tipo: *Monoraphidium griffithii* (Berk.) Komárková-Legnerová 1969.

Durante mucho tiempo se consideró que en este género el cloroplasto no presentaba pirenoide, puesto que no se diferenciaba esta estructura al microscopio óptico. Eloranta (1979) realizó un estudio de la ultraestructura de *Monoraphidium griffithii*, demostrando la presencia de un pirenoide en esta especie. Se trata de un pirenoide sin gránulos de almidón asociados, por lo que no era visible al microscopio óptico. Krienitz et al. (1983) encuentran esta estructura también en *M. neglectum* Heynig et Krienitz y *M. tortile* (W. & G. S. West) Komárková-Legnerová.

Monoraphidium arcuatum (KORŠIKOV) HINDÁK 1970 (Lám. 23 a)

Syn.: *Ankistrodesmus arcuatus* Korš. 1953

Descripción: Células delgadas, arqueadas en semicírculo, a veces débilmente sigmoides. Los extremos celulares gradualmente atenuados en una punta afilada. Cloroplasto parietal, sin pirenoide. Reproducción mediante (2)-4-8-(16) autósporas, en cuya liberación la pared celular se rompe en dos mitades. Dimensiones: diámetro del contorno circular de la célula 17-33.3 μm , células (longitud del eje) 27-45.8 μm , anchura de la célula 1-1.4 μm .

Ecología: en el plancton y en el perifiton, ampliamente difundida pero no frecuente.

Citas previas: Alicante, Barcelona, Ciudad Real, Gerona, Lérida, Madrid, Tarragona, Valencia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: laguna Escalera, embalse de La Marciaga.

Monoraphidium contortum (THURET) KOMÁRKOVA-LEGNEROVÁ 1969 (Lám. 23 c-d)

Syn.: *Ankistrodesmus contortus* Thur. in Bréb. 1856

Descripción: Células fusiformes, delgadas, irregularmente curvas, desde sigmoides hasta retorcidas en espiral; los extremos gradualmente atenuados acabando en una punta afilada. Cloroplasto parietal, cubriendo casi toda la pared celular, sin pirenoide. Reproducción mediante 2-4-8 autósporas. Dimensiones: 23.4-37.1 x 1-2.5 μm .

Ecología: en aguas débil a fuertemente eutróficas en el plancton y perifiton, muy frecuente. Una de las especies más difundidas de *Monoraphidium*.

Citas previas: Álava, Albacete, Alicante, Almería, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cádiz, Cantabria, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, Huelva, León, Lérída, Madrid, Menorca, Murcia, Tarragona, Teruel, Valencia, Zamora (Cambra et al. 1998).

Nuevos registros:

- Almería: balsa de Barjalí, balsa de Blanca, embalse de Almanzora.
- Badajoz: navajo de Matanegra.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Granada: embalse de Canales, laguna de Río Seco Inferior.
- Huelva: laguna de Sopedón, laguna Dulce.
- Jaén: embalse de Vadomojón, embalse de Guadalén, embalse de Panzacola.
- Málaga: laguna de las Pedrizas, laguna Grande de Archidona.
- Sevilla: laguna Escalera, embalse de Alcalá del Río, embalse de La Marciaga.

Monoraphidium convolutum (CORDA) KOMÁRKOVÁ-
LEGNEROVÁ 1969 (Lám. 22 e-f)

Syn.: *Ankistrodesmus convolutus* Corda 1838, *Ankistrodesmus curvulus* Belcher et Swale 1962

Descripción: Células aisladas, fusiformes, irregularmente arqueadas o curvadas en forma de media luna, levemente asimétricas, con los extremos agudos. Cloroplasto parietal que ocupa casi todo el interior celular, sin pirenoide visible al microscopio óptico. Reproducción mediante autósporas. Dimensiones: 12-16 x 2.5-3 μm , diámetro 6-10 μm .

Ecología: en el plancton y perifiton de aguas meso- a eutróficas, dispersa pero probablemente cosmopolita.

Citas previas: Alicante, Barcelona, Cáceres, Cuenca, Guadalajara, Madrid, Málaga, Orense, Pontevedra, Toledo, Valencia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Huelva: laguna de Sopotón.
- Cádiz: laguna de Montellano.

Monoraphidium griffithii (BERK.) KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ
1969 (Lám. 23 e-f)

Syn.: *Closterium griffithii* Berk. 1854, *Ankistrodesmus falcatus* var. *acicularis* (A. Br.) G. S. West 1904, *Ankistrodesmus acicularis* (A. Br.) Skuja 1948 sensu Korš. 1953

Descripción: Células aisladas, generalmente rectas, largamente fusiformes, progresivamente atenuadas hacia los extremos, puntiagudas. Cloroplasto parietal, pirenoide no visible al microscopio óptico. Reproducción por 4-8 autósporas. Dimensiones: 63.7-69.5 x 3-3.7 µm.

Ecología: en el plancton de aguas meso- a eutróficas, probablemente cosmopolita, a excepción de las zonas polares.

Citas previas: Alicante, Asturias, Barcelona, Cáceres, Cádiz, Ciudad Real, Gerona, La Rioja, Lérida, Madrid, Soria, Tarragona, Valencia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Alicante: embalse de Crevillente.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río, embalse de La Marciaga.

Monoraphidium komarkovae NYGAARD 1979 (Lám. 23 b)

Syn.: *Monoraphidium setiforme* (Nyg.) Kom.-Legn. 1969; non *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs var. *setiforme* Nyg. 1945 (= *Koliella setiformis* (Nyg.) Nyg. 1979)

Descripción: Células estrecha y largamente fusiformes, más de 20 veces más largas que anchas, en el centro a veces casi cilíndricas, con los

extremos progresivamente atenuados y setiformes, rectos o débilmente torcidos. Cloroplasto parietal, sin pirenoide. Reproducción mediante 4-8 autósporas. Dimensiones: 43-66 x 1.3-2.2 μm .

Ecología: planctónica en lagos, estanques, embalses y charcos oligotróficos hasta mesotróficos y distróficos, generalmente en verano. Probablemente más difundida, pero pasada por alto y confundida con *M. griffithii*.

Las dimensiones de las células observadas son inferiores a las descritas en la literatura (Komárek & Fott, 1983).

Citas previas: Álava, Almería, Barcelona, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, León, Tarragona, Valencia, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.

Monoraphidium minutum (NÄGELI) KOMÁRKOVA-
LEGNEROVÁ 1969 (Lám. 22 c-d)

Syn.: *Raphidium minutum* Näg. 1849, *Selenastrum minutum* (Näg.) Collins 1907, *A. minutissimus* Korš. 1953

Descripción: Células en forma de media luna, sigmoides o un poco torcidas en espiral. Extremos celulares a veces se acercan entre sí y se disponen en un plano, algo atenuados y redondeados. Cloroplasto parietal, cubriendo casi toda la pared celular, sin pirenoide. Reproducción mediante 2-4-(8) autósporas, que se liberan mediante un desgarramiento transversal u oblicuo en el centro o a lo largo de la pared celular materna. Dimensiones: 4-8 x 1.5-2.5 μm .

Ecología: en el plancton y perifiton (probablemente en pH > 7), ampliamente distribuido, pero no frecuente. En ocasiones desarrollo masivo. Probablemente cosmopolita, más en zonas tropicales y subtropicales.

Citas previas: Álava, Albacete, Alicante, Almería, Barcelona, Cantabria, Cuenca, Gerona, Granada, Huelva, Jaén, Madrid, Salamanca, Tarragona, Teruel, Valencia, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Cádiz: laguna de Medina.
- Sevilla: laguna de Calderón.

Siderocelis (NAUMANN) FOTT 1934

Syn.: *Chlorella* sect. *Siderocelis* Naum. 1921

Células aisladas, elipsoidales, ovals a cilíndricas, más raramente esféricas o levemente irregulares, sin o con una fina envoltura mucosa incolora. Toda la superficie celular verrugosa. Cloroplasto discoidal con un pirenoide inconspicuo o sin él. Reproducción por autósporas que se liberan por una abertura o por desintegración de la pared materna en varios fragmentos. Especie tipo: *Siderocelis ornata* (Fott) Fott 1934.

Siderocelis ornata (FOTT) FOTT 1934 (Lám. 20 c-d)

Syn.: *Oocystis ornata* Fott 1933, *Siderocelis balatonica* Hortob. 1948

Descripción: Células en general aisladas, o en grupos de 4-8 células dentro de la pared materna, rodeadas por una envoltura mucosa. Células elipsoidales a ovals, en los polos redondeadas o algo agudas. Pared celular gruesa, cubierta en toda la superficie por verrugas oscuras. En autósporas un cloroplasto parietal, en adultas hasta 4, con pirenoide poco visible. Reproducción por autósporas. Dimensiones: células 14.1 x 10.7 µm.

Ecología: en el plancton de estanques y pequeños lagos, en general rara.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.

***Tetraedron* KÜTZING 1845**

Células solitarias, con 3-4-5 ángulos, aplanadas o tetraédricas. Ángulos redondeados, lobulados o saliendo en forma de brazos, a menudo con una papila o un apéndice espinoso. Pared celular lisa o verrugosa. Cloroplasto parietal, con un marcado pirenoide cubierto de almidón. Reproducción por autósporas. Especie tipo: *Tetraedron regulare* Kützing 1845.

El género *Tetraedron* ha sido ubicado en familias distintas según criterios de diferentes autores: Chlorellaceae (Komárek & Fott, 1983) e Hydrodictyceae. Philipose (1967) pone a *Tetraedron* en distintas subfamilias de Hydrodictyceae. Hindák (1980) le sigue y lo argumenta: las autósporas de *Tetraedron* se producen primero en la capa interna de pared ensanchada de la célula madre, similar a las de *Pediastrum*.

A partir del estudio de Buchheim et al. (2005) se pone de manifiesto que *Tetraedron* es un género hermanado con las Hydrodictyceae, y junto con esta familia, cercano a las Neochloridaceae. Por lo tanto, el género *Tetraedron* pertenece al orden Sphaeropleales, dentro de las Chlorophyceae. Aún así, tanto *Tetraedron* como *Chlorotetraedron* necesitan ser más estudiados para poder ser ubicados en una familia concreta.

***Tetraedron caudatum* (CORDA) HANSGIRG 1888 (Lám. 24 a-b)**

Syn.: *Astericum caudatum* Corda 1839, *Polyedrium pentagonum* Reinsch 1867, *Polyedrium caudatum* (Corda) Lagerheim 1883

Descripción: Células con 5 ángulos, habitualmente planas o levemente tetraédricas, de forma que los lóbulos no están en un plano.

Cada ángulo anchamente cónico y con una papila o un apéndice recto de distinta longitud. Lados de la célula cóncavos, en un lado la concavidad notablemente más profunda, así la célula presenta simetría bilateral. Pared celular lisa a rugosa. Cloroplasto parietal, grueso, con un pirenoide con envoltura de almidón. Reproducción por 4-8 autósporas. Dimensiones: células 6.5-11 μm , apéndices 2.5-3 μm de longitud.

Ecología: en el plancton de pequeños lagos y estanques, probablemente cosmopolita.

Citas previas: Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cuenca, Granada, Guadalajara, Huelva, La Rioja, Lérida, Madrid, Mallorca, Orense, Salamanca, Soria, Tarragona, Toledo (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.

Tetraedron minimum (A. BRAUN) HANSGIRG 1888 (Lám. 24 c-d)

Syn.: *Polyedrium minimum* A. Br. 1855, *Tetraedron quadratum* (Reinsch) Hansg. 1889

Descripción: Células cuadrangulares, más o menos aplanadas, con los lados leve o marcadamente cóncavos, a veces con una pequeña papila o corto apéndice en los extremos. Pared celular lisa o rugosa. Cloroplasto parietal, con un gran pirenoide con envoltura de almidón. Reproducción mediante 4-8 autósporas. Dimensiones: células 10-11 μm .

Ecología: en el plancton y perifiton, cosmopolita.

Citas previas: Álava, Albacete, Alicante, Almería, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Guadalajara, Huelva, Huesca, Ibiza, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Mallorca, Murcia, Navarra, Orense, Salamanca, Segovia, Sevilla, Soria, Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Valladolid, Vizcaya, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Almería: balsa de Punta Entinas.
- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Córdoba: embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Canales.
- Jaén: embalse de Panzacola, embalse de Guadalén.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río, embalse de La Marciaga.

***Tetraedron regulare* KÜTZING 1845 (Lám. 24 e-f)**

Incl. var. *granulatum* Presc. 1944; Syn.: *Tetraedron tumidulum* (Reinsch) Hansg. 1889, *T. quadrilobum* G. M. Smith 1922

Descripción: Células cuadrangulares, tetraédricas, con los lados levemente cóncavos, con pequeñas papilas en los extremos de los lóbulos celulares. Pared celular lisa o rugosa. Cloroplasto parietal, con pirenoide evidente con una envoltura de almidón. Reproducción mediante 4-8 autósporas que se liberan mediante la ruptura de la pared celular materna en 2 partes. Dimensiones: 11-15 µm.

Ecología: en el plancton de pequeños sistemas acuáticos, rara.

Citas previas: Badajoz, Burgos, Cáceres, Madrid, Tarragona, Toledo, Valencia (Cabra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Jaén: embalse de Guadalmellato.

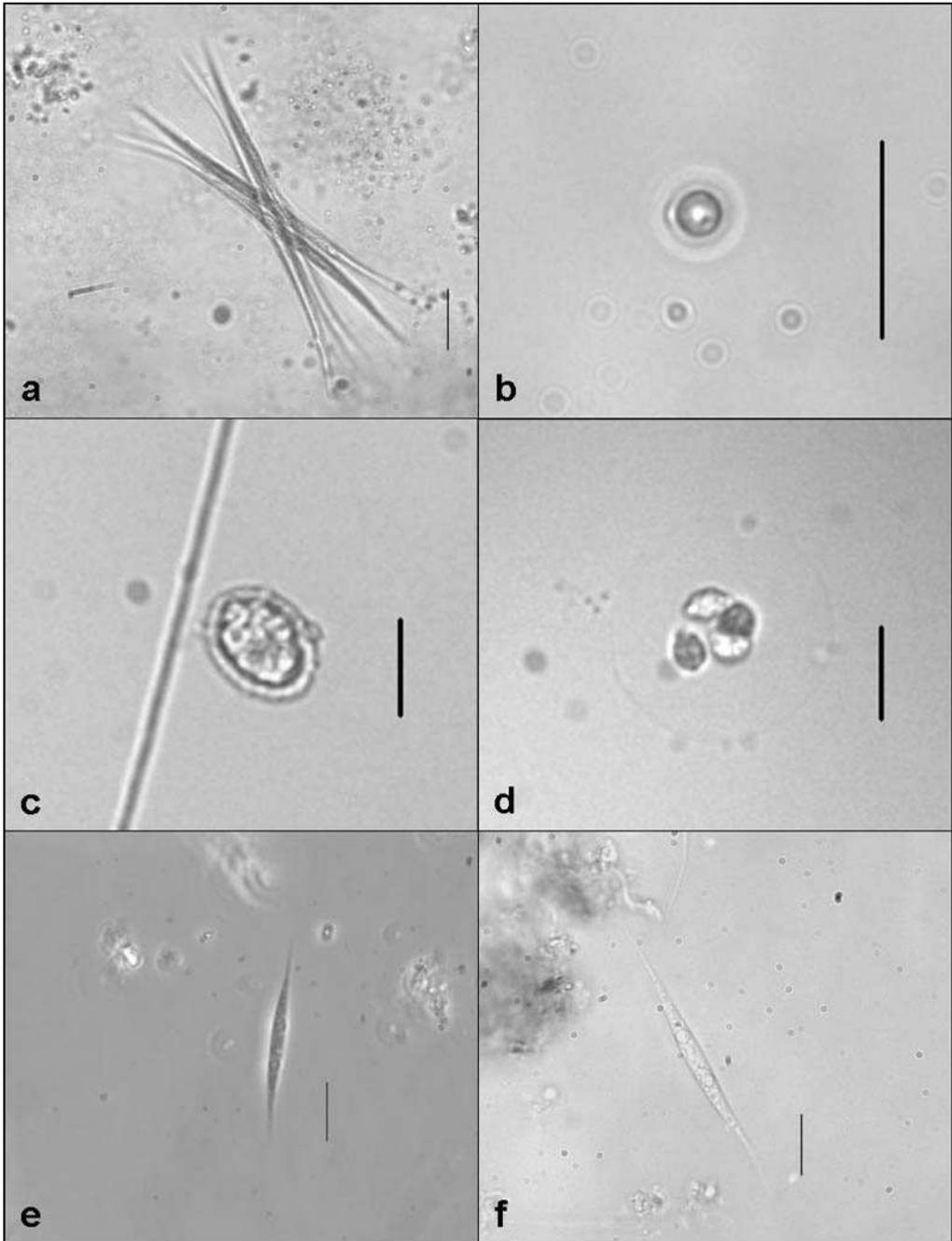


LÁMINA 20: **a**, *Ankistrodesmus stipitatus*. **b**, *Chlorella minutissima*. **c-d**, *Siderocelis ornata*. **e-f**, *Closteriopsis acicularis*. Escala: 10 μ m.

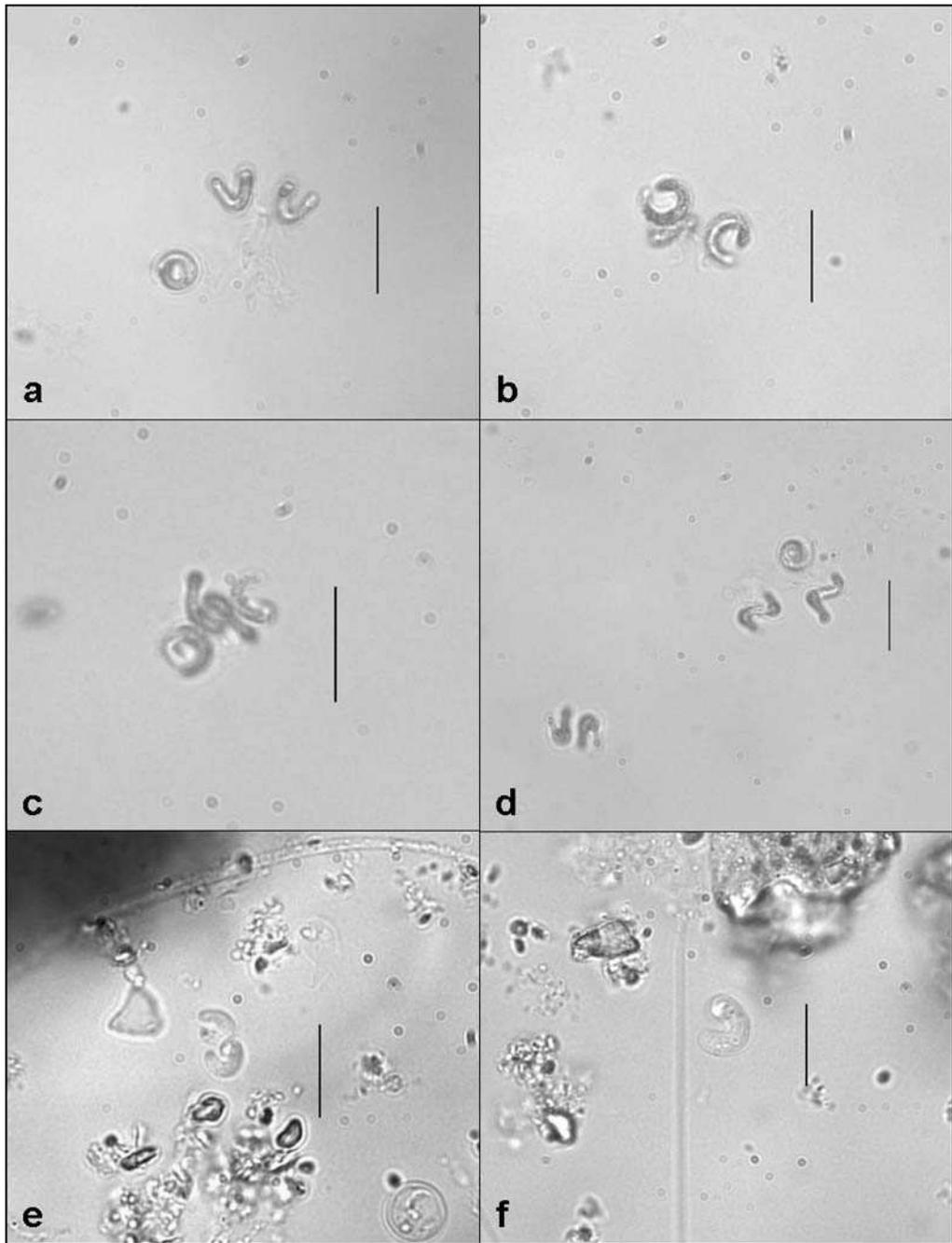


LÁMINA 21: **a-b,** *Kirchneriella contorta*. **c-d,** *Kirchneriella irregularis*. **e-f,** *Kirchneriella subcapitata*. Escala: 10 μ m.

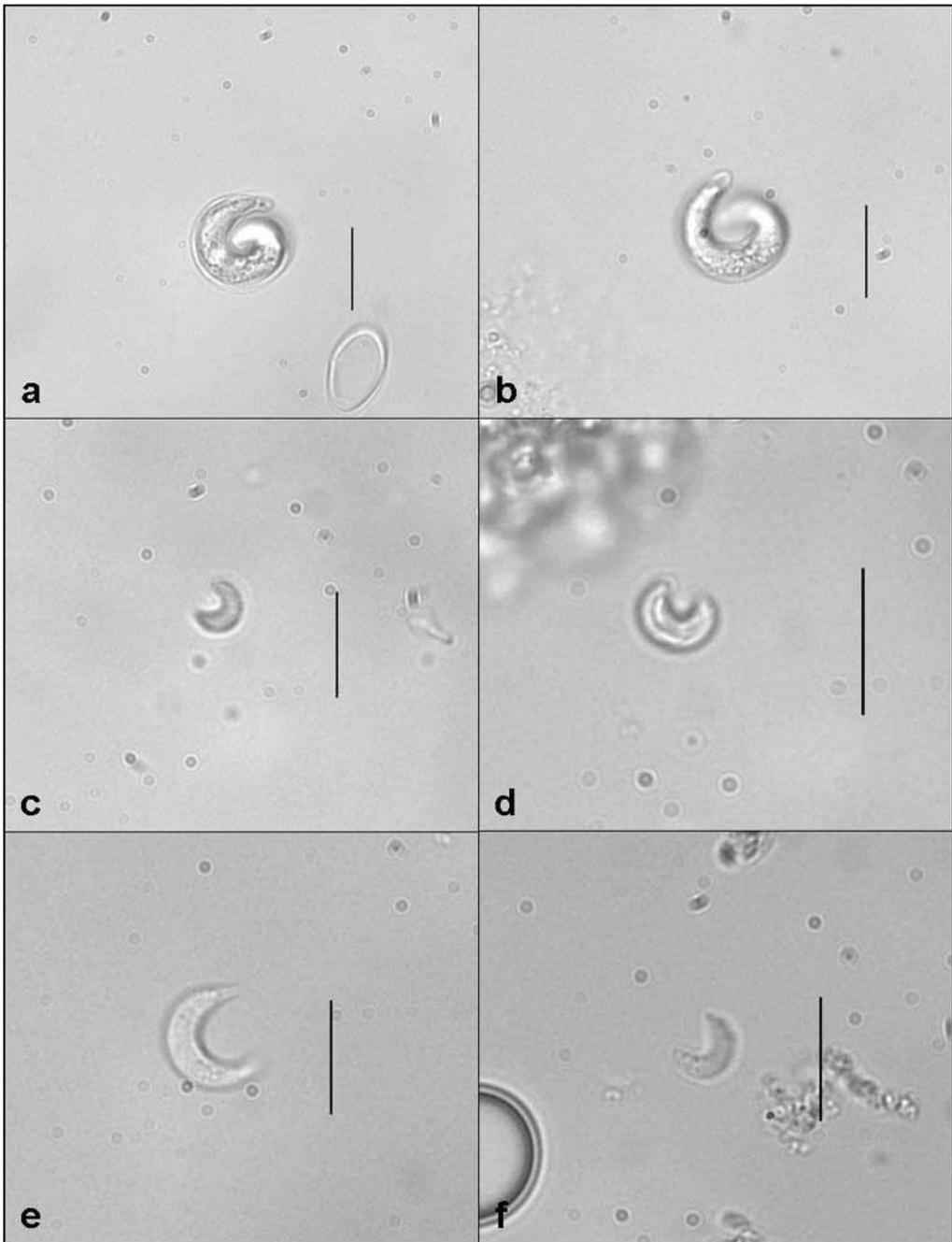


LÁMINA 22: **a-b,** *Kirchneriella rotunda*. **c-d,** *Monoraphidium minutum*. **e-f,** *Monoraphidium convolutum*. Escala: 10 μ m.

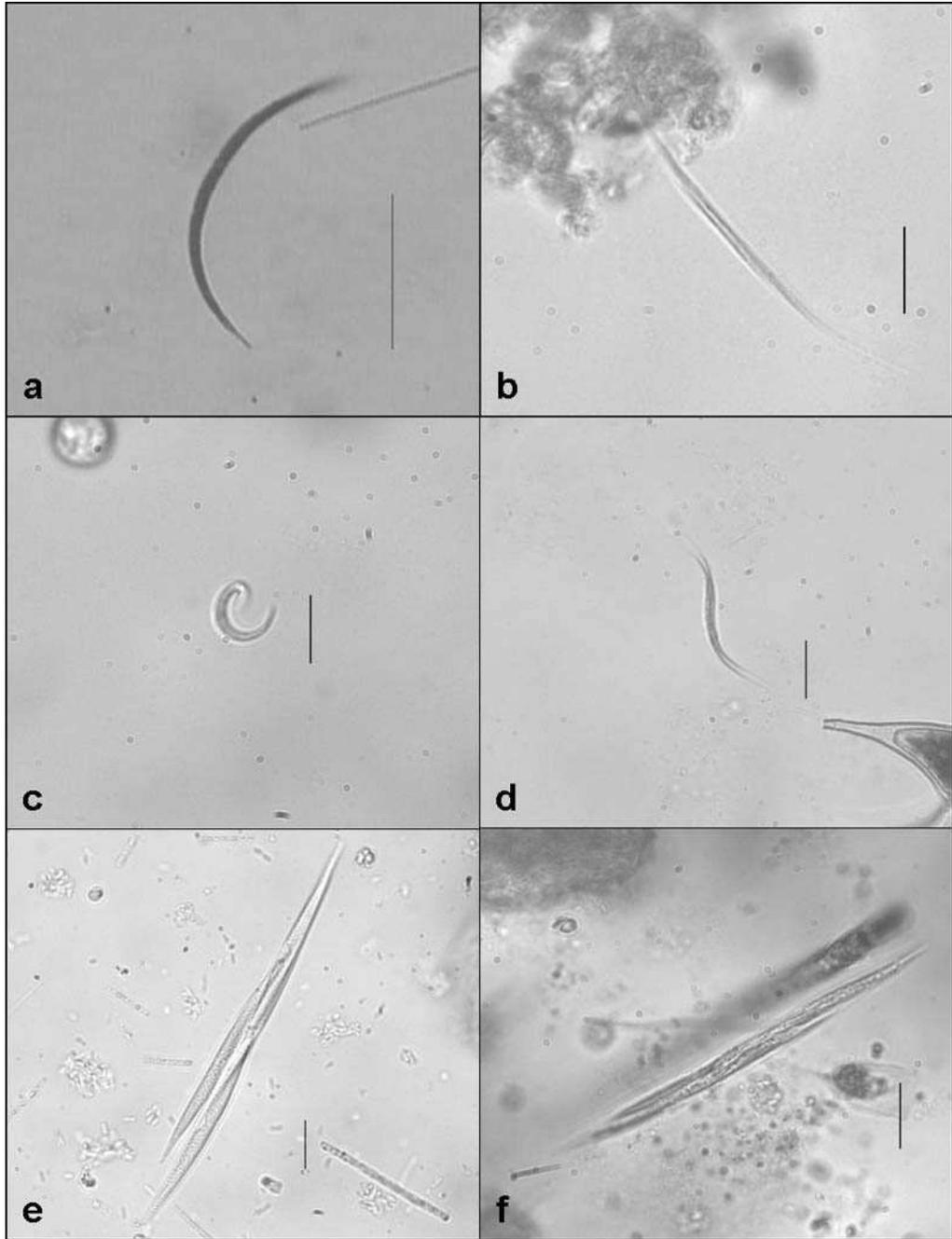


LÁMINA 23: **a**, *Monoraphidium arcuatum*. **b**, *Monoraphidium komarkovae*. **c-d**, *Monoraphidium contortum*. **e-f**, *Monoraphidium griffithii*. Escala: 10 μm .

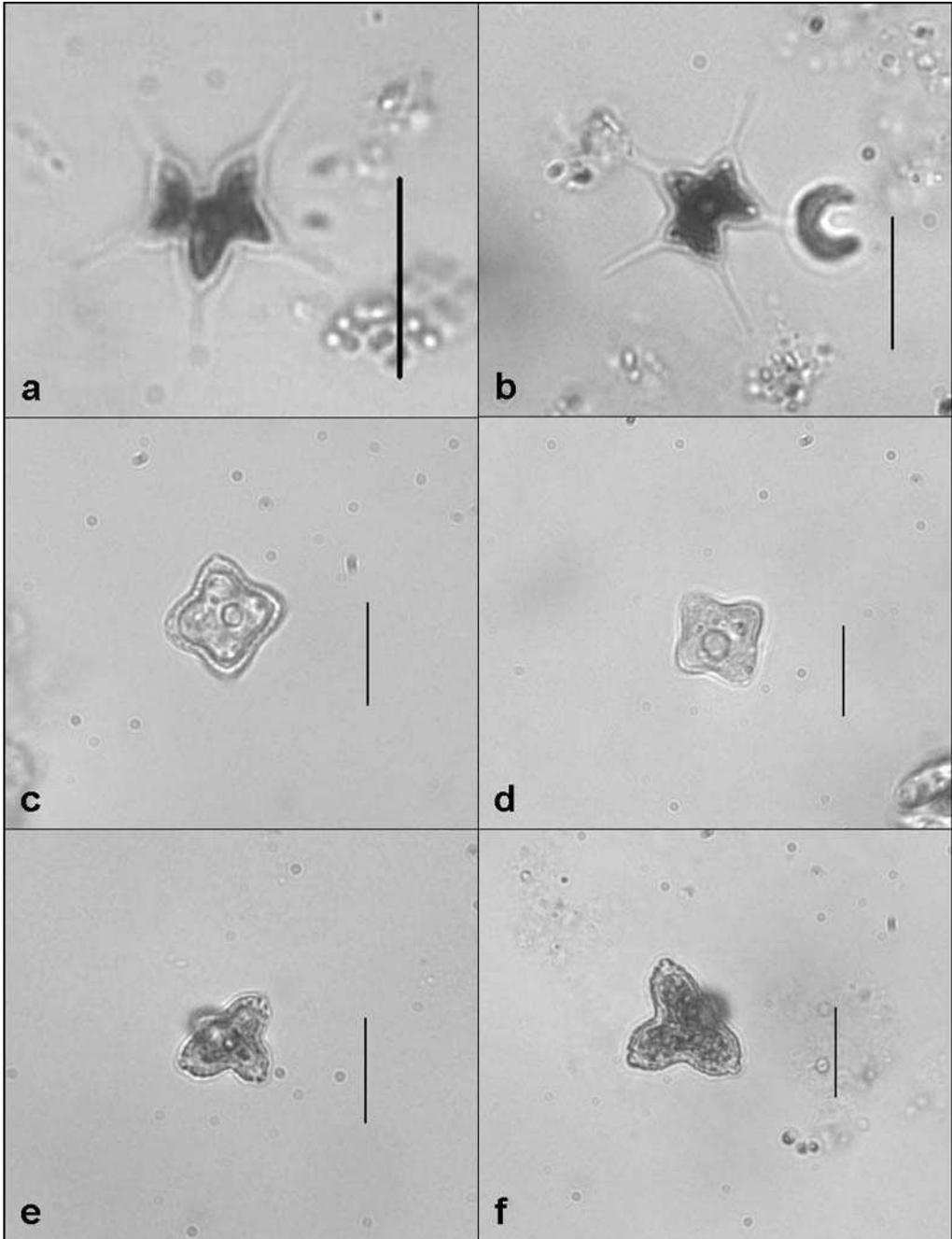


LÁMINA 24: a-b, *Tetradron caudatum*. c-d, *Tetradron minimum*. e-f, *Tetradron regulare*. Escala: 10 µm.

Familia Scenedesmaceae OLTMANNNS 1904

Los géneros de esta familia se caracterizan por presentar células de distinta morfología, ordenadas formando cenobios planos o tridimensionales más o menos esféricos. La pared celular está formada por una capa interna de celulosa y una o varias capas externas de esporopolenina (Atkinson et al., 1972), y puede presentar ornamentaciones. La reproducción es por autósporas, que se ordenan en autocenobios dentro de la célula materna.

Los géneros que forman cenobios tridimensionales esféricos formaban parte de la familia Coelastraceae Wille 1909, pero basándose en análisis moleculares, Krienitz et al. (2003) incluyen los taxa de esta familia dentro de Scenedesmaceae (Sphaeropleales, Chlorophyceae).

A raíz de diversos estudios moleculares, algunos taxa que pertenecían a esta familia han sido transferidos a otros grupos; pasan a Trebouxiophyceae: *Dicloster* (Hegewald & Hanagata, 2000), *Didymocystis*, *Crucigeniella rectangularis* y *Tetrachlorella alternans* (Oocystaceae) (Hegewald, 1988; Krienitz et al., 2003; Hepperle et al., 2000).

Hemos hallado los siguientes géneros:

Actinastrum LAGERHEIM 1882

Cenobios de 4-8-(16) células, tridimensionales, estrellados, con células alargadas ordenadas radialmente hacia el centro del cenobio. Células largamente cilíndricas o fusiformes, rectas o arqueadas en el extremo distal, con sus bases juntas. Pared celular delgada, lisa, sin engrosamientos. Un cloroplasto parietal con un pirenoide, a veces poco visible. Reproducción por autósporas. Especie tipo: *Actinastrum hantzschii* Lagerheim 1882.

Este género perteneció tradicionalmente a la familia Coelastraceae, pero actualmente se ubica en la familia Chlorellaceae (Trebouxiophyceae) en base a criterios moleculares (Wolf et al., 2002b).

Actinastrum hantzschii LAGERHEIM 1882 (Lám. 25 a-c)

Descripción: Cenobios estrellados de 4-8-(16) células cónico-fusiforres, rectas o levemente arqueadas; polos redondeados a agudos romos. En el extremo inferior redondeadas, sólo en la superficie de contacto con las células vecinas ligeramente aplanadas. Cloroplasto parietal, con un pirenoide, a menudo no visible. Dimensiones: 10-26 x 2-4 μm .

var. ***hantzschii*** (Lám. 25 a-b)

La relación anchura: longitud de las células desarrolladas normales (no anomalías) = $\pm 1 : (3)-4-5,5-(6,5)$, extremos celulares ampliamente redondeados, hasta agudos redondeados. Dimensiones: células 10-15 x 2-4 μm .

var. ***subtile*** WOLOSZ. 1911 (Lám. 25 c)

La relación anchura: longitud de las células = $\pm 1 : 8-11-(13)$, extremos celulares agudos romos a agudos redondeados. Dimensiones: células 22-26 x 2.7-3,7 μm .

Ecología: en el plancton, más raramente sobre vegetación en estanques, lagos y ríos, raramente en pantanos.

Citas previas: Asturias, Barcelona, Cáceres, Ciudad Real, Gerona, Granada, Huelva, León, Madrid, Málaga, Salamanca, Tarragona, Toledo, Valencia, Zamora (Cambra et al., 1998); var. *subtile*: Madrid (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

var. ***hantzschii***

- Almería: balsa de Caparidal.
- Cáceres: charca de Brozas.
- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.
- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

var. ***subtile***

- Almería: embalse de Almanzora.
- Badajoz: laguna de Maguilla.

***Coelastrum* NÄGELI 1849**

Células en cenobios esféricos, elispoidales, huecos, con espacios intercelulares, cenobios más viejos irregularmente perforados. Células esféricas, ovadas o en vista lateral angulosas, trapezoidales o con la pared externa hinchada. Pared celular lisa a rugosa, en el polo distal a veces engrosada o verrugosa, con un engrosamiento en forma de corona o con apéndices libres, mamilosos o verrugosos. Células unidas por sus paredes o mediante apéndices laterales. Cloroplasto parietal con pirenoide rodeado de almidón. Reproducción por autósporas que forman autocenobios dentro de la célula madre, que se liberan por ruptura de la pared materna. Especie tipo: *Coelastrum sphaericum* Nägeli 1849.

***Coelastrum astroideum* DE-NOTARIS 1867 (Lám. 25 d-f)**

Syn.: *Coelastrum microporum* f. *astroidea* (De-Not.) Nyg. 1949, *C. microporum* Näg. sensu auct. post., *C. sphaericum* Näg. sensu Chodat 1902 et auct. post.

Descripción: Cenobios esféricos, huecos, con 4 a 32 células ordenadas de forma radial, sin apéndices de unión entre ellas. Células ovadas o algo cuneiformes con pared celular lisa o rugosa, a menudo con engrosamientos apicales. Un cloroplasto parietal con un pirenoide, generalmente situado en la parte distal. Dimensiones: células 6-9.6 x 6-9.1 µm, cenobios hasta 23 µm.

Ecología: en plancton de diversas aguas, ampliamente distribuido.

Citas previas: Barcelona, Gerona, Lérida, Madrid, Tarragona, Valencia (Cabra et al., 1998)

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Vadomojón, embalse de Guadalén.
- Sevilla: laguna Escalera.

Coelastrum indicum TURNER 1892 (Lám. 26 a-c)

Syn.: *Coelastrum pulchrum* var. *intermedium* Bohl. 1897 et var. *mamillatum* Bohl. 1897, *Coelastrum intermedium* (Bohl.) Korš. 1953

Descripción: Cenobios esféricos, huecos, de 8-32 células. Células en vista lateral esféricas hasta ovals, con engrosamientos apicales de la pared, en vista polar más o menos poliédricas, unidas mediante 5-6 apéndices cilíndricos, cortos. Protoplasto esférico. Espacios intercelulares pequeños, generalmente triangulares. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células 6-13 µm, cenobios 19-32 µm.

Ecología: en pequeños acuatorios y aguas con vegetación.

Citas previas: Cuenca, Gerona, Guadalajara, Madrid, Salamanca, Tarragona, Toledo (Cambra et al., 1998 sub *C. cambricum* var. *intermedium* (Bohlin) G. S. West 1907); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Badajoz: navajo de Matanegra.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Puente Nuevo, embalse de Iznájar.
- Granada: laguna de Aguas Verdes.

Coelastrum microporum NÄGELI. in A. BRAUN 1855 (Lám. 26 d-f)

Descripción: Cenobios esféricos con 4-32 células unidas directamente por sus paredes; células jóvenes ligeramente ovadas, las adultas más o menos esféricas; polos cónico-redondeados. Pared celular lisa y delgada, sin engrosamientos apicales. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células 8-14 µm, cenobios hasta 38 µm.

Ecología: planctónica en aguas eutróficas, universalmente distribuida.

Citas previas: Álava, Albacete, Alicante, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Gran Canaria, Guadalajara, Huelva, Huesca, Jaén, La Rioja, León,

Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Murcia, Orense, Palencia, Pontevedra, Salamanca, Segovia, Sevilla, Tarragona, Toledo, Valencia, Valladolid, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Jaén: laguna Grande, embalse de Guadalén.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: laguna Escalera.

Coelastrum pseudomicroporum KORŠIKOV 1953 (Lám. 27 a-c)

Descripción: Cenobios esféricos, de 8-32 células, con células ordenadas regularmente. Cada célula está unida a 4-6 células vecinas mediante cortos apéndices. Células ovadas a cuneiformes, en los polos generalmente engrosadas. Los huecos entre las células son pequeños, con 3-(4) ángulos. Cloroplasto, parietal, con un pirenoide generalmente distal. Dimensiones: células 5.6-17 x 4.5-17 μm , cenobios hasta 65,5 μm .

Ecología: planctónica en estanques eutróficos y pequeños lagos.

En la población del embalse de Guadalén, las células presentan un engrosamiento apical truncado muy desarrollado, parecido al descrito para algunas poblaciones de *C. astroideum*. Algunos autores (Hegewald et al., 1975, Hajdu, 1977) consideran que esta última especie es una modificación del mismo *C. pseudomicroporum*, ya que la presencia de apéndices intercelulares es un rasgo variable. Comas & Krienitz (1997) hallaron una población intermedia, con apéndices intercelulares muy cortos, en el resto de caracteres semejante a *C. astroideum*, por lo que la identificaron como esta especie. En nuestro caso, sin embargo, los apéndices intercelulares están bien desarrollados, por lo que consideramos se trata de *C. pseudomicroporum*.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cáceres: laguna Grande.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: laguna de Zóñar.
- Granada: laguna de Río Seco Inferior.
- Jaén: laguna Grande, embalse de Guadalén.
- Sevilla: La Marciaga, embalse de Cala.

***Crucigenia* MORREN 1830**

Cenobios cuadrados, planos, de 4 células ordenadas en cruz, a veces forman sincenobios de 16 células. Células triangulares o trapezoidales, todas de la misma morfología, densamente unidas, dejando un espacio cuadrado en el centro. Pared celular fina y lisa, sin setas, en algunas especies con pequeños engrosamientos. Alrededor del cenobio a menudo una fina envoltura mucosa. Cloroplasto parietal, con o sin pirenoide. Reproducción por formación de cenobios hijos orientados en un ángulo de 45° con respecto al eje longitudinal del cenobio materno. Especie tipo: *Crucigenia quadrata* Morren 1830.

***Crucigenia mucronata* (G. M. SMITH) KOMÁREK 1974 (Lám. 28 c)**

Syn.: *Crucigenia fenestrata* var. *mucronata* G. M. Smith 1926

Descripción: Cenobios cuadrangulares de 4 células irregulares con un espacio cuadrado en el centro, formando frecuentemente sincenobios de 16 células. Células irregularmente ovals hasta trapezoidales, cuya pared celular forma un pequeño engrosamiento similar a una verruga en los ángulos de sus lados largos. Lado externo de las células convexo o levemente cóncavo. Cloroplasto parietal, con un pirenoide. Dimensiones: células 4.6-6 x 3-3,7 µm.

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, escaso.

Citas previas: no hay en España.

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.

***Crucigenia quadrata* MORREN 1830 (Lám. 28 d)**

Syn.: *Micrasterias crucigenia* Kütz. 1834, *Staurogenia quadrata* (Morr.) Kütz. 1849; non *Crucigenia quadrata* Morr. sensu auct. post. (Schmidle 1900, G. M. Smith 1920, Tiffany 1934, Koršíkov 1953, Thomasson 1957)

Descripción: Cenobios planos, más o menos irregulares, de 4 células, con un espacio cuadrangular en el centro. Células poliédrico-redondeadas, con 5 ó 6 ángulos hasta irregularmente ovales, con lados claramente convexos. Células ampliamente elipsoidales a trapezoidales, con el lado externo hinchado en forma de arco. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células 5 x 3 µm, cenobio 10 x 9 µm, lado del cenobio 7 µm.

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, relativamente rara, sin embargo probablemente más difundida en las zonas templadas que en las tropicales.

Citas previas: Albacete, Asturias, Ávila, Burgos, Cáceres, Cádiz, Castellón, Ciudad Real, Gerona, Guadalajara, Huelva, Huesca, Jaén, La Rioja, León, Lugo, Madrid, Murcia, Orense, Pontevedra, Salamanca, Sevilla, Toledo, Valladolid, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Sevilla: laguna Escalera.

***Crucigenia tetrapedia* (KIRCHNER) W. & G. S. WEST 1902**

(Lám. 28 e-f)

Syn.: *Staurogenia tetrapedia* Kirchn. 1880, *Tetrapedia kirchneri* Lemm. 1899, *Lemmermannia tetrapedia* (Kirchn.) Lemm. 1904

Descripción: Cenobios más o menos cuadrados, planos, sin espacio en el centro. Células triangulares con los lados externos rectos o levemente cóncavos. Pared celular lisa; cloroplasto parietal sin pirenoide. Dimensiones: células 3-5 μm , cenobios 6-9 μm .

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, frecuente, probablemente de distribución cosmopolita.

Citas previas: Álava, Albacete, Alicante, Barcelona, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Castellón, Córdoba, Gerona, Guadalajara, Huelva, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Murcia, Navarra, Orense, Pontevedra, Salamanca, Sevilla, Tarragona, Valencia, Valladolid, Zamora (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: laguna de Zóñar.

***Crucigeniella* LEMMERMANN 1900**

El género se caracteriza por formar cenobios de 4 células en dos pares, donde el eje longitudinal del cenobio pasa entre las células de ambos pares; a veces rodeados de mucílago. En el centro del cenobio, un espacio más o menos cuadrado, alargado o rómbico. Cloroplasto parietal con o sin pirenoide, pared celular lisa, en algunas especies con engrosamientos polares. Reproducción por autósporas formando un cenobio orientado en el mismo sentido que el materno. Especie tipo: *Crucigeniella lunaris* Lemmermann 1900.

La especie *Crucigeniella rectangularis*, sobre bases genético-moleculares (Krienitz et al., 2003), ha sido transferida a la familia Oocystaceae (Trebouxiophyceae). Sin embargo, mientras no sea estudiada

la especie tipo: *Crucigeniella lunaris* Lemmermann 1900, mantenemos provisionalmente al género en Scenedesmaceae.

***Crucigeniella apiculata* (LEMMERMANN) KOMÁREK 1974**
(Lám. 29 a-c)

Syn.: *Staurogenia apiculata* Lemm. 1898, *Crucigenia apiculata* (Lemm.) Schmidle 1900, *Tetrastrum apiculatum* (Lemm.) Schmidle ex Brunth. 1915

Descripción: Cenobios de 4 células con un espacio libre cuadrado en el centro. Los sincenobios pueden incluir 64 y más células. Células de contorno largamente oval hasta ovado, asimétricas. La zona de unión entre dos células ocupa $1/2$ de la longitud celular. En los lugares de contacto las células son rectas, en el extremo celular distal, asimétricamente agudas, truncadas y provistas de un engrosamiento de la pared celular. A veces hay en los lados otro engrosamiento de pared celular en el eje transversal del cenobio. El lado externo largo de la célula es más o menos convexo, los extremos celulares distales forman un ángulo agudo. Cloroplasto parietal, cubriendo casi todo el interior celular, con un pirenoide. En la reproducción los ejes longitudinales de los cenobios hijos son casi paralelos al eje longitudinal del cenobio materno. Dimensiones: 4.5-7.5 x 2.5-5.7 μm .

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, frecuente, es el taxon más difundido del género.

Citas previas: Álava, Burgos, Cádiz, Gerona, Guadalajara, Guipúzcoa, Huelva, La Coruña, Lérida, Lugo, Madrid, Salamanca, Tarragona, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Iznájar.
- Jaén: embalse de Guadalén, embalse de Panzacola, embalse de Mengíbar.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Crucigeniella pulchra (W. & G. S. WEST) KOMÁREK 1974
(Lám. 29 e-f)

Syn.: *Crucigenia pulchra* W. & G. S. West 1902, incl. var. *skujae* Hajdu 1975, *C. apiculata* var. *eriensis* Tiff. & Ahlstr. 1931, *Tetrastrum pulloideum* Teil. 1942

Descripción: Cenobios de 4 células con espacio central cuadrado o rómbico. Pueden formarse sincenobios de hasta 64 células. Células más o menos cilíndricas con las caras externas cóncavas; pared celular engrosada en ambos extremos, el engrosamiento distal está inclinado hacia la célula vecina, el proximal poco visible. La zona de unión entre dos células ocupa $1/3$ de la longitud celular. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células 5-6 x 3 μm .

Ecología: en el plancton de aguas, lagos y estanques débilmente eutróficos.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: embalse de Cala.

Crucigeniella rectangularis (NÄGELI) KOMÁREK 1974 (Lám. 29 d)

Syn.: *Crucigenia rectangularis* (Näg.) Gay 1891

Descripción: Células largamente ovadas, en sección inclinadas y dejando así libre una apertura irregularmente cuadrangular en el centro del cenobio. Células en el lado externo levemente convexas, con sus lados largos sólo débilmente unidos y permaneciendo unidos mediante una gelatina común. Pared celular lisa, sin engrosamientos. Pirenoide a veces no claro. Forma sincenobios de hasta 16-64 células. Dimensiones: células 4.4-5 x 3.3-4.1 μm .

Ecología: planctónica en aguas eutróficas, probablemente de distribución cosmopolita.

Como ya hemos mencionado, esta especie pertenece ahora a la familia Oocystaceae, clase Trebouxiophyceae (Krienitz et al., 2003).

Citas previas: Asturias, Ávila, Barcelona, Burgos, Cáceres, Castellón, Córdoba, Cuenca, Guadalajara, Huelva, Huesca, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Murcia, Orense, Pontevedra, Salamanca, Sevilla, Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Almería: embalse de Almanzora.

***Desmodesmus* (CHODAT) AN, FRIEDL et HEGEWALD 1999**

Syn.: *Scenedesmus* subgenus *Desmodesmus* Chodat 1926

Sus especies forman cenobios de 2-4-8 células ordenadas en paralelo, alineadas o alternas; células largamente ovales, elipsoidales, ovadas hasta cilíndricas; pared celular con ornamentaciones en forma de verrugas, espinas, dentículos o costillas; cloroplasto parietal con pirenoide rodeado de almidón. Reproducción por formación de autósporas que forman el cenobio ya en la célula materna. Especie tipo: *D. communis* (Hegewald) Hegewald 2000.

Este género fue durante mucho tiempo un subgénero dentro de *Scenedesmus*. En el trabajo de An et al. (1999) finalmente se demuestra que se pueden separar los dos géneros desde el punto de vista molecular y de la ultraestructura de la pared celular, que en el caso de *Desmodesmus* presenta cuatro capas de esporopolenina.

***Desmodesmus abundans* (KIRCHNER) HEGEWALD 2000**

(Lám. 31 a-b)

Syn.: *Scenedesmus caudatus* f. *abundans* Kirchn. 1878, *Scenedesmus sempervirens* Chodat 1913, *Scenedesmus abundans* (Kirchner) Chodat 1913 sensu auct. post. sine typo

Descripción: Cenobios planos generalmente de (2)-4 células cilíndricas o algo ovoides, con polos redondeados. Presentan una espina larga en cada polo del cenobio, una más corta en los polos de las células internas y mayormente dos en los lados de las externas. Cloroplasto parietal con un pirenoide con envoltura de almidón. Reproducción mediante autocenobios que se forman dentro de la célula materna. Dimensiones: 7.5-11.3 x 2.9-4.6 μm .

Ecología: planctónica en aguas eutróficas, frecuente. Probablemente cosmopolita.

Hegewald (1978) considera que *S. abundans* representa más de una especie y opina que su nombre correcto es *S. sempervirens*, pero más adelante, Hegewald & Silva (1988) aceptan el primero, que actualmente pertenece al género *Desmodesmus* (Hegewald, 2000).

Citas previas: Huelva (Margalef, 1976 sub *Scenedesmus abundans*); Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Cáceres, Castellón, Ciudad Real, Gerona, Guipúzcoa, Huelva, Huesca, Lérida, Madrid, Menorca, Tarragona, Toledo, Vitoria (Cambra et al., 1998 sub *S. sempervirens*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Scenedesmus abundans*).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria, navajo de Matanegra.
- Huelva: laguna Dulce (ya hallada por Margalef, 1976).

Desmodesmus armatus (CHODAT) HEGEWALD 2000 (Lám. 31 c-f)

Syn.: *Scenedesmus hystrix* var. *armatus* Chodat 1902, *Scenedesmus armatus* (Chodat) Chodat 1913

Descripción: Cenobios lineales o levemente alternados, planos, de 2-4-8 células densamente unidas, estrechamente cilíndricas u ovoides, con polos redondeados; el lado externo de las células externas levemente abombado y una protuberancia en los polos, sobre la que se suele asentar una espina más o menos larga; las células presentan en su pared una ornamentación en forma de costilla, de consistencia y longitud variables. Cloroplasto parietal con un pirenoide con almidón. Reproducción por autocenobios que se forman dentro de la célula materna. Dimensiones: 8.1-19.7 x 3-6.6 µm.

Ecología: frecuente en el plancton de aguas eutróficas.

Según Hindák (1990), se trata de una especie muy problemática taxonómicamente por presentar un enorme grado de variabilidad, por lo que considera la especie en un sentido muy amplio y opina que las variedades no están claramente delimitadas en las poblaciones que estudia. Hegewald (2000) engloba dentro de *D. armatus* numerosas especies, aunque considera dentro de este taxon distintas variedades.

var. ***spinusus*** (FRITSCH ET RICH) HEGEWALD 2000 (Lám. 31 f)

Syn.: *Scenedesmus armatus* var. *spinusus* Fritsch et Rich 1929, *Scenedesmus praetervisus* Chodat 1926

Cenobios lineales o con células algo alternas; células ovales a casi cilíndricas, a veces asimétricas; en los polos de las células internas también cortas espinas. Dimensiones: 15.4-18.3 x 5.6-8.9 µm.

Citas previas: Alicante, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Gerona, Guadalajara, Huelva, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Murcia, Navarra, Orense, Salamanca, Teruel, Toledo, Valencia, Zamora (Cambra et al., 1998 sub *Scenedesmus armatus*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Scenedesmus armatus*).

Nuevos registros:

- Almería: laguna de Garrucha.
- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cáceres: laguna Grande, charca de Brozas.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: laguna de Zóñar, embalse de Iznájar.
- Jaén: embalse de Vadomojón, embalse de Guadalén.
- Sevilla: laguna Escalera.

var. ***spinusus***

- Cáceres: laguna Grande.

Desmodesmus brasiliensis (BOHLIN) HEGEWALD 2000
(Lám. 32 a-b)

Syn.: *Scenedesmus brasiliensis* Bohlin 1897

Descripción: Cenobios generalmente de 4 células muy unidas, elipsoidales a estrechamente cilíndricas, alineadas, que poseen en sus polos pequeños dentículos y en sus lados ornamentaciones de la pared celular en forma de costilla. Cloroplasto parietal con un pirenoide cubierto de almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: 6.8-9.8 x 2.2-3.1 µm.

Ecología: en el plancton de aguas meso- a eutróficas, común.

Citas previas: Álava, Ávila, Badajoz, Barcelona, Cantabria, Gerona, Huelva, Huesca, Lérida, Lugo, Madrid, Murcia, Orense, Tarragona, Toledo, Zamora (Cambra et al., 1998 sub *Scenedesmus brasiliensis*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Scenedesmus brasiliensis*).

Nuevos registros:

- Badajoz: navajo de Matanegra.

- Cáceres: laguna Grande.
- Córdoba: embalse de Guadalmellato.
- Jaén: embalse de Panzacola.

Desmodesmus communis (HEGEWALD) HEGEWALD 2000

(Lám. 32 e-f)

Syn.: *Scenedesmus communis* Hegew. 1977, *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BRÉB. sensu CHOD. 1913, 1926

Descripción: Cenobios de 4 células, muy raramente 8, densamente unidas, alineadas; células cilíndricas con los polos anchamente redondeados, a veces levemente cónicos; las externas con sus lados abombados y una protuberancia en cada polo, de cuyo centro sale una espina larga (de $2/3$ a toda la longitud celular). Pared celular lisa, sólo excepcionalmente visible en los polos una verruguilla muy fina (roseta); cloroplasto parietal con pirenoide cubierto de almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: células 13.5-22.5 x 4.8-7 μm ; espinas 10.2-21.9 μm de longitud.

Ecología: en el plancton y litoral de aguas meso- a eutróficas, frecuente.

Hegewald (1977), después del estudio del material tipo de *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., considera que la concepción original de la especie es indefinible, pues en este material, de acuerdo con los conocimientos actuales, concurren diferentes especies. El iconotipo de Turpin (1828) es también indeterminable, sin embargo, *Scenedesmus quadricauda* sensu Chodat (1913, 1926) es una buena especie, aplicándose en este mismo sentido. Como solución a este problema estrictamente nomenclatural Hegewald (1977) propuso el nombre de *S. communis*. Al parecer de Hegewald (1977), los posibles sinónimos publicados anteriormente o no cumplen con las regulaciones del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, o no son idénticos con su especie. Compère & Komárek (1990), propusieron la conservación del nombre *S. quadricauda*.

Según Comas (1996), *S. westii* (G. M. Smith) Chod. 1926 se correspondía con esta especie, y cumplía con todas las regulaciones del C.I.N.B. para ser considerado el nombre correcto y legítimo, publicándose con prioridad a *S. communis* Hegew., por esta razón él aplicó este nombre (Comas, 1996). Ya que el nombre aplicado por Hegewald ha tenido amplia aceptación (considerando *Desmodesmus* como género y sus correspondientes transferencias), por fines prácticos hemos querido utilizar el epíteton "*communis*", aunque a nuestro juicio *S. westii* y *S. communis* son una misma especie y el primer nombre tiene prioridad. Hegewald (Comas, in litt.) opinaba que *S. westii* era en realidad *S. armatus*; pero más recientemente (Hegewald, 2000) la considera sinónimo de *D. maximus*.

Citas previas: Álava, Alicante, Almería, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Cantabria, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Granada, Gran Canaria, Guadalajara, Huelva, Huesca, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Málaga, Mallorca, Menorca, Murcia, Navarra, Orense, Pontevedra, Salamanca, Segovia, Sevilla, Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Valladolid, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998 sub *Scenedesmus quadricauda*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Scenedesmus westii*).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cáceres: laguna Grande.
- Huelva: laguna Dulce.
- Jaén: embalse de Vadomojón, laguna Grande, embalse de Guadalén.
- Sevilla: laguna Escalera.

Desmodesmus costato-granulatus SKUJA 1948 (Lám. 35 d-f)

Syn.: *Scenedesmus granulatus* W. & G. S. West sensu auct. post., *Didymocystis inconspicua* Korš. 1953, *Pseudodidymocystis inconspicua* (Korš) Hind. 1990, *Didymocystis lineata* Korš. 1953, *Pseudodidymocystis lineata* (Korš.) Hind. 1990

Descripción: Cenobios bicelulares, células largamente ovals a elipsoidales o casi cilíndricas, con extremos redondeados, levemente aplanadas en la superficie de contacto. Pared celular con filas de verruquillas que se unen formando costillas a lo largo de la célula. Cloroplasto parietal, con pirenoide poco visible. Dimensiones: 8.2-9 x 3.1-3.3 µm.

Ecología: planctónica, en estanques, embalses y lagos, aislada.

La población del embalse de los Bermejales (Lám. 35 d-e) presenta todos los caracteres de *Pseudodidymocystis inconspicua* (Korš) Hind., pero Hegewald (2000) considera a esta especie como sinónimo de *Desmodesmus costato-granulatus*. La población del embalse de Iznájar (Lám. 35 f), en cambio, se corresponde con *Pseudodidymocystis lineata*, que también se incluye en *D. costato-granulatus* (Hegewald, 2000). Muchas poblaciones determinadas al microscopio óptico como *D. costato-granulatus* son diferenciables a nivel molecular o ultraestructural, constituyendo especies independientes (ver Vanormelingen et al., 2007).

Citas previas: Valencia (Cambra et al., 1998 sub *Scenedesmus costato-granulatus*).

Nuevos registros:

- Granada: embalse de los Bermejales.
- Córdoba: embalse de Iznájar.

Desmodesmus cf. dispar (BRÉBISSON) HEGEWALD 2000
(Lám. 32 c-d)

Syn.: *Scenedesmus dispar* Brébisson 1856, *S. quadricauda* var. *dispar* (Bréb.) Brunth. 1915, *S. longus* var. *dispar* (Bréb.) G. M. Smith 1916

Descripción: Cenobios de 2-4 células, alineados o levemente alternados; células unidas hasta $4/5$ de su longitud, alargado ovals hasta cilíndricas; extremos atenuados, polos redondeados o levemente poligonales; en los polos de las células marginales de 1-2 espinas cortas, dos de ellas en diagonal, más o menos en paralelo, las dos restantes perpendicularmente con respecto al eje longitudinal del cenobio; en las células internas pueden aparecer hasta dos espinas cortas. Dimensiones: células 12.1-15.2 x 2.4-6.4 μm , espinas 2.8-4.8 μm .

Ecología: planctónico y en el perifiton, disperso. Cosmopolita.

A pesar de las contribuciones más recientes a la taxonomía del género *Desmodesmus*, existen aún serias dificultades para el reconocimiento al microscopio óptico de algunas especies, especialmente las de gran variabilidad morfológica, donde los límites entre una y otra especie no están bien definidos, o aceptadas en un amplio sentido, como son *D. armatus*, *D. intermedius*, *D. dispar*, etc., que poseen una larga lista de sinónimos (ver Hegewald, 2000). A veces tipos morfológicos muy afines han sido incluidos en una de las especies antes mencionadas. La población de *Desmodesmus* que hemos estudiado pudiera estar relacionada morfológicamente con *D. dispar*, con *D. armatus* en el sentido de Hegewald (2000), o con *Scenedesmus sooi* Hortob.; esta última de acuerdo con Hegewald (2000) es sinónima de *D. intermedius* (Chod.) Hegew.

Citas previas: Barcelona, Madrid, Murcia (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Almería: laguna de Garrucha.

Desmodesmus grahneisii (HEYNIG) HEGEWALD 2000 (Lám. 33 a-b)

Syn.: *Didymocystis grahneisii* Heynig 1962, *Scenedesmus grahneisii* (HEYNIG) FOTT 1973

Descripción: Cenobios de 2-(4) células ordenadas linealmente, elipsoidales a cilíndricas, con polos más o menos redondeados o cónicos-redondeados; pared celular con verrugas que se unen formando cortas costillas, a veces recordando la forma de C mayúscula. Cloroplasto parietal con un pirenoide con almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: 7.8-8.6 x 3.2-3.8 µm.

Ecología: planctónica en estanques, lagos y grandes ríos, rara.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria, navajo de Matanegra.
- Granada: embalse de Canales.

Desmodesmus opoliensis (RICHTER) HEGEWALD 2000 (Lám. 34 a-e)

Syn.: *Scenedesmus opoliensis* P. Richt. 1896

Descripción: cenobios planos de 4 células, ordenadas linealmente o de forma alterna; células largamente elipsoidales con los extremos agudo truncados, en cada polo de las células externas una protuberancia de donde sale excéntricamente una larga espina. Pared celular lisa o con ornamentaciones en forma de costilla. Las células internas pueden presentar a veces pequeños dientes en sus polos; cloroplasto parietal con pirenoide cubierto de almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: células 19.1-29.2 x 4.5-8.8 µm; espinas 15.7-24.5 µm.

Ecología: común en el plancton de aguas eutróficas, a veces abundante. Probablemente cosmopolita.

Dentro de esta especie, a veces es difícil determinar las variedades, por lo que en algunos casos no las indicamos. Además hemos observado poblaciones intermedias (laguna de Santa Olalla) entre las variedades *opoliensis* y *carinatus*. Hindák (1990) considera que no hay diferentes variedades, sino que se trata del mismo taxon, que presenta mucha variabilidad.

var. ***opoliensis*** (Lám. 34 d)

Células marcadamente alternadas, donde las internas sólo contactan por su parte subapical, a veces con ornamentaciones en forma de costillas en la pared celular y cortas espinas en los polos celulares. Dimensiones: células 20.4-23 x 4.5-5.8 µm; espinas 18.9-24.1 µm.

var. ***carinatus*** (LEMMERMANN) HEGEWALD 2000 (Lám. 34 a)

Syn.: *Scenedesmus opoliensis* var. *carinatus* Lemmermann 1899, *Scenedesmus carinatus* (Lemmermann) Chodat 1913

Las células ordenadas linealmente presentan ornamentaciones en forma de costillas continuas o interrumpidas y en los polos 1-2 dentículos. Dimensiones: células 19.1-19.8 x 4.6-5 µm; espinas: 17-19.7 µm.

var. ***mononensis*** (CHODAT) HEGEWALD 2000 (Lám. 34 b-c)

Syn.: *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis* R. Chod. 1926

Células ordenadas linealmente, que contactan con las contiguas en gran parte de su longitud; pared celular lisa. Se diferencia de la variedad típica por sus células más o menos alineadas. Dimensiones: células 20.7-29.2 x 5.2-8.8 µm; espinas 15.7-24.5 µm.

Citas previas: Álava, Asturias, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Gerona, Gran Canaria, Huelva, Jaén, Lérida, Lugo, Madrid, Mallorca, Salamanca, Tarragona,

Toledo, Valencia, Zamora (Cambra et al., 1998 sub *Scenedesmus opoliensis*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Scenedesmus opoliensis*).

Nuevos registros:

- Badajoz: navajo de Matanegra.
- Cáceres: charca de Brozas.
- Huelva: laguna Dulce.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río, embalse de Cala, embalse de La Marciaga.

var. ***opoliensis***

- Cáceres: laguna Grande.
- Huelva: laguna Dulce, laguna de Santa Olalla.

var. ***carinatus***

- Almería: laguna de Garrucha.
- Badajoz: laguna de Maguilla.
- Cáceres: laguna Grande.

var. ***mononensis***

- Badajoz: laguna de Maguilla.
- Huelva: laguna de Santa Olalla.
- Jaén: laguna Grande.

Desmodesmus protuberans (FRITSCH et RICH) HEGEWALD
2000 (Lám. 34 f)

Syn.: *Scenedesmus protuberans* Fritsch et Rich 1929

Descripción: Cenobios de 4 células, ordenadas linealmente; células largamente elipsoidales con los extremos prominentes, a veces levemente capitados, en cada polo de las células externas una protuberancia muy marcada de donde sale una larga espina, las internas a veces con una espina en uno de sus polos. Pared celular lisa; cloroplasto parietal con

pirenoide cubierto de almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: 23.6-26.7 x 6.5-6.6 μm ; espinas 31.8-32 μm .

Ecología: planctónica en estanques, lagos y ríos, rara. Más frecuente en zonas cálidas.

Este taxon está muy relacionado con *D. opoliensis*, del que se diferencia fundamentalmente en que sus polos son más alargados, más o menos capitados, y las espinas se asientan más o menos en el centro de los polos celulares, aunque pueden aparecer individuos intermedios. De considerarse una buena especie, sus caracteres diacríticos serían la forma capitada de los polos celulares y el asentamiento central de las espinas.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Huelva: laguna de Sopotón.

Desmodesmus spinosus (CHODAT) HEGEWALD 2000 (Lám. 35 a-b)

Syn.: *Scenedesmus spinosus* Chodat 1913

Descripción: Cenobios de 4 células estrechamente cilíndricas, con polos redondeados, ordenadas linealmente; las células externas presentan espinas largas en los polos y otras en sus lados, por lo general algo más cortas; las internas también presentan espinas cortas. Cloroplasto parietal con pirenoide con almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: 7.3-10.1 x 2.5-3.7 μm .

Ecología: en pequeñas aguas, a menudo con vegetación, disperso. Probablemente más en zonas cálidas.

Citas previas: Alicante, Gerona, Huesca, Lérida, Madrid, Murcia, Salamanca, Tarragona, Valencia (Cambra et al., 1998 sub *Scenedesmus spinosus*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Scenedesmus spinosus*).

Nuevos registros:

- Huelva: laguna de Santa Olalla.

***Desmodesmus* sp.** (tipo *Scenedesmus magnus* MEYEN 1829)

(Lám. 33 c-f)

Descripción: Cenobios de 4-8 células ordenadas irregularmente, desde casi en línea hasta alternadas; células largamente ovales, con extremos en general redondeados, a menudo asimétricas; en cada polo de las células externas una espina larga, y en los de las células internas a veces espinas más cortas. Cloroplasto parietal con pirenóide con almidón. Reproducción por autocenobios. Dimensiones: células 14.8-20.6 x 5-9.4 μm ; espinas 12.1-17.8 μm .

Ecología: en pequeños lagos, embalses y charcos, dispersa. Cosmopolita, excepto en zonas más nórdicas, más frecuente en zonas cálidas.

Esta población se relaciona estrechamente con *Scenedesmus magnus* Meyen sensu Komárek & Fott (1983), aunque sus células, algo más pequeñas, forman cenobios más o menos alternados, no tan lineales como la típica. Tanto por las formas celulares, número de células por cenobio y espinescencia parece corresponder con la especie. Debemos no obstante destacar algunos aspectos taxonómicos. Hegewald (1979) consideró *S. magnus* idéntica con *S. maximus* (W. et G. S. West) Chod. (basónimo *S. quadricauda* var. *maximus* W. et G. S. West 1895). Komárek & Fott (1983) aceptan esta última como sinónimo. Separados ya los géneros *Scenedesmus* y *Desmodesmus*, Hegewald (2000), transfiere a *Desmodesmus* a *S. quadricauda* var. *maximus* (*D. maximus* (W. et G. S. West) Hegew.) En su lista de sinónimos no incluye a *S. magnus*. No está claro para nosotros que *S. magnus* y *S. maximus* sean idénticos, y de serlo, por qué Hegewald (2000) no basa su especie en *S. magnus* Meyen 1829, teniendo este nombre prioridad. Como no disponemos de suficiente información para

llegar a soluciones taxonómicas, preferimos identificar a nuestra población como *Desmodesmus* sp., señalando sus relaciones con *S. magnus* Meyen.

Citas previas: Barcelona, Madrid, Murcia (Cambra et al., 1998); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Almería: laguna de Mojácar.

Desmodesmus subspicatus (CHODAT) HEGEWALD 2000
(Lám. 35 c)

Syn.: *Scenedesmus gutwinskii* Chodat 1926 sensu Hindák 1990, sensu Hegewald 2000 (var. *heterospina* Bodrogközy 1950).

Descripción: Cenobios de 2-4 células, alineados o levemente alternados; células morfológicamente iguales, elipsoidales hasta anchamente ovales; polos redondeados; en cada polo de las células marginales una espina más corta o tan larga como las células, ligeramente curvas. Junto a estas espinas principales aparecen otras accesorias más cortas, localizadas irregularmente tanto en los polos como en las caras externas de las células. Dimensiones: 6.9-7.3 x 2.8-3.5 µm, espinas 2.2-6.3 µm.

Ecología: en pequeñas masas de agua, estanques con vegetación, etc., disperso. Cosmopolita.

En nuestra población las espinas, a diferencia del típico *D. subspicatus*, presentan simetría diagonal en el cenobio.

Citas previas: Barcelona, Gerona, Granada, Huesca, Madrid (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Huelva: laguna de Sopotón.

Hariotina DANGEARD 1889

Este género fue incluido dentro de *Coelastrum* por Senn (1899), pero recientemente Hegewald et al. (2002) han restablecido el nombre *Hariotina* porque, a diferencia de *Coelastrum*, presenta largos apéndices de unión en la parte apical de las células y está envuelto por mucílago.

Células en cenobios esféricos, huecos, con espacios intercelulares. Frecuentes sincenobios. Células esféricas u ovadas en vista lateral. Pared celular lisa a rugosa. Células vecinas unidas mediante 1-3 apéndices subapicales, delgados. Cloroplasto parietal con pirenoide rodeado de almidón. Reproducción por autósporas que forman autocenobios dentro de la célula materna, que se liberan por ruptura de la pared materna.

Hariotina polychorda (KORŠ.) HEGEWALD in HEGEWALD et al. 2002 (Lám. 28 a-b)

Syn.: *Coelastrum reticulatum* var. *duplex* (Comp.) Com. 1989, *Coelastrum reticulatum* var. *polychordum* Koršikov 1953, *Coelastrum polychordum* (Koršikov) Hindák 1977

Descripción: Cenobios esféricos o elipsoidales, con 16-64 células. Células esféricas o esferoidales, débilmente aplanadas, en vista polar redondeadas. Células vecinas unidas por (1)-2-3 apéndices de unión estrechos, subapicales. En la reproducción se forman a menudo sincenobios, donde los cenobios hijos permanecen en las paredes celulares maternas ensanchadas. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células 7-8.3 μm ; cenobios 24.6 μm .

Ecología: planctónica y en perifiton, rara.

Citas previas: Murcia (Cambra et al., 1998 sub *Coelastrum polychordum*), Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002 sub *Coelastrum reticulatum* var. *polychordum*).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.

Hariotina reticulata DANGEARD 1889 (Lám. 27 d-f)

Syn.: *Coelastrum reticulatum* (Dang.) Senn 1899

Descripción: Cenobios esféricos o elipsoidales, con 4-32 células. Células esféricas o esferoidales, débilmente aplanadas, en vista polar redondeadas. Células vecinas unidas por 1-(2) apéndices de unión estrechos, subapicales. En la reproducción se forman a menudo sincenobios, donde los cenobios hijos permanecen en las paredes celulares maternas ensanchadas. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células 4-8 μm , cenobios 13-43 μm .

Ecología: planctónica en distintos acuatorios.

Citas previas: Asturias, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Córdoba, Gerona, Granada, Huelva, Huesca, Jaén, Lérida, Murcia, Salamanca, Sevilla, Tarragona, Toledo, Zaragoza (Cambra et al., 1998 sub *Coelatsrum reticulatum*).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Cáceres: laguna Grande.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Iznájar, embalse de Puente Nuevo, embalse de Guadalmellato.
- Granada: embalse de Cubillas.
- Jaén: embalse de Rúmbiar, embalse de Panzacola, embalse de Guadalén.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Scenedesmus MEYEN 1829

An et al. (1999) concluyen que, tanto a nivel ultraestructural como molecular, el género *Scenedesmus* puede dividirse en dos géneros distintos: *Desmodesmus*, que presenta cuatro capas de esporopolenina y ornamentaciones en la más externa, y *Scenedesmus* sensu stricto, con sólo tres capas de esporopolenina y sin ornamentaciones. Dado que este cambio se llevó a cabo en el año 1999, muchas de las especies actualmente

pertenecientes al género *Desmodesmus*, aparecen citadas en la Península Ibérica bajo el nombre de *Scenedesmus*.

Sus especies forman cenobios de 2-4-8 células ordenadas en paralelo, alineadas o alternas; células largamente ovas, elipsoidales, ovadas, cilíndricas hasta fusiformes; pared celular lisa, a veces con impregnaciones en forma de verrugas o acostilladas, sin constituir estructuras de la pared celular; cloroplasto parietal con pirenóide rodeado de almidón. Reproducción por formación de autósporas que forman el cenobio ya en la célula materna. Especie tipo: *S. obtusus* Meyen 1829.

Este es uno de los géneros de las Chlorococcales s.l. más complicados taxonómicamente por su amplia variabilidad morfológica. Los límites genéricos más actuales fueron establecidos por An et al. (1999).

Independientemente de la aplicación de técnicas modernas, en la literatura más reciente acerca de *Scenedesmus* podemos apreciar fundamentalmente una tendencia a concebir especies muy amplias como *S. obtusus* (Hindák 1990; Hegewald et al. 1988) con una larga lista de sinónimos, aunque estudios genético-moleculares (Hegewald & Hanagata, 2000) pueden separar taxa morfológicamente muy semejantes, como es el caso de *S. ovalternus* Chod., que fue incluido dentro de *S. obtusus* (Hegewald et al. 1988).

***Scenedesmus acuminatus* (LAGERH.) CHOD. 1902 s.l.** (Lám. 37 a-b)

Descripción: Cenobios de 4-8 células, ordenadas linealmente hasta fuertemente alternas, a veces no sólo en un plano; células contactando como máximo en un quinto de su longitud. Células finamente fusiformes con extremos alargados y largamente agudos, súbitamente atenuados o terminando en una punta roma. Las células internas ligeramente torcidas en forma de arco hasta casi rectas, el extremo siempre arqueado hacia fuera del cenobio. En cenobios alternos los extremos celulares salientes son más

extendidos. Pared celular lisa, cloroplasto parietal con un pirenoide con almidón. Reproducción mediante autocenobios. Dimensiones: células 14.4-22.8 x 3-5.1 μm .

Ecología: en general planctónica en distintas aguas, frecuente.

Esta es una especie muy variable, aceptándose generalmente en un sentido amplio, pese a que se han establecido numerosos taxa infraespecíficos. Hegewald (1979), dentro del conocido *S. acuminatus*, designa propiamente con este nombre a aquellas poblaciones donde las células unidas por sus caras convexas no se encuentran en un mismo plano, en correspondencia con el basónimo (*Selenastrum acuminatum* Lagerh.), mientras que para las poblaciones cuyas células, marcadamente alternadas, forman cenobios más o menos en un mismo plano, propone primero el nombre de *S. falcatus* Chod., y posteriormente el de *S. pectinatus* Meyen (Hegewald, 1979; Holtmann & Hegewald, 1986). De aceptar este último criterio, las poblaciones encontradas en nuestras muestras se corresponden con *S. pectinatus*; pero de acuerdo con el iconotipo, esta última especie podría ser identificada también con *S. dimorphus* (= *S. obliquus* var. *dimorphus*) (Komárek y Fott, 1983), por lo que preferimos aplicar el nombre de *S. acuminatus* s.l.

Citas previas: Albacete, Alicante, Almería, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Gran Canaria, Guadalajara, Huelva, Jaén, La Rioja, León, Lérica, Madrid, Málaga, Murcia, Orense, Pontevedra, Salamanca, Sevilla, Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: laguna de Maguilla.
- Cáceres: laguna Grande.
- Jaén: embalse de Guadalén.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río, embalse de La Marciaga, laguna Escalera.

Scenedesmus arcuatus (LEMMERMANN) LEMMERMANN 1899

(Lám. 36 a-f)

Descripción: Cenobios de 4-8 células, de (1)-2 hileras, con células fuertemente alternas. Las células externas pueden estar algo desplazadas hacia abajo o hacia arriba, a veces con lados externos ligeramente cóncavos. Alrededor de los cenobios envolturas gelatinosas no claras, incoloras. Células oval-cilíndricas con polos externos redondeados, más raramente con pared celular ligeramente engrosada. Dimensiones: 6.6-14.2 x 3.5-7.3 μm .

Ecología: planctónica en aguas eutróficas, cosmopolita.

var. ***arcuatus*** (Lám. a-d)

Cenobios arqueados, no todas las células en un mismo plano, y con espacios intercelulares. Dimensiones: células 9-13.7 x 4.6-6.4 μm .

var. ***platydiscus*** G. M. SMITH 1916 (Lám. e-f)

Syn.: *Scenedesmus platydiscus* (Smith) Chodat 1926, *Scenedesmus disciformis* (Chodat) Fott et Komárek 1960 sensu Fott et Kom. 1960, non *Scenedesmus bijugatus* var. *disciformis* Chodat 1902

Cenobios planos sin espacios intercelulares o muy diminutos; células oval-cilíndricas, las externas a veces levemente cóncavas. Dimensiones: 6.6-14.2 x 3.5-7.3 μm .

Citas previas: Álava, Ávila, Badajoz, Barcelona, Cáceres, Cádiz, Cuenca, Córdoba, Gerona, Guipúzcoa, Huelva, Ibiza, León, Lérida, Madrid, Málaga, Orense, Salamanca, Soria (Cambra et al., 1998); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002); var. *platydiscus*: Álava, Badajoz, Mallorca (Cambra et al., 1998); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

var. ***arcuatus***

- Cádiz: embalse de los Hurones.

- Córdoba: laguna de Zóñar, embalse de Puente Nuevo, embalse de Iznájar.
- Granada: embalse de Cubillas.
- Jaén: embalse de Vadomojón, embalse de Guadalén.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: laguna Escalera.

var. ***platydiscus***

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria, navajo de Matanegra.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Granada: laguna de Río Seco Inferior, laguna de Aguas Verdes.
- Jaén: embalse de Guadalén, laguna Grande.
- Málaga: laguna Grande de Archidona.
- Sevilla: laguna Escalera, embalse de Alcalá del Río, embalse de La Marciaga.

Scenedesmus ellipticus CORDA 1835 non sensu CHODAT 1913 (Lám. 37 c-d)

Syn.: *Scenedesmus linearis* KOM. 1974

Descripción: Cenobios de 4-8-16 células, a menudo ligeramente arqueados, con células ordenadas en línea, unidas casi por $\frac{3}{4}$ de la longitud celular. Células elipsoidales a cilíndricas con polos ampliamente redondeados, que poseen una pared celular a menudo débilmente engrosada. Células externas a veces de menor tamaño, generalmente algo torcidas, por tanto con lados externos ligeramente cóncavos. Dimensiones: 9.5-18.1 x 3.5-8.4 μm .

Ecología: planctónica en estanques, lagos y grandes ríos, dispersa.

Citas previas: Cádiz, Castellón, Córdoba, Huelva (Cambra et al., 1998 sub *S. ellipticus*); Álava, Albacete, Alicante, Asturias, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Castellón, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Gran Canaria, Guadalajara, Huelva, Huesca, Jaén, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Murcia, Navarra, Orense, Palencia, Pontevedra, Salamanca, Segovia, Sevilla, Soria,

Tarragona, Teruel, Toledo, Valencia, Vizcaya (Cambra et al., 1998 sub *S. linearis*); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Badajoz: embalse de la Albuera de Feria.
- Córdoba: embalse de Iznájar, laguna de Zóñar.
- Jaén: embalse de Vadomojón, laguna Grande, embalse de Mengíbar.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Scenedesmus obliquus (TURPIN) KÜTZING 1833 (Lám. 37 e-f)

Syn.: *Achnantes obliqua* TURP. 1820, *Scenedesmus acutus* Meyen 1829, *Scenedesmus dimorphus* (Turp.) Kütz. 1833

Descripción: Cenobios de 2-4-8 células, alineados, ligera o irregularmente alternos; células más o menos fusiformes hasta cilíndrico-fusiformes, con los extremos atenuados, cónicos o puntiagudos, con o sin engrosamientos apicales; rectos o curvos; células rectas o curvas, principalmente las externas. Cloroplasto parietal con pirenoide rodeado de almidón.

Ecología: en perifiton de pequeñas aguas y en el plancton. Probablemente cosmopolita.

Esta es una especie extremadamente variable y se ha interpretado en un sentido amplio, no obstante tanto en poblaciones naturales como en cultivo se pueden distinguir varios tipos morfológicos que se han considerado ya variedades o especies independientes: i) células anchamente fusiformes o fusiforme-elípticas, rectas, polos atenuados; pero conspicuamente redondeados, marcadamente alternas en cenobios de 1-2 hileras (*S. obliquus* s.str.); ii) células anchamente fusiformes, las externas arqueadas o con una convexidad en sus caras libres que no sobrepasa la línea de los polos; extremos atenuados con los polos más o menos puntiagudos, alineadas o levemente alternas, en cenobios de una hilera de

células (*S. dimorphus* (Turp.) Kütz., *S. obliquus* var. *dimorphus* (Turp.) Hansg.; iii) células anchamente fusiformes, las externas ligeramente curvas hacia afuera del cenobio, o al menos, sus polos; sus caras libres con una convexidad que sobrepasa la línea de los polos; extremos atenuados con los polos más o menos puntiagudos, alineadas o levemente alternas, mayormente en cenobios de una hilera, aunque pueden formar excepcionalmente cenobios con dos hileras de células (*S. acutus* Meyen, *S. obliquus* var. *dimorphus* p.p.).

Nuestras poblaciones se corresponden con la var. ***dimorphus*** (TURPIN) HANSGIRG 1888.

Citas previas: Cádiz, Huelva, Jaén, Málaga, Sevilla sub *S. obliquus*; Huelva sub *S. acutus* (Cambra et al., 1998); var. *dimorphus*: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Almería: laguna de Garrucha.
- Cáceres: laguna Grande.
- Córdoba: laguna de Zóñar.
- Granada: embalse de Béznar.
- Jaén: embalse de Vadomojón.
- Murcia: embalse de Algeciras.
- Sevilla: laguna Escalera, embalse de La Marciaga

Scenedesmus obtusus MEYEN 1829 (Lám. 38 a-d)

Syn.: *Scenedesmus alternans* Reinsch 1867, *Steiniella graevenitzii* Bern. 1908, *Steinedesmus graevenitzii* (Bern.) Comas et Kom. 1985

Descripción: Cenobios de (4)-8-16 células, mayormente de 2 hileras con células marcadamente alternadas, a veces arqueadas en la dirección del eje longitudinal del cenobio. Las células se tocan en los polos y a menudo también por sus caras, entre las bases celulares existen marcados espacios. Alrededor del cenobio a menudo una envoltura mucosa incolora, de 2-7 micras de grosor. Células ovales a largamente ovales, en ambos polos

redondeadas o algo pronunciadas, sin estructuras en la pared celular ni engrosamientos. Dimensiones: 11.4-22 x 4.7-9 μm .

Ecología: en el plancton de estanques, lagos, perifiton, ríos, etc. Probablemente cosmopolita.

Esta es una de las especies aceptadas en un amplio sentido (Hegewald et al.1988; Hindák, 1990). Una de las especies incluidas en su sinonimia fue *S. ovalternus* Chod., sin embargo, Hegewald & Hanagata (2000), en base a criterios moleculares, las separan como especies independientes, aunque esta última especie requiere de soluciones nomenclaturales: *S. ovalternus* es nom. illeg. (Hegewald et al. 1988).

Independientemente que desde el punto de vista genético molecular es posible diferenciar *S. obtusus* de *S. ovalternus*, siguiendo los criterios tradicionales morfológicos algunas poblaciones resultan muy difíciles de separar, como es el caso de la población de la laguna de Mojácar (Lám. 38 d), donde aparecen individuos intermedios. *S. obtusus* se caracteriza por células alargado ovals unidas en cenobios de dos hileras más o menos densas, mientras que *S. ovalternus* mayoritariamente forma cenobios con células anchamente ovals muy alternadas.

Citas previas: Albacete, Barcelona, Cáceres, Gerona, Guadalajara, Jaén, La Coruña, La Rioja, León, Lérida, Lugo, Madrid, Murcia, Pontevedra, Tarragona, Zamora (Cambra et al., 1998); Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Almería: laguna de Mojácar, balsa de Punta Entinas.

Scenedesmus raciborskii WOLOSZYNSKA 1914 (Lám. 38 e-f)

Descripción: Cenobios arqueados de (2)-4-8 células oval-cilíndricas, ordenadas en semicírculo, arqueadas hacia el interior del cenobio, con los polos redondeados; pared celular lisa, en los extremos más fuertemente desarrollada que en la parte central, formando un mucrón; cloroplasto

parietal con pirenoide. Reproducción mediante autocenobios. Dimensiones: 14.4-15.6 x 5.6-7.2 μm .

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, poco frecuente.

Citas previas: Gerona (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Badajoz: laguna de Maguilla.
- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Jaén: embalse de Guadalén.
- Málaga: laguna Grande de Archidona.

Tetrastrum CHODAT 1895

Este género se caracteriza por formar cenobios planos, más o menos cuadrados o alargados en una dirección, a veces con un espacio central romboide, compuestos por 4 células en cruz, que con frecuencia forman sincenobios; células más o menos triangulares, con sus caras externas redondeadas, en algunas especies con espinas orientadas en el plano del cenobio; cloroplasto parietal con o sin pirenoide, pared celular lisa o con espinas o verrugas. Reproducción por autósporas que forman cenobios hijos orientados en el mismo sentido que el cenobio materno. Especie tipo: *Tetrastrum staurogeniaeforme* (Schröd.) Lemmermann 1900.

Tetrastrum komarekii HINDÁK 1977 (Lám. 30 a-b)

Syn.: *Crucigenia quadrata* Morr. sensu auct. post.

Descripción: Cenobios rómbicos o cuadrados, planos, con 4 células ordenadas en cruz, con un espacio central cuadrado muy pequeño, a veces ausente, con o sin envoltura gelatinosa. Células triangulares hasta trapezoidales, en el lado externo levemente convexas y redondeadas; pared celular lisa, cloroplasto parietal, siempre sin pirenoide visible al microscopio óptico. Reproducción mediante autocenobios, que se liberan mediante

ruptura de la pared celular materna; a veces se forman sincenobios transitorios. Dimensiones: células 4.8-5.6 x 3.9-4.8 µm, cenobios 9.8-10.4 x 9.8 µm.

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, frecuente.

El único carácter distintivo de esta especie respecto a *T. triangulare* (Chod.) Kom. es la presencia de pirenoide visible al microscopio óptico en esta última.

Citas previas: Tarragona (Pérez Baliero et al., 2002).

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Panzacola.

Tetrastrum staurogeniaeforme (SCHRÖD.) LEMM. 1900
(Lám. 30 c-d)

Syn.: *Cohniella staurogeniaeformis* Schröd. 1897, *Crucigenia schroederi* (Schmidle) Schmidle 1900

Descripción: Cenobios de 4 células, planos, de contorno más o menos ampliamente elíptico-rómbico, de distinta longitud en los dos ejes de simetría. Células, en el eje longitudinal, en el lado externo, de contorno semicircular, a veces aplanado. La parte interna de la célula es de contorno rectangular. Las células del otro par arqueadas en el margen externo, a veces también aplanadas, la parte interna trapezoidal. Las células contraídas tan densamente unas con otras, que no forman espacios intercelulares, sino sólo con una fisura corta, dispuesta en el eje longitudinal del cenobio. Caras libres de las células con (3)-5-(7) setas cortas o largas, dispuestas en el plano del cenobio. Cloroplasto parietal, con profunda incisión. Pirenoide con envoltura de almidón. Reproducción mediante 1-(2) cenobios de 4 células. Dimensiones: células 4-4.9 µm de diámetro, cenobios 9-10 x 10-11.5 µm de tamaño, setas 3-10 µm de longitud.

Ecología: en el plancton, frecuente. Probablemente cosmopolita.

Citas previas: Badajoz, Barcelona, Cáceres, Cádiz, Castellón, Ciudad Real, Gerona, Jaén, Madrid, Salamanca, Tarragona, Valencia, Valladolid (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Córdoba: embalse de Puente Nuevo.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Tetrastrum triangulare (CHOD.) KOM. 1974 (Lám. 30 e-f)

Syn.: *Staurogenia triangulare* Chod. 1900, *Crucigenia quadrata* Morr. sensu auct. post.

Descripción: Cenobios de contorno más o menos cuadrado, planos, sin espacio central o con uno pequeño, con casi todas las células iguales, más o menos triangulares, ordenadas en cruz, en el lado externo ligeramente convexas; a veces formando sincenobios de 16 células. Células ligeramente aplanadas, hacia fuera redondeadas, hacia el centro en triángulo rectángulo. Pared celular lisa, cloroplasto parietal con pirenoide. Dimensiones: células 2-4 μm , cenobios de 4 células: 7 μm .

Ecología: planctónica en aguas eutróficas, frecuente. Probablemente cosmopolita.

Citas previas: Barcelona, Burgos, Cádiz, Gerona, Lérida, Madrid, Tarragona (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Cádiz: embalse de los Hurones.
- Córdoba: embalse de Iznájar.
- Jaén: embalse de Mengíbar.
- Sevilla: embalse de Alcalá del Río.

Westella DE-WILDEMAN 1897

Cenobios de 4 células en cruz, alargados en una dirección, generalmente formando sincenobios donde los cenobios hijos se unen mediante restos de las paredes maternas. Pared celular lisa, cloroplasto parietal con un pirenoide. Reproducción por autósporas. Especie tipo: *W. botryoides* (W. West) De-Wildeman 1897.

Westella botryoides (W. WEST) DE-WILD. 1897 (Lám. 39 a-c)

Syn.: *Tetracoccus botryoides* W. West 1892

Descripción: células más o menos ovadas a esféricas, en el plano del cenobio levemente aplanadas, forman cenobios cruciformes, alargados, sin o con un espacio alargado en el centro del cenobio. Pared celular lisa; cloroplasto parietal, masivo, en general llenando $\frac{3}{4}$ de la periferia celular, con un pirenoide rodeado de almidón, que habitualmente está en la parte más ancha de la célula. Los cenobios de 4 células forman a veces sincenobios con 16 hasta más de 100 células. Dimensiones: células 4.1-8.4 μm de diámetro, cenobios de 4 células hasta 17.1 μm , sincenobios hasta 42.4 μm .

Ecología: en el plancton de aguas eutróficas, dispersa.

Citas previas: Álava, Asturias, Ávila, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cantabria, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Jaén, Huesca, La Coruña, León, Lérida, Lugo, Madrid, Orense, Salamanca, Soria, Toledo, Zamora, Zaragoza (Cambra et al., 1998).

Nuevos registros:

- Jaén: embalse de Guadalén, embalse de Mengíbar.

***Willea* SCHMIDLE 1900**

Cenobios planos compuestos por 4 células; forman sincenobios. Células ovales, cilíndricas u ovadas, pared celular lisa, cloroplasto parietal con o sin pirenoide. Reproducción por 2 autósporas, que permanecen largo tiempo con la pared celular materna. Especie tipo: *W. irregularis* (Wille) Schmidle 1900.

***Willea cf. vilhelmii* (FOTT) KOMÁREK 1974 (Lám. 39 d-f)**

Syn.: *Dispora vilhelmii* Fott 1933, *Crucigenia (Willea) irregularis* Wille sensu auct. post.

Descripción: Cenobios de 2-4 células reunidos en sincenobios planos de 4-16-32 células, donde los cenobios de 2 células a menudo están ordenados perpendicularmente uno respecto al otro. Los cenobios jóvenes permanecen a menudo largo tiempo con la pared celular materna y rodeados de una envoltura mucosa incolora. Células ampliamente ovadas, ovales hasta elipsoidales, se tocan sólo ligeramente con sus lados largos. Pared celular gruesa, en los polos a veces muy ligeramente engrosada. Un cloroplasto, parietal, con un pirenoide a veces no visible. Reproducción por 2 autósporas. Dimensiones: células 5-9.3 x 3-5.9 µm.

Ecología: planctónica y en el litoral de aguas débilmente eutróficas, a menudo grandes lagos, en general en aguas ricas en cal, rara.

Citas previas: no hay en la Península Ibérica.

Nuevos registros:

- Badajoz: navajo de Matanegra.
- Cáceres: laguna Grande.

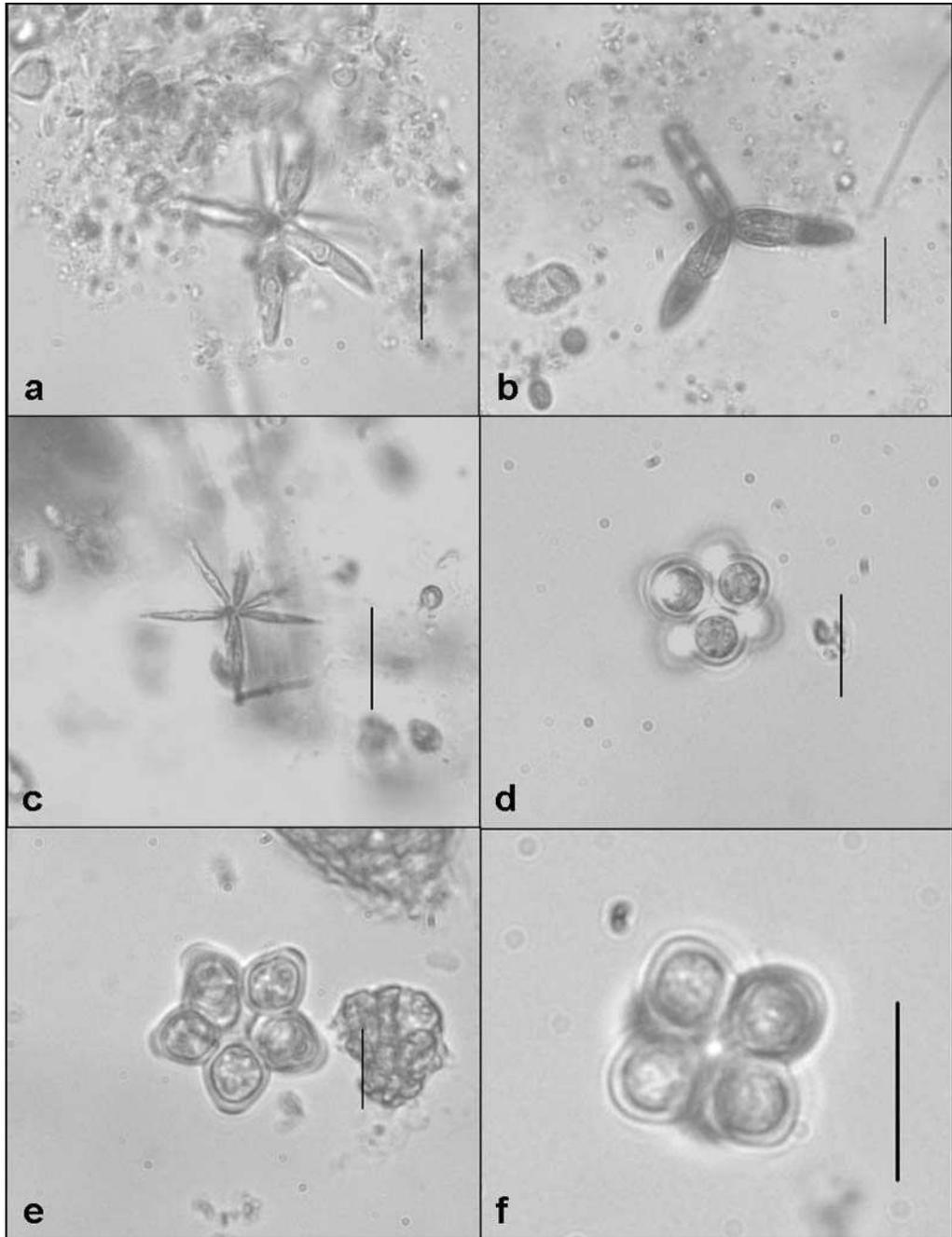


LÁMINA 25: **a-b**, *Actinastrum hantzschii* var. *hantzschii*. **c**, *Actinastrum hantzschii* var. *subtile*. **d-f**, *Coelastrum astroideum*. Escala: 10 μ m.

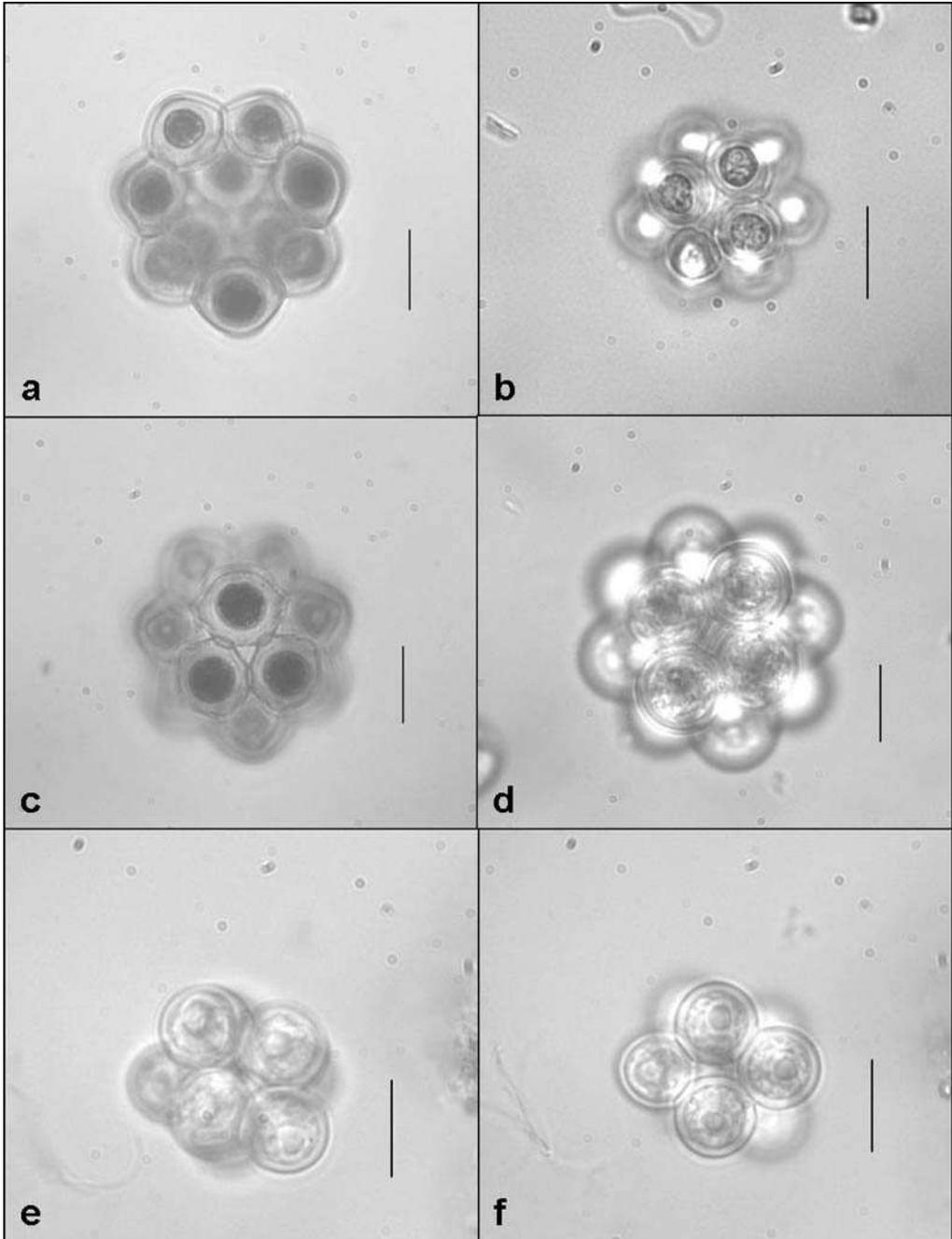


LÁMINA 26: a-c, *Coelastrum indicum*. d-f, *Coelastrum microporum*.

Escala: 10 μm .

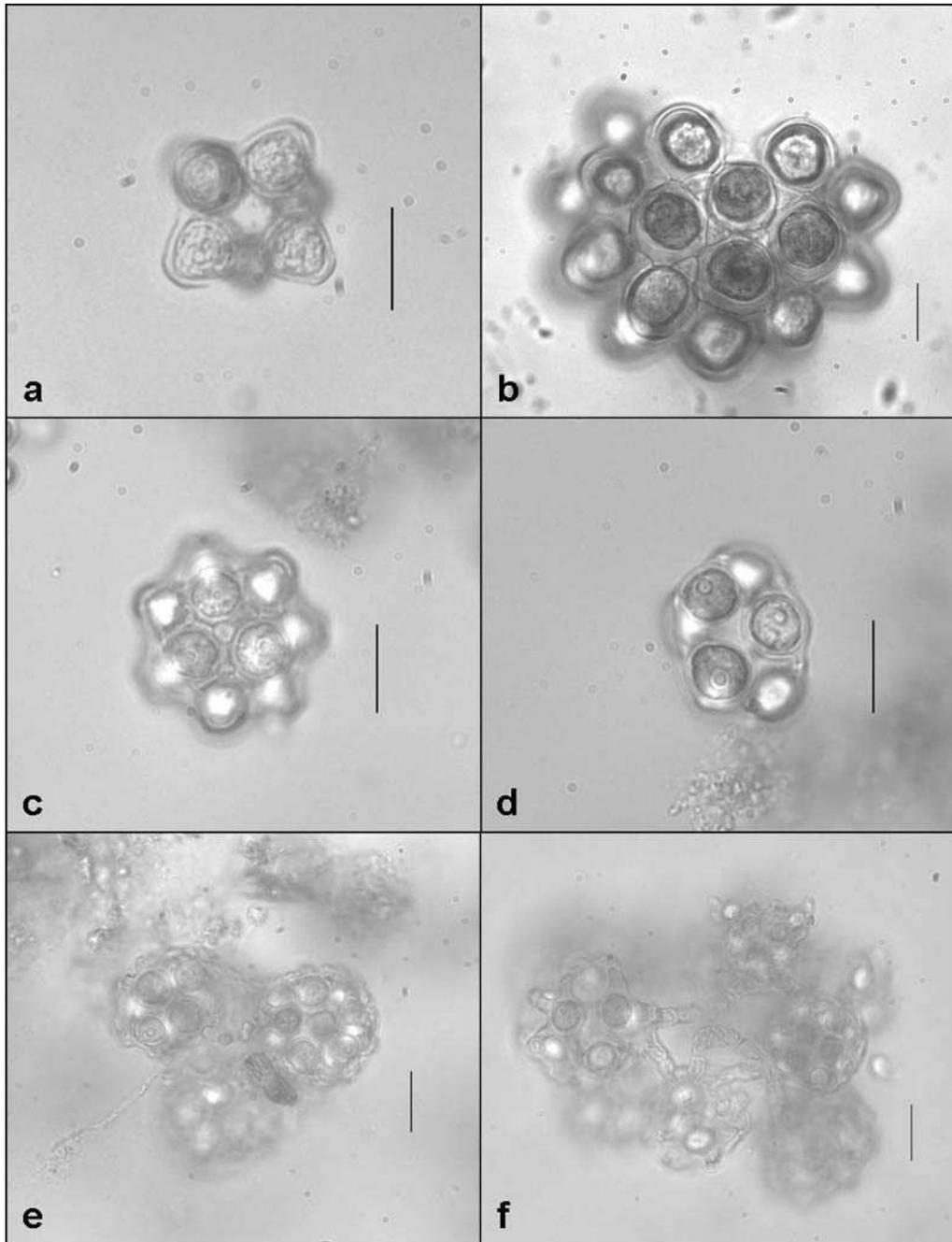


LÁMINA 27: **a-c**, *Coelastrum pseudomicroporum*. **d-f**, *Hariotina reticulata*. Escala: 10 μ m.

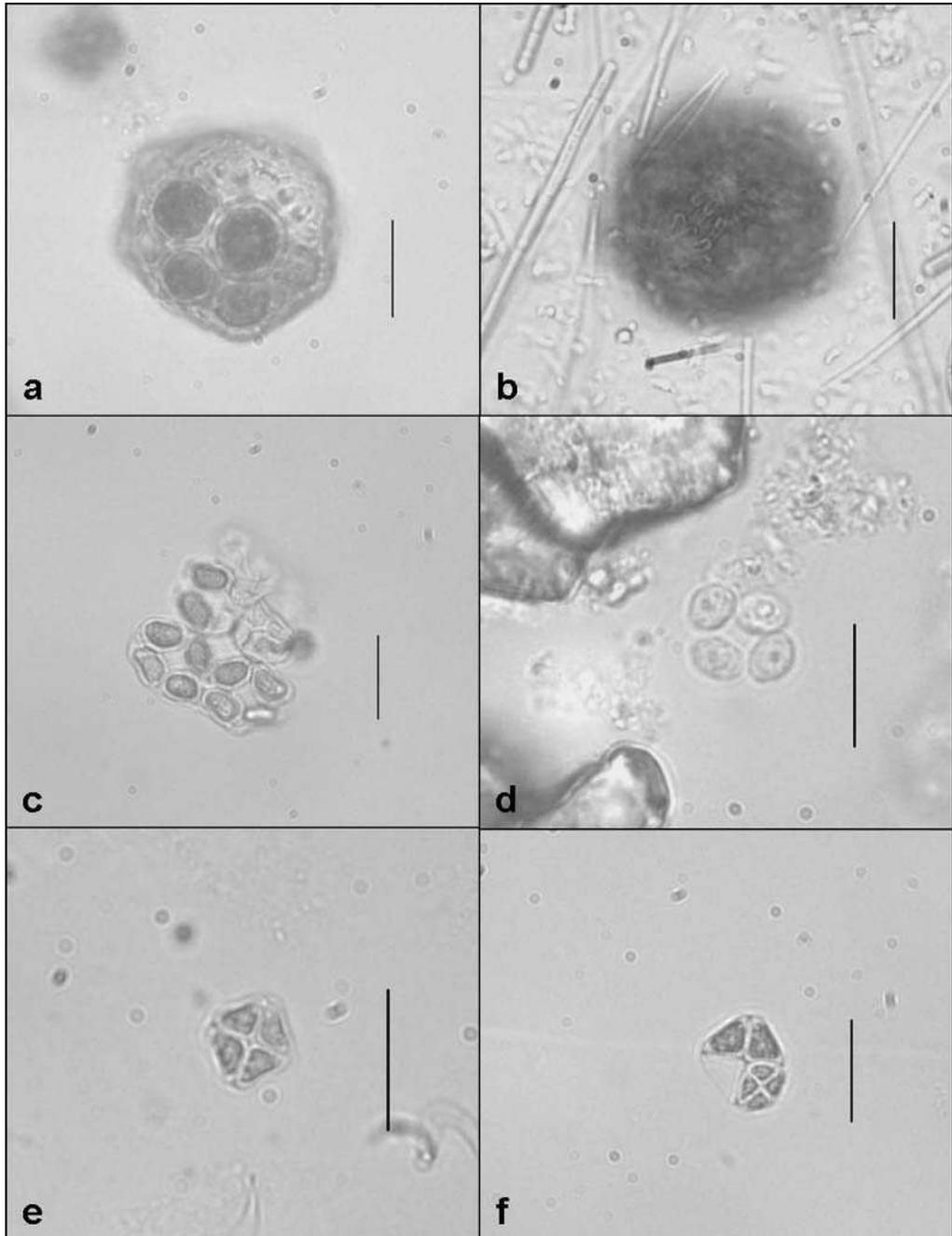


LÁMINA 28: **a-b**, *Hariotina polychorda*. **c**, *Crucigenia mucronata*. **d**, *Crucigenia quadrata*. **e-f**, *Crucigenia tetrapedia*. Escala: 10 μ m.

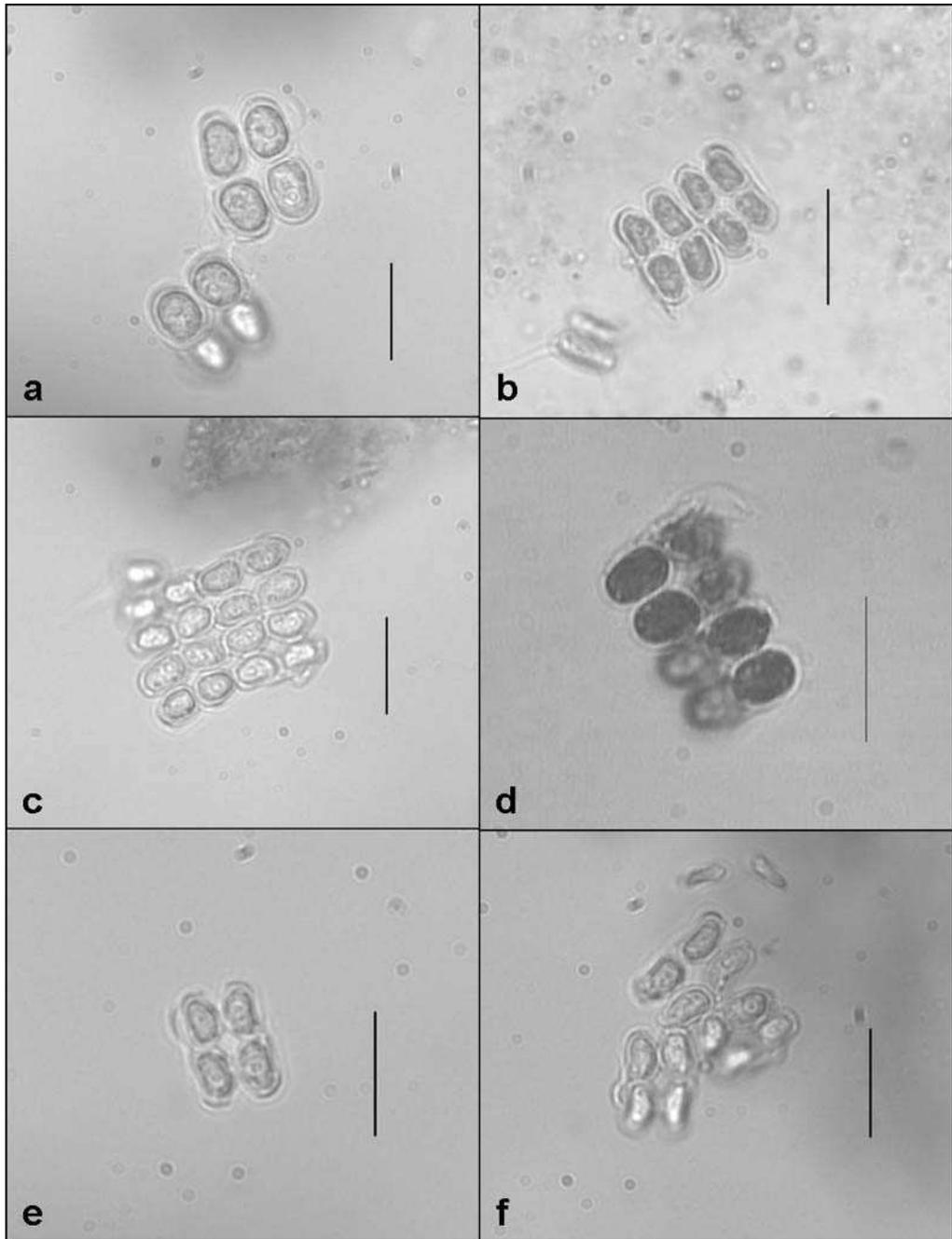


LÁMINA 29: **a-c**, *Crucigeniella apiculata*. **d**, *Crucigeniella rectangularis*. **e-f**, *Crucigeniella pulchra*. Escala: 10 μ m.

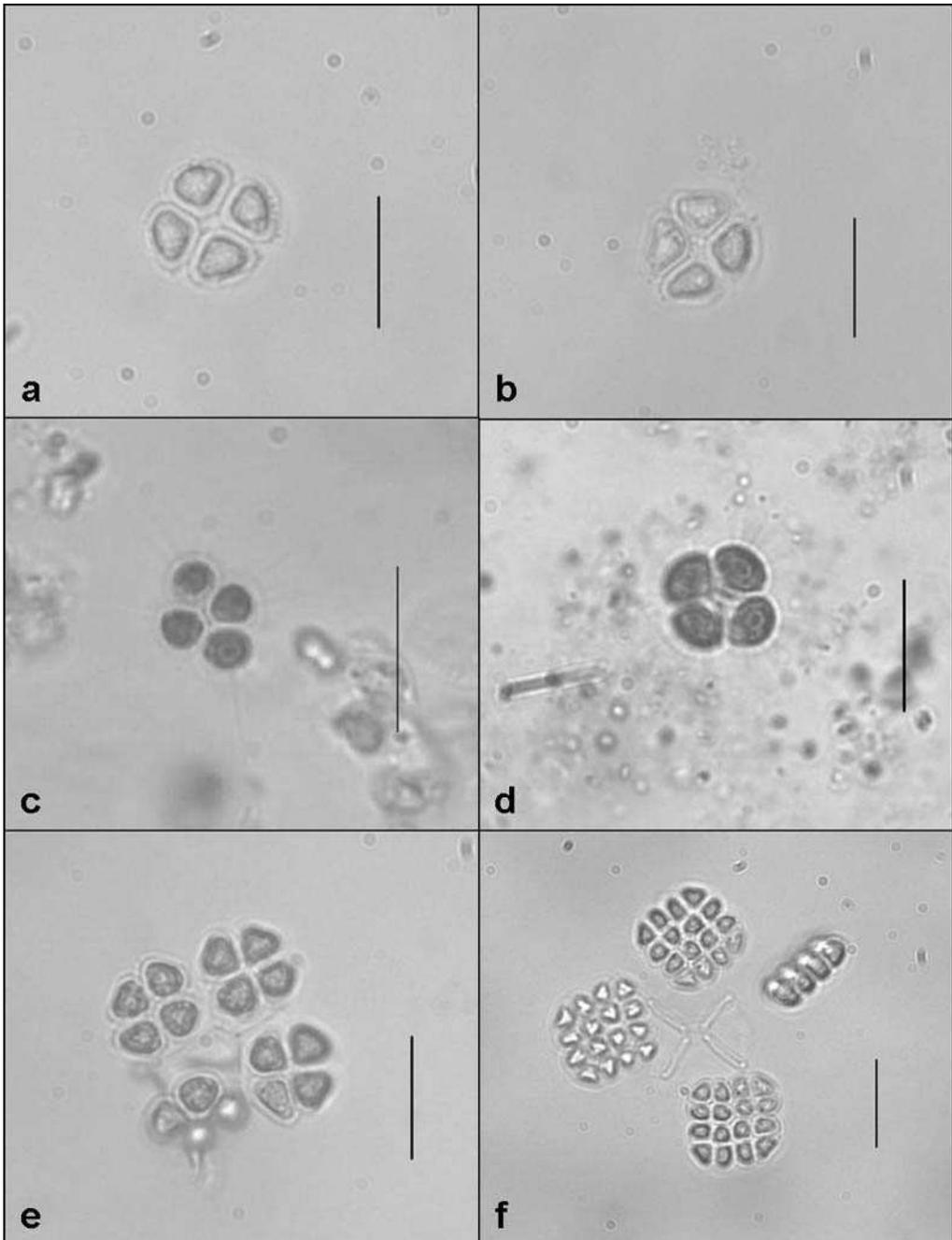


LÁMINA 30: **a-b,** *Tetrastrum komarekii*. **c-d,** *Tetrastrum staurogeniaeforme*. **e-f,** *Tetrastrum triangulare*. Escala: 10 μ m.

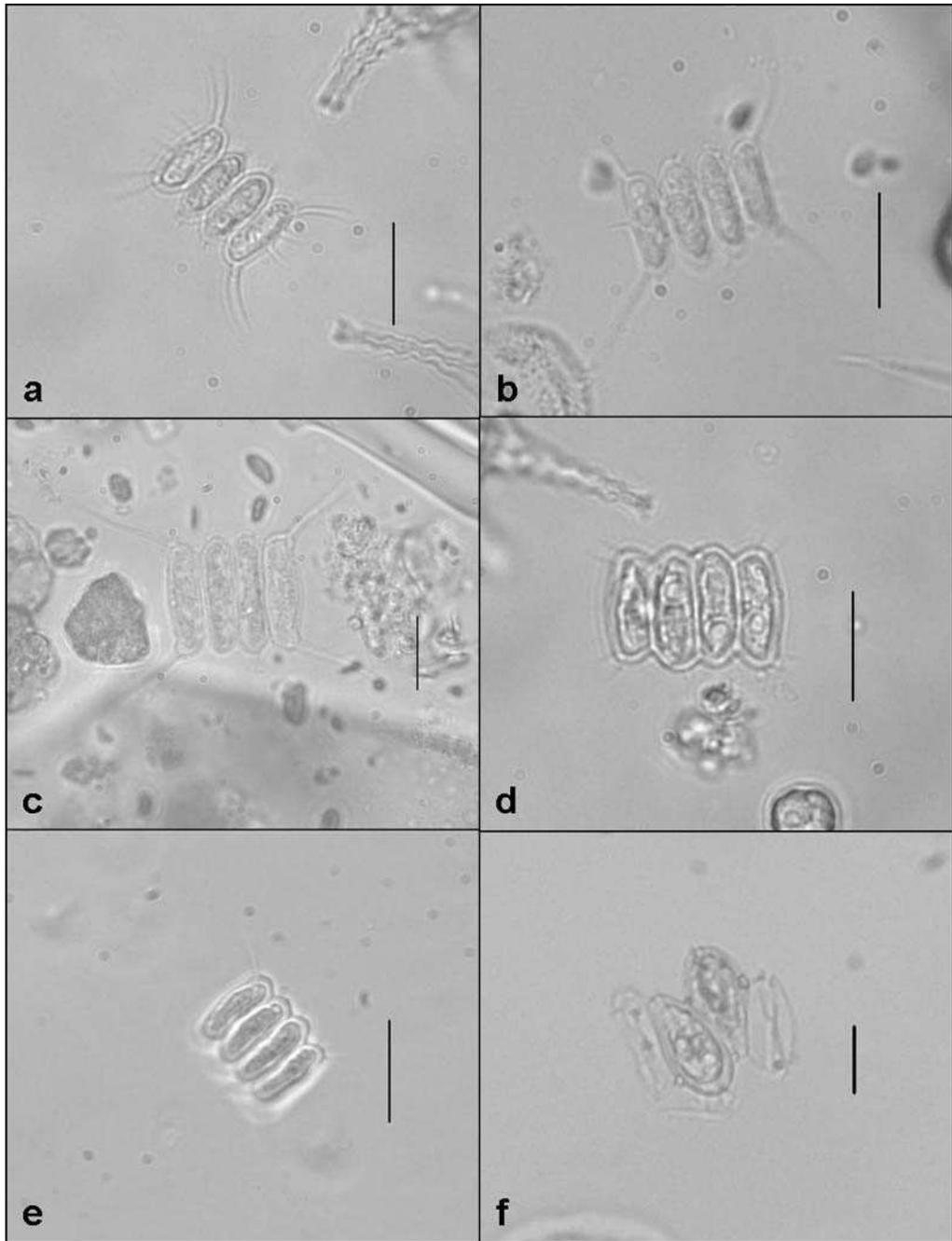


LÁMINA 31: **a-b**, *Desmodesmus abundans*. **c-e**, *Desmodesmus armatus*. **f**, *Desmodesmus armatus* var. *spinosus* (tipo *praetervisus*).
Escala: 10 μ m.

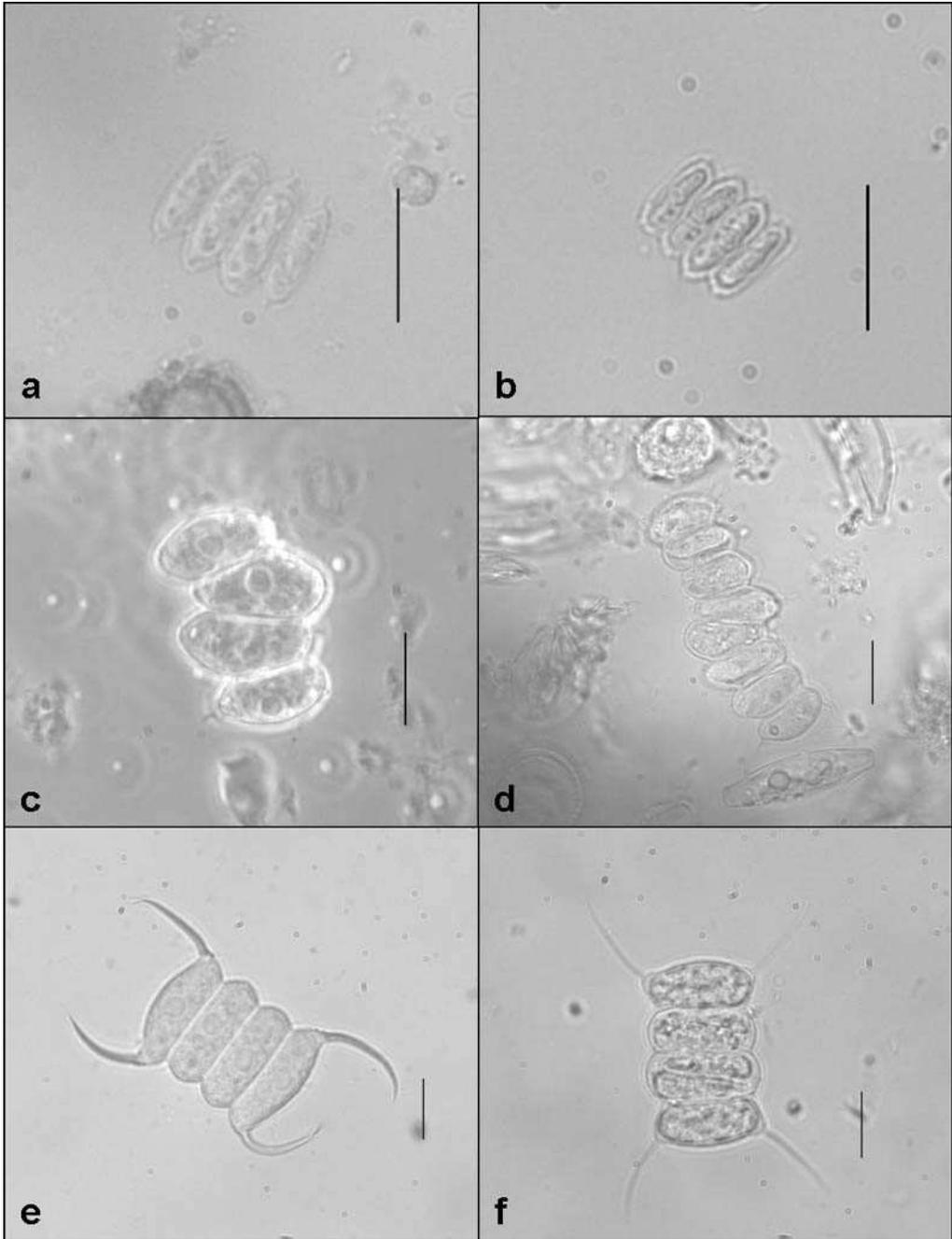


LÁMINA 32: **a-b**, *Desmodesmus brasiliensis*. **c-d**, *Desmodesmus* cf. *dispar*. **e-f**, *Desmodesmus communis*. Escala: 10 μ m.

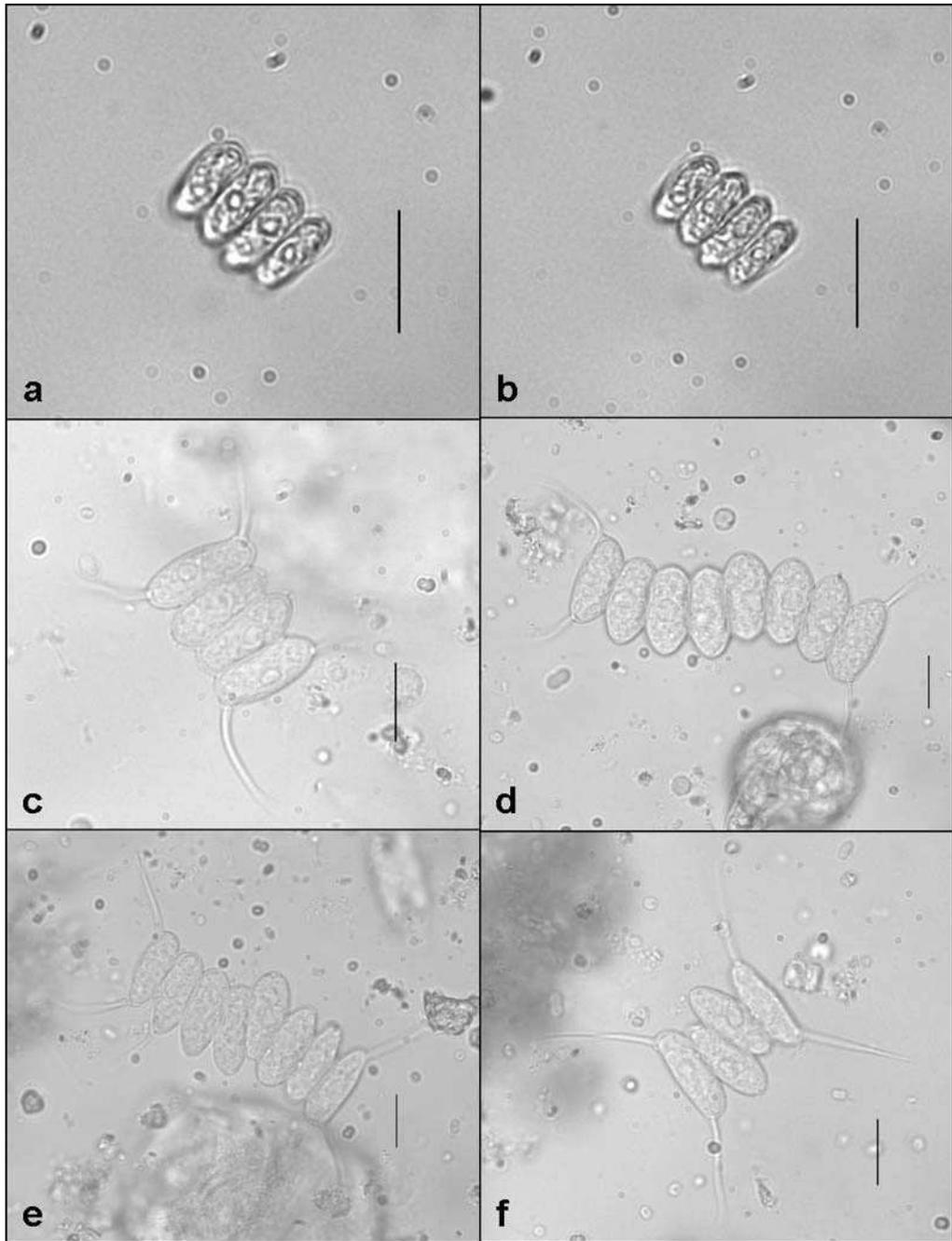


LÁMINA 33: a-b, *Desmodesmus grahneisii*. c-f, *Desmodesmus* sp. (tipo *Scenedesmus magnus*). Escala: 10 μ m.

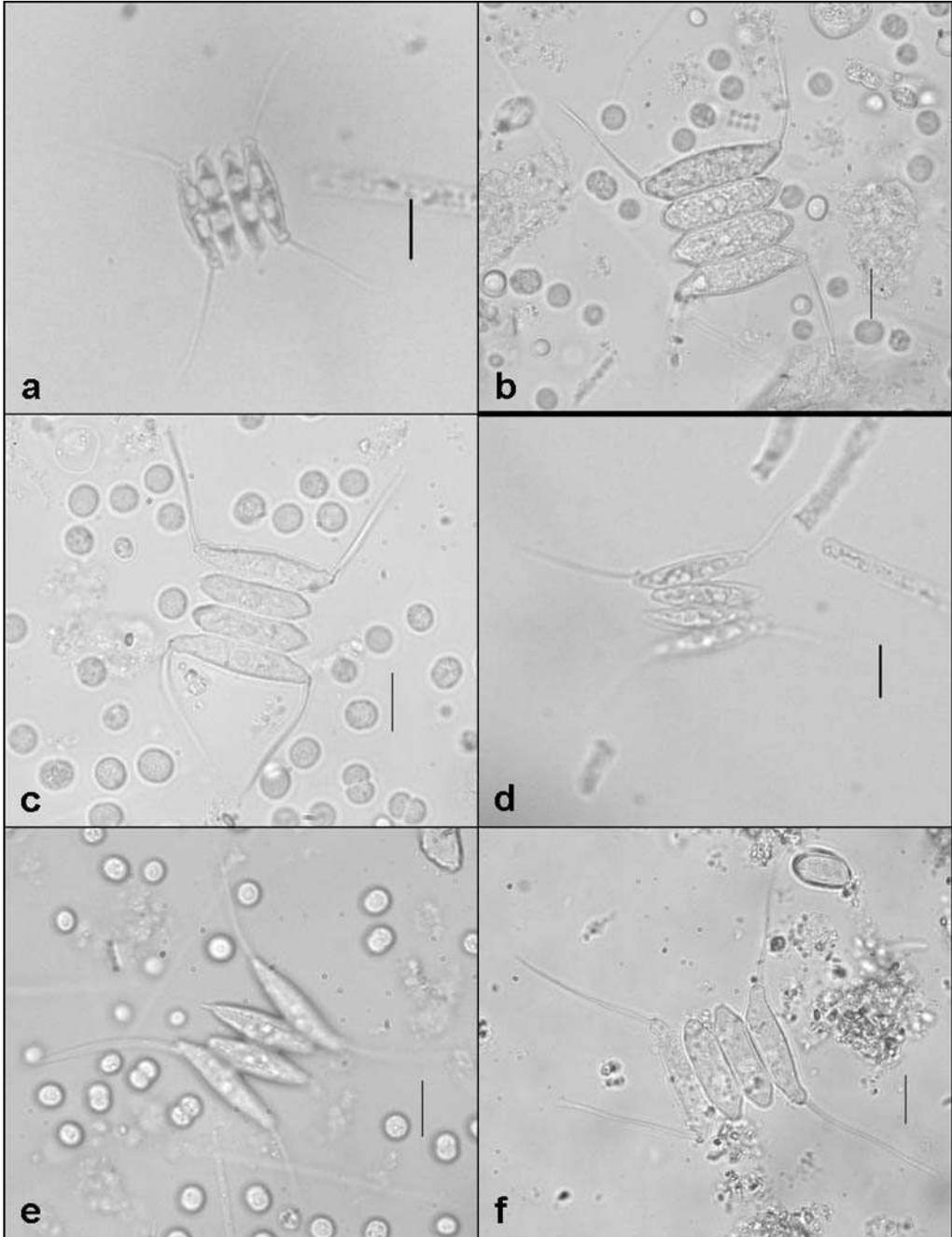


LÁMINA 34: **a**, *Desmodesmus opoliensis* var. *carinatus*. **b-c**, *Desmodesmus opoliensis* var. *mononensis*. **d**, *Desmodesmus opoliensis* var. *opoliensis*. **e**, *Desmodesmus opoliensis*. **f**, *Desmodesmus protuberans*. Escala: 10 μ m.

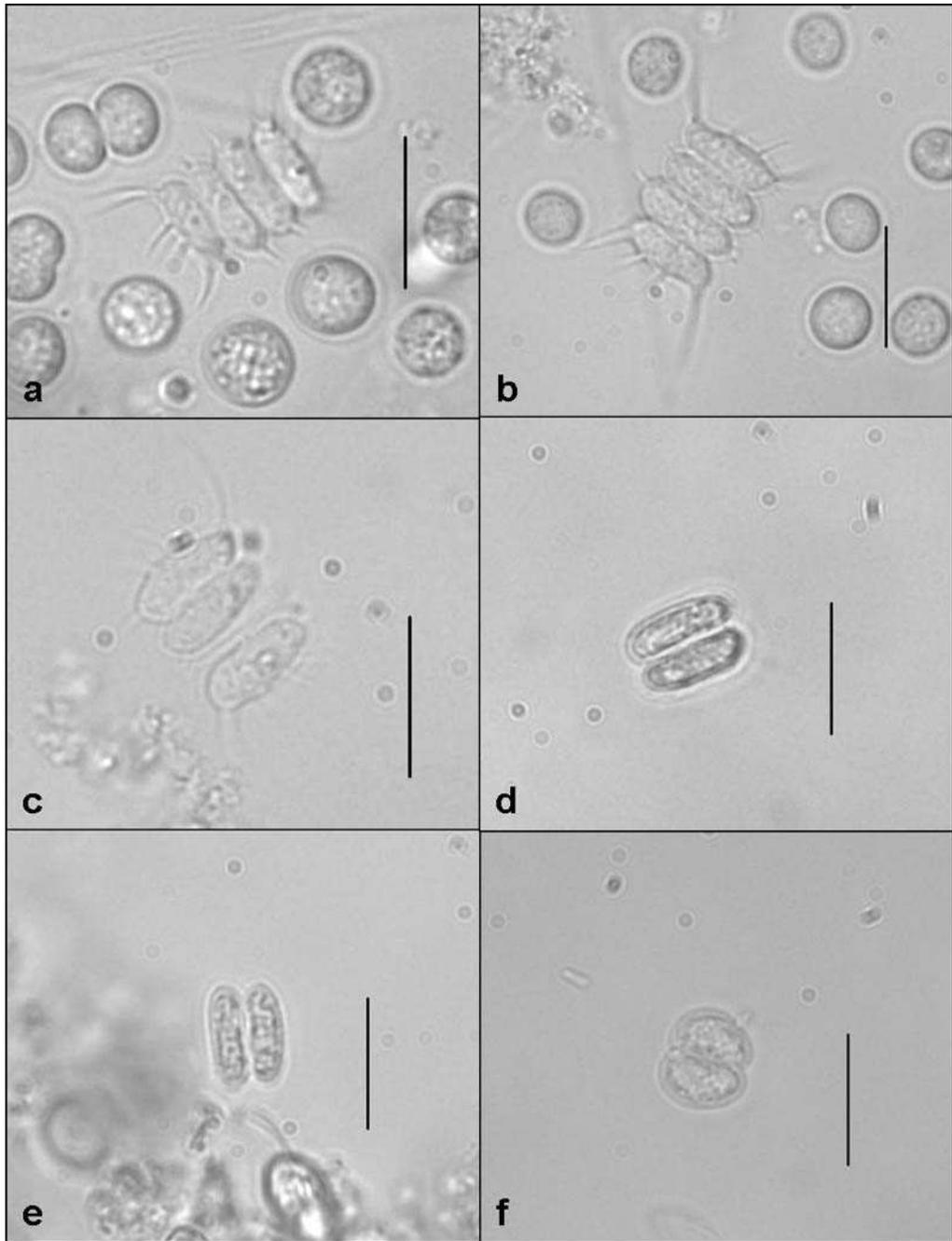


LÁMINA 35: **a-b,** *Desmodesmus spinosus*. **c,** *Desmodesmus subspicatus*. **d-e,** *Desmodesmus costato-granulatus* (*Pseudodidymocystis inconspicua*). **f,** *Desmodesmus costato-granulatus* (*Pseudodidymocystis lineata*). Escala: 10 µm.

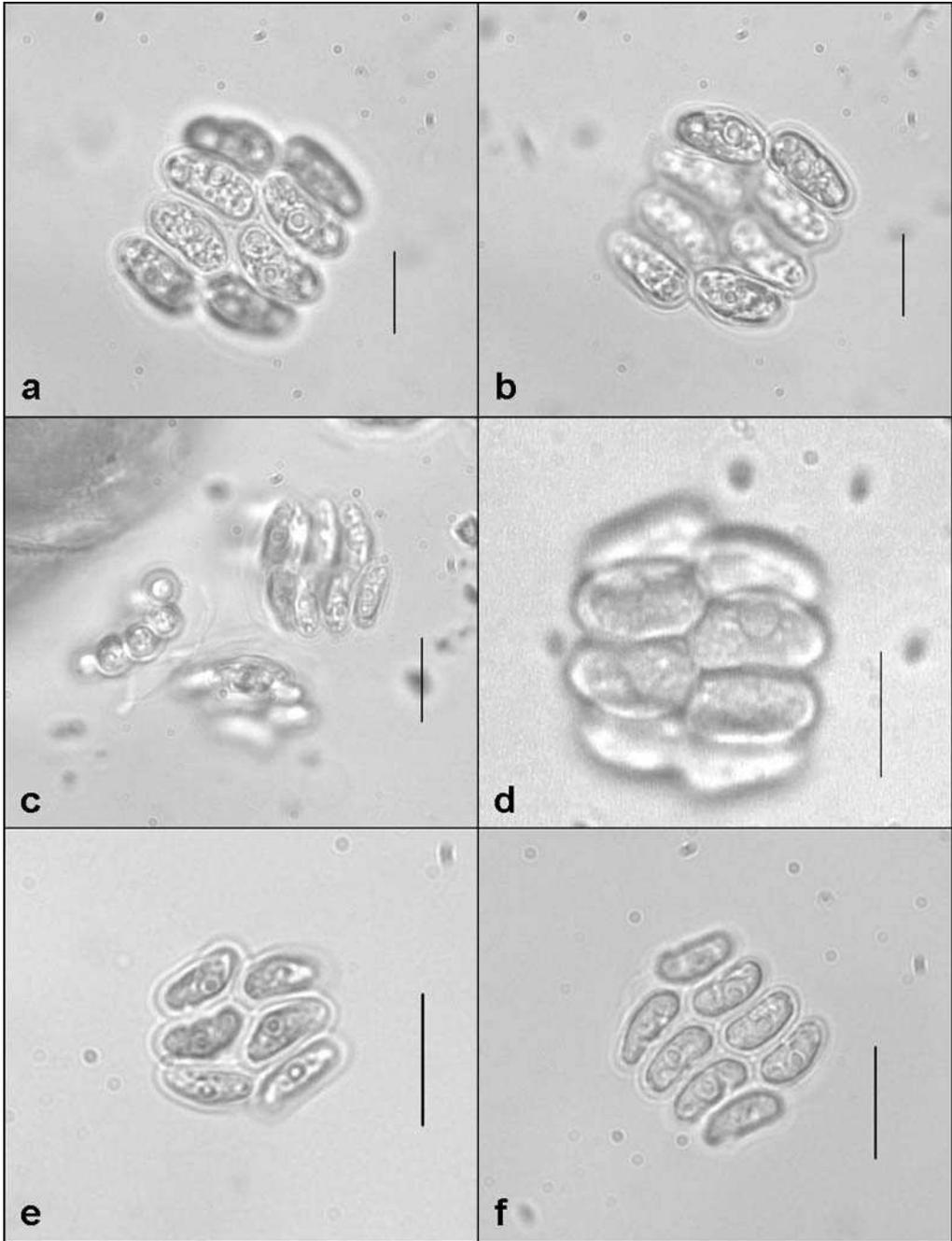


LÁMINA 36: a-d, *Scenedesmus arcuatus* var. *arcuatus*. e-f, *Scenedesmus arcuatus* var. *platydiscus*. Escala: 10 μ m.

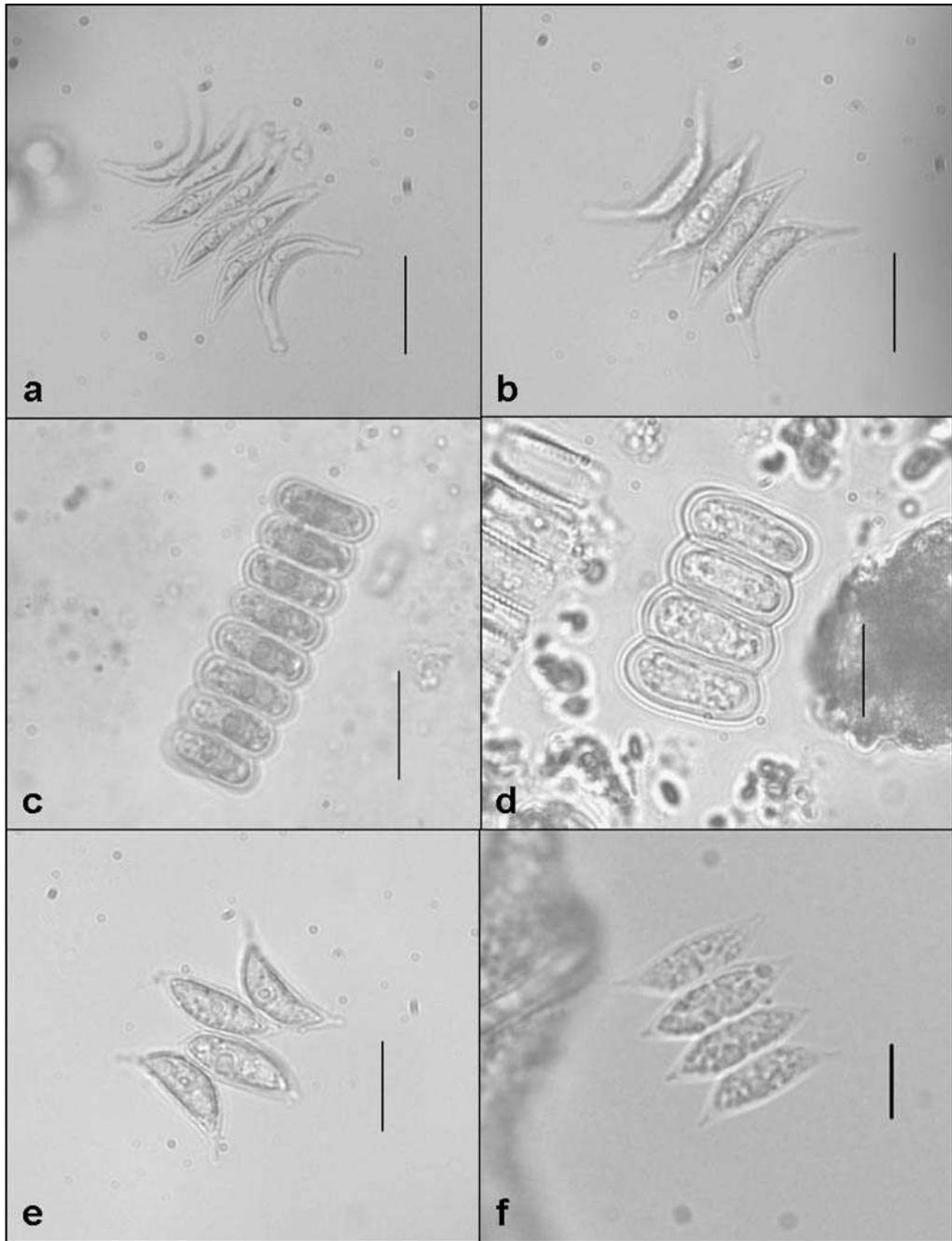


LÁMINA 37: **a-b**, *Scenedesmus acuminatus* s.l. **c-d**, *Scenedesmus ellipticus*. **e-f**, *Scenedesmus obliquus* var. *dimorphus*. Escala: 10 μ m.

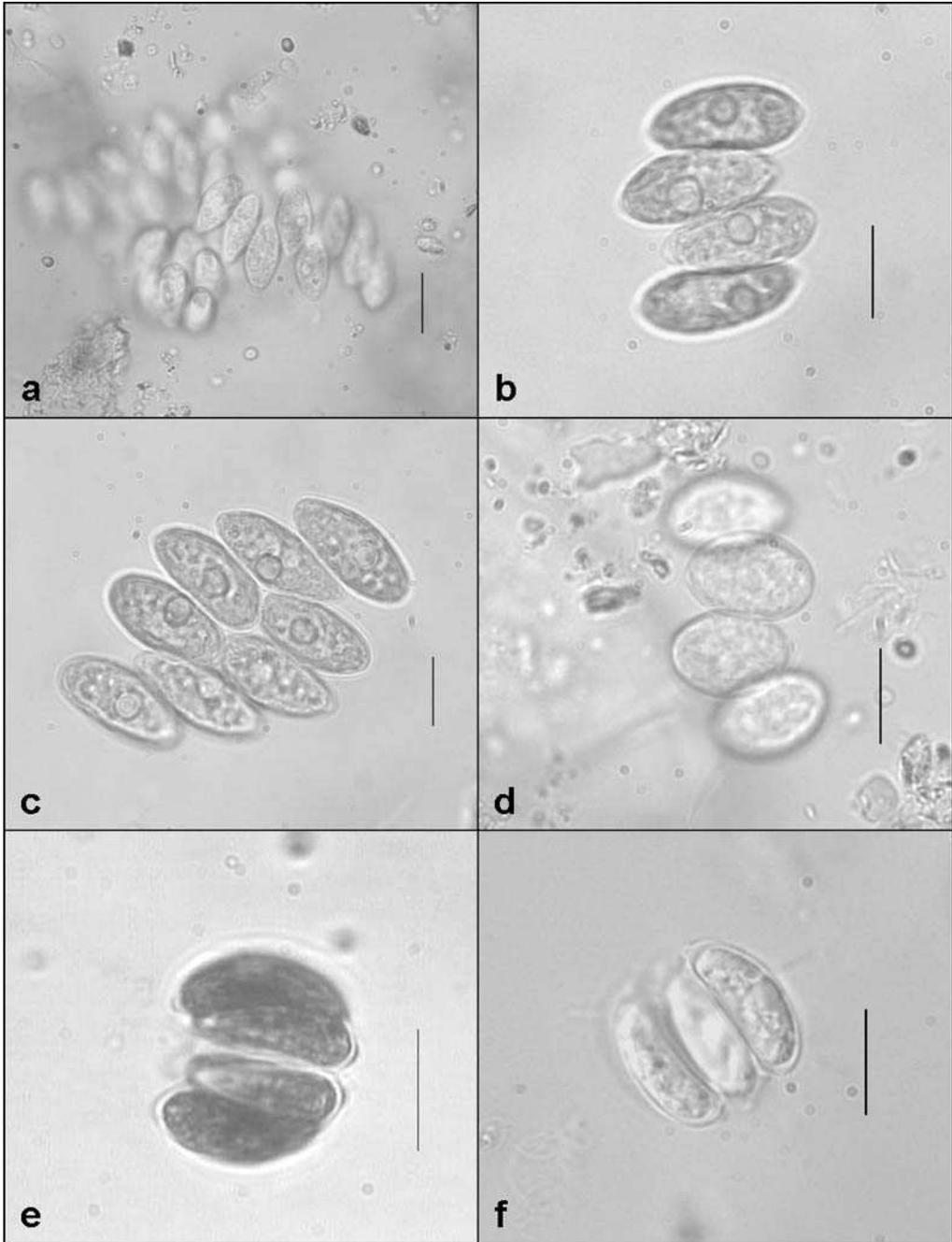


LÁMINA 38: **a-c**, *Scenedesmus obtusus*. **c-d**, *Scenedesmus obtusus* tipo ovalternans. **e-f**, *Scenedesmus raciborskii*. Escala: 10 μm .

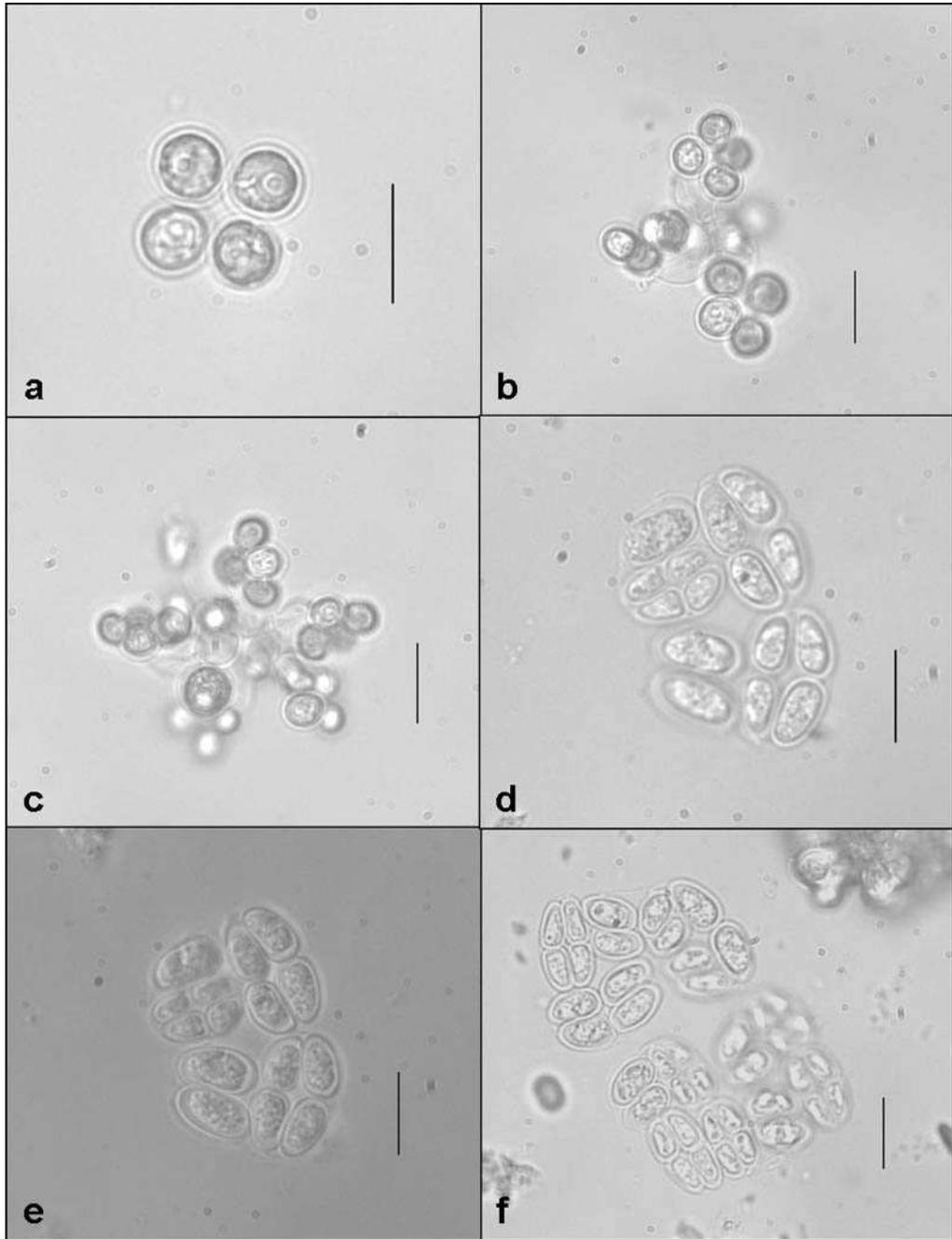


LÁMINA 39: a-c, *Westella botryoides*. d-f, *Willea cf. vilhelmii*.

Escala: 10 μ m.

En total, en las muestras tomadas a lo largo de este trabajo, hemos hallado 96 especies de algas verdes cocales. Algunas de estas especies se presentan en diferentes variedades. De todas ellas, 12 no habían sido citadas anteriormente en la Península Ibérica:

Botryococcus cf. protuberans

Botryococcus terribilis

Desmodesmus grahneisii

Dicellula geminata

Dichotomococcus curvatus

Dictyosphaerium elongatum

Follicularia sp. (género no citado)

Franceia ovalis

Lobocystis inconspicua (nueva especie)

Paradoxia multiseta

Tetrachlorella ornata

Willea cf. wilhelmii

Además, otras tres especies sólo han sido citadas en Portugal, por lo que se citan por primera vez en España:

Kirchneriella rotunda

Crucigenia mucronata

Treubaria schmidlei

Entre las especies ya citadas en España, en este trabajo se aportan 27 nuevas citas para Andalucía y 8 nuevas para Extremadura:

Andalucía:

<i>Ankistrodesmus stipitatus</i>	<i>Kirchneriella irregularis</i>
<i>Ankyra lanceolata</i>	<i>Kirchneriella subcapitata</i>
<i>Closteriopsis acicularis</i>	<i>Lobocystis</i> cf. <i>planctonica</i>
<i>Coelastrum astroideum</i>	<i>Micractinium crassisetum</i>
<i>Coelastrum indicum</i>	<i>Monoraphidium arcuatum</i>
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	<i>Oocystis submarina</i>
<i>Coenocystis tapasteana</i>	<i>Pseudoschroederia antillarum</i>
<i>Crucigeniella pulchra</i>	<i>Pseudoschroederia robusta</i>
<i>Desmodesmus costato-granulatus</i>	<i>Quadricoccus ellipticus</i>
<i>Desmodesmus</i> cf. <i>dispar</i>	<i>Scenedesmus raciborskii</i>
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>	<i>Tetrachlorella alternans</i>
<i>Gloeotaenium loitlesbergerianum</i>	<i>Tetraedron regulare</i>
<i>Hariotina polychorda</i>	<i>Tetrastrum komarekii</i>
<i>Kirchneriella contorta</i>	

Extremadura:

<i>Coelastrum indicum</i>	<i>Lagerheimia subsalsa</i>
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	<i>Scenedesmus obliquus</i>
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>	<i>Scenedesmus raciborskii</i>
<i>Golenkinia radiata</i>	<i>Siderocelis ornata</i>

Los rangos de temperatura, pH y conductividad en que se ha encontrado cada una de las especies se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Rango de parámetros ambientales en que se ha hallado cada especie.

Especie	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>hantzschii</i>	24-27	8.3-10.3	177-880
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>subtile</i>	9	8.2	2070
<i>Ankistrodesmus stipitatus</i>	24.6	8.3	880
<i>Ankyra judayi</i>	12.3- 30.3	7.6-8.8	136-14350
<i>Ankyra lanceolata</i>	20.6- 27.1	7.76-8.7	260-2360
<i>Botryococcus braunii</i>	18.8-19.2	8.9-9	102-3100
<i>Botryococcus</i> cf. <i>protuberans</i>	---	---	---
<i>Botryococcus terribilis</i>	19.9-30.3	7-9.7	153-12380
<i>Chlorella minutissima</i>	10.7-28.2	7.4-8.7	906-1145
<i>Closteriopsis acicularis</i>	29	8.5	13800
<i>Coelastrum astroideum</i>	18.2-26	8.1-8.8	440-2160
<i>Coelastrum indicum</i>	20.6-27.6	7.6-8.9	370-1133
<i>Coelastrum microporum</i>	18.1-28.5	8.1-8.8	440-1360
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	10.7-28.2	7.76-9.7	153-2650
<i>Coenococcus fottii</i>	16.7-28.2	7.44-8.8	166-1145
<i>Coenocystis tapasteana</i>	22.4	8.4	540
<i>Crucigenia mucronata</i>	24.5-27.1	8.2-8.9	370-535
<i>Crucigenia quadrata</i>	18.2	8.3	1150
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	14.5-25.8	7.53-8.56	501-2650
<i>Crucigeniella apiculata</i>	21.1-27.6	7.6-8.8	270-1133
<i>Crucigeniella pulcra</i>	26-28.2	8.8-9.4	235-440
<i>Crucigeniella rectangulares</i>	15	7.2	2250
<i>Desmodesmus</i> sp. " <i>Scenedesmus magnus</i> "	22	7.7	8100
<i>Desmodesmus abundans</i>	23.3	8	4230
<i>Desmodesmus armatus</i>	11.8-27.6	7.44-10.3	153-7600
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>spinosus</i>	24	9.7	153
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	24-27.1	8.3-9.7	153-270
<i>Desmodesmus</i> cf. <i>dispar</i>	21	7.7	7600
<i>Desmodesmus communis</i>	18.1-26	8-9.7	153-4230
<i>Desmodesmus costato-granulatus</i>	10.7-28.2	7.4-8.7	540-1145

Especie	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)
<i>Desmodesmus grahneisii</i>	12.3-25.4	7.4-8.8	122-257
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	23.3-28.2	8-10.3	235-4230
<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>carinatus</i>	21-24	7.7-9.7	153-7600
<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>	18.1-30.3	8.26-8.72	791-6480
<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>opoliensis</i>	23.3-30.3	8-9.7	153-6480
<i>Desmodesmus protuberans</i>	29	8.5	13800
<i>Desmodesmus spinosus</i>	30.3	8.72	6480
<i>Desmodesmus subspicatus</i>	29	8.5	13800
<i>Dicellula geminata</i>	26	8.8	440
<i>Dichotomococcus curvatus</i>	24.6-26	8.3-8.8	440-880
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	26	8.8	440
<i>Dictyosphaerium elongatum</i>	27	8.9	370
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> var. <i>minutum</i>	26.1	7.96	2720
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i>	9-28.2	7.2-9.4	235-2310
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>	11.8-24	7.44-8.8	136-2310
<i>Follicularia</i> sp.	16.5 - 30.8	7.9-8.65	531-2840
<i>Franceia ovalis</i>	27.1	8.2	535
<i>Gloeotaenium loitlesbergerianum</i>	---	---	---
<i>Golenkinia radiata</i>	20.6	7.76	558
<i>Hariotina polychorda</i>	535	8.2	27.1
<i>Hariotina reticulata</i>	11.8-28.5	7.44-9.7	153-1360
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>contorta</i>	11.8-27.1	7.44-8.56	501-556
<i>Kirchneriella irregularis</i>	24.6	8.3	880
<i>Kirchneriella irregularis</i> var. <i>spiralis</i>	20.6-27.1	7.76-8.2	535-558
<i>Kirchneriella rotunda</i>	26	8.8	440
<i>Kirchneriella subcapitata</i>	26.1	7.96	2720
<i>Lagerheimia ciliata</i>	20.6-27.1	7.76-8.3	217-558
<i>Lagerheimia quadriseta</i>	11.8-27.6	7.44-8.56	501-10862
<i>Lagerheimia subsalsa</i>	12.1-26	8.24-8.8	440-533
<i>Lobocystis</i> cf. <i>planctonica</i>	27	8.9	370
<i>Lobocystis inconspicua</i>	15	9.1	70782
<i>Micractinium crassisetum</i>	24.6	8.3	880
<i>Micractinium pusillum</i>	12.1-26	8.24-10.3	440-608
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	18.2-26	8.3-8.8	440-1150

Especie	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)
<i>Monoraphidium contortum</i>	16.5-29	7.6-8.8	149-13800
<i>Monoraphidium convolutum</i>	29-30.3	7-8.5	12380-13800
<i>Monoraphidium griffithii</i>	24.6	8.3	880
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	26	8.8	440
<i>Monoraphidium minutum</i>	22-30.3	7-7.8	5300-6750
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	20.8-25.4	8.3-8.8	166-217
<i>Oocystis lacustris</i>	11.8-27.1	7.44-8.56	501-558
<i>Oocystis marssonii</i>	10.4-28.5	7.4-9.7	129-2650
<i>Oocystis parva</i>	11.8-30.3	7-8.7	270-6750
<i>Oocystis solitaria</i>	18.8-27.6	7.9-8.9	177-3100
<i>Oocystis submarina</i>	18.2-25.4	7.6-8.8	194-1150
<i>Paradoxia multisetata</i>	26.6	8.7	260
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>boryanum</i>	18.1-30.3	8.1-9.7	153-6480
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>brevicorne</i>	---	---	---
<i>Pediastrum duplex</i>	16.5-30.8	7.76-9.7	153-6480
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>biwaense</i>	24.6-28.2	7.9-9.4	260-440
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	26	8.8	440
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>simples</i>	11.8-30.8	7.44-8.9	260-3830
<i>Pediastrum tetras</i>	29	8.5	13800
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	19.2	9	102
<i>Pseudoschroederia antillarum</i>	20.6-26	7.76-8.8	440-558
<i>Pseudoschroederia robusta</i>	18.2-30.3	7-8.9	260-6750
<i>Quadricoccus ellipticus</i>	24.6-26.6	8.3-8.7	260-880
<i>Scenedesmus acuminatus</i> s.l.	18.2-26	8.3-9.7	153-1150
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>arcuatus</i>	12.1-28.5	7.44-8.9	370-2650
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>platydiscus</i>	11.8-27.4	7.44-8.8	440-3830
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	18.1-27.6	8.1-8.49	791-2650
<i>Scenedesmus obliquus</i> var. <i>dimorphus</i>	16.5-28.5	8.1-9.7	153-7600
<i>Scenedesmus obtusus</i>	22	7.7	8100
<i>Scenedesmus raciborskii</i>	11.8-27.4	7.4-8.8	440-3830
<i>Siderocelis ornata</i>	---	---	---
<i>Tetrachlorella alternans</i>	14-24.6	7.9-8.2	270-12290
<i>Tetrachlorella ornata</i>	18.1-27.4	8-8.26	534-3830
<i>Tetraedron caudatum</i>	27	8.9	370
<i>Tetraedron minimum</i>	11.8-27.6	7.44-8.8	122-1038
<i>Tetraedron regulare</i>	14.5-27.1	7.538.7	260-538

Especie	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)
<i>Tetrastrum komarekii</i>	27.1	8.3	270
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	24.6-27	8.8-8.9	370-440
<i>Tetrastrum triangulare</i>	11.8-27.6	7.44-8.4	525-1133
<i>Treubaria schmidlei</i>	24.6-27.1	8.2-8.8	440-880
<i>Westella botryoides</i>	26	8.8	440
<i>Willea cf. vilhelmii</i>	24	9.7	153

3.2. EVOLUCIÓN ANUAL DE LAS CHLOROROCCALES EN TRES EMBALSES CON DIFERENTE GRADO DE MINERALIZACIÓN

Tradicionalmente se ha postulado que las algas verdes cocales habitan preferentemente en aguas cálidas y estratificadas propias de las zonas templadas (Margalef, 1983; Reynolds, 2006), sin embargo la enorme diversidad específica que suele coincidir en el espacio y en el tiempo en un mismo sistema planctónico, nos hace cuestionarnos sobre la existencia de diferentes modelos que puedan explicarnos por qué la paradoja del plancton alcanza una de sus situaciones de mayor complejidad en este grupo de organismos. Como indica Margalef (1983): "...llevan a formularse la pregunta del sentido que puedan tener, en relación con una posible segregación ecológica, los detalles de forma y superficie...".

Siendo conscientes de la dificultad que entraña descifrar la ecología de la algas verdes cocales del fitoplancton, nos hemos propuesto como ya se ha enunciado en los objetivos, analizar la evolución estacional de estas especies en el fitoplancton de tres embalses de diferentes características tróficas y de mineralización. Del mismo modo tratamos de establecer los posibles grupos funcionales entre los propuestos por Reynolds et al. (2002). La tabla 7 muestra un resumen de aquellos grupos que se basan mayoritariamente en algas verdes cocales.

Tabla 7. Grupos funcionales de fitoplancton constituidos por algas verdes cocales. Extraído de Reynolds et al. (2002) y Reynolds (2006).

Grupo	Características	Taxa implicados	Adaptación	Problemas
X₁	Aguas someras mezcladas fertilizadas	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> , <i>Monoraphidium</i>	Estratificación	Déficit de nutrientes y herbivoría
F	Epilimnion transparente	<i>Botryococcus</i> , <i>Pseudosphaerocystis</i> , <i>Coenochloris</i> , <i>Oocystis lacustris</i> (<i>Coenococcus</i> , <i>Crucigeniella</i> , <i>Kirchneriella</i> , <i>Dictyosphaerium</i>)	Bajos niveles de nutrientes, turbidez	¿Déficit de CO ₂ ?
J	Ríos, estanques, lagos	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> , (<i>Golenkinia</i> , <i>Treubaria</i>)		Sedimentación en condiciones de baja iluminación
Z	Aguas mezcladas transparentes	Picoplancton eucariota, <i>Chlorella</i> , <i>Choricystis</i> .		
K	Aguas someras ricas en nutrientes	<i>Dictyosphaerium</i>		Mezcla intensa

3.2.1. Mineralización y nivel trófico

Los tres embalses estudiados presentan aguas con valores de conductividad crecientes (Figura 4), desde el de Canales (K: 150-200 $\mu\text{S/cm}$), Hurones (K: 500-550 $\mu\text{S/cm}$), siendo el de Iznájar el que presenta

aguas más mineralizadas (K: 950-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En principio podríamos pensar que la distinta composición iónica de sus aguas constituya una buena barrera selectiva frente a diferentes especies, de forma que cada cual desarrolla una flora característica tanto de su grado de mineralización como de su composición iónica. Por su parte, la densidad celular alcanzada, y por tanto los valores de biomasa, se encontrarán regulados por la concentración de nutrientes característica de cada medio.

La densidad celular es uno de los parámetros que suelen utilizarse para caracterizar el nivel trófico de un ecosistema acuático; en este sentido, el más eutrófico sería Iznájar, y el menos eutrófico Canales (Figura 5), coincidiendo con los niveles de conductividad. La densidad celular media que hemos hallado, en individuos por mililitro (entendiendo como individuos células o colonias según las especies), en el año de muestreo está alrededor de 970 ind/ml en Canales y es de 2378 ind/ml en Iznájar. Hurones presenta una densidad intermedia, sobre los 1360 ind/ml. Los tres embalses serían eutróficos, aunque sólo Iznájar puede considerarse que presenta una eutrofización avanzada en los meses de verano, por superar los 5000 ind/ml (límite según Margalef, 1983).

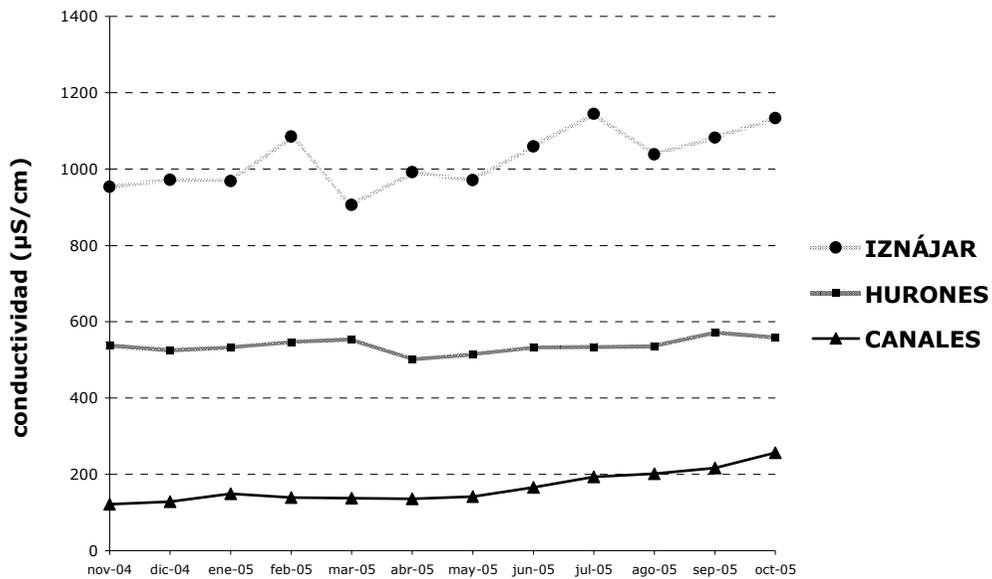


Figura 4. Evolución anual de los valores de conductividad en los tres embalses.

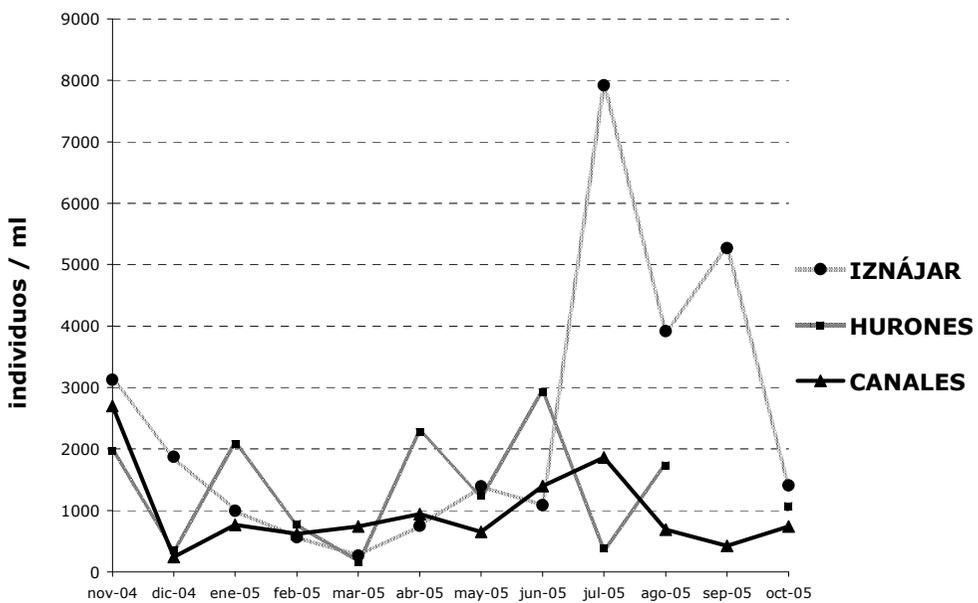


Figura 5. Evolución anual de los valores de densidad de individuos en los tres embalses.

En cuanto al ciclo anual del fitoplancton, en cada embalse se da una dinámica distinta:

3.2.2. Embalse de Canales

La distribución de los grupos de algas que forman el fitoplancton de este embalse muestra dos periodos claramente diferenciados, uno propio de aguas mezcladas y frías, de invierno y primavera: desde noviembre hasta abril dominan en este embalse las diatomeas (noviembre y febrero a abril) y las criptofíceas (diciembre, enero y mayo). El otro periodo corresponde al verano, los meses de junio y julio las mayores abundancias las presentan las algas verdes coccas, llegando a suponer más del 90% de los individuos por ml. Estas últimas también son dominantes en septiembre, tras la dominancia en agosto de las diatomeas. En octubre las clorococales bajan hasta menos de un 10% y vuelven a adquirir importancia las criptofíceas.

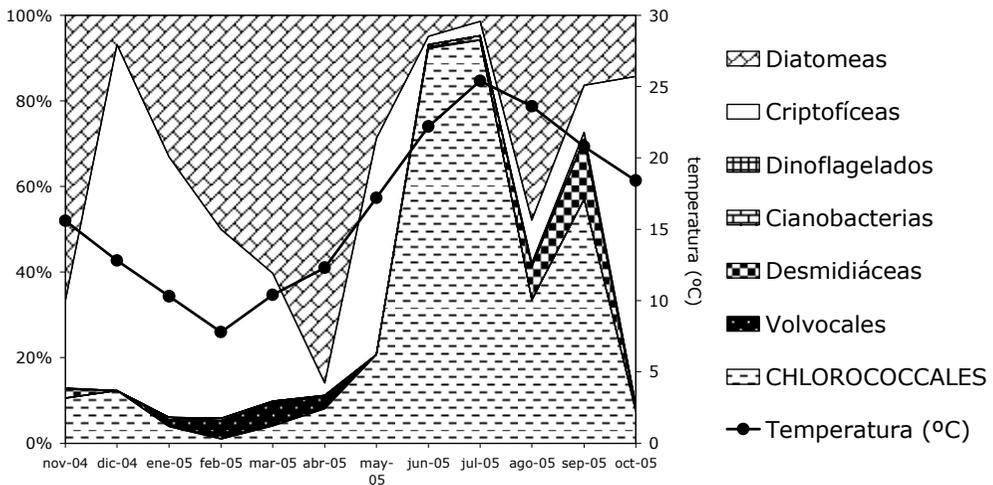


Figura 6. Abundancia relativa de cada grupo de algas en el embalse de Canales.

Durante todo el ciclo anual se hallaron representantes de las clorococales en este embalse, aunque en proporciones muy distintas en las diferentes épocas del año. Los meses de noviembre a abril el total de este grupo no llega a representar ni un 10% del total de algas contabilizadas, probablemente estas poblaciones representen restos de poblaciones que se desarrollaron durante el ciclo anterior. En cambio, a partir de mayo su proporción con respecto al total del fitoplancton aumenta, llegando incluso a superar el 90% en los meses de junio y julio, coincidiendo con un incremento de la temperatura del agua, así como de su conductividad.

En los meses de junio y julio las algas verdes cocales están representadas por dos grupos funcionales: algas unicelulares y algas coloniales con mucílago. Según Reynolds (2006) las primeras son propias de aguas con epilimnion de poca profundidad y elevada concentración de nutrientes y las segundas propias de epilimnion claro, por lo que ambas se benefician de la estratificación de la columna de agua. En los meses de agosto y septiembre dominan las algas coloniales mucilaginosas. Es posible que en agosto los nutrientes se vean mermados y el zooplancton consuma las algas de pequeño tamaño. Probablemente las algas coloniales se ven favorecidas porque pueden aprovechar mejor los pocos nutrientes que haya gracias al mucílago, el cual además puede reducir la tasa de consumo de estas algas por parte de los depredadores. Ya en octubre disminuye la luz, con lo que las clorococales pierden su dominancia en el embalse, y las pocas que quedan son sobre todo unicelulares. Las especies *Desmodesmus grahneisii*, *Oocystis marssonii* y *Chlorella* sp, aunque en cantidades muy variables, han aparecido prácticamente todo el año.

En el mes de noviembre domina *Desmodesmus grahneisii*, llegando a suponer el 75% de este grupo de algas. Se trata de una especie de pequeño tamaño. En mayo la especie dominante es *Dictyosphaerium tetrachotomum*, coincidiendo con un aumento de la temperatura y el pH del agua. Esta especie presenta células pequeñas y además es colonial con mucílago, por lo

que es posible que la estratificación, que probablemente empiece en mayo, y el aumento de luz hagan que se vea favorecida.

En junio domina claramente *Chlorella* sp. (ésta supone un 86% de las algas verdes cocales en junio y un 76% en julio), especie pequeña que aguanta bien la estratificación, así como mucha luz. En estos meses hay un aumento del pH en el agua. En julio, además de *Chlorella* sp. adquiere importancia *Oocystis marssonii* y en tercer lugar encontramos *Nephrocytium agardhianum*.

Cabe destacar la presencia del género *Oocystis* (*O. submarina* y *O. marssonii*) desde junio hasta septiembre. Se trata de un género que puede desarrollarse en diferentes condiciones tróficas, aunque parece requerir aguas claras donde no falte luz. La Figura 7 muestra la evolución de las especies de algas verdes cocales dominantes a lo largo del año de estudio (las que superan 50 ind/ml o el 20% en algún momento).

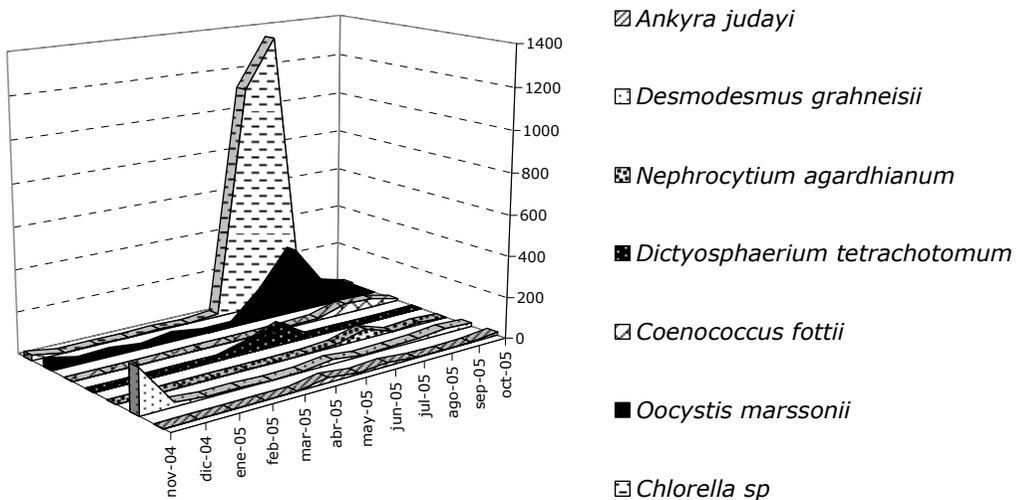


Figura 7. Evolución de las especies dominantes en el embalse de Canales.

3.2.3. Embalse de Los Hurones

La evolución estacional de los grupos taxonómicos que constituyen el fitoplancton muestra un patrón claramente asimétrico. El ciclo se inicia con una distribución más o menos equitativa de los diferentes grupos taxonómicos: diatomeas 10%, clorococales 7%, cianobacterias 45%, dinoflagelados 15%, criptofíceas 30%. Las criptofíceas desarrollan un efímero máximo durante enero, suponiendo más del 80% del fitoplancton, sin embargo, tienen muy poco peso el resto del año. A partir de este momento, de febrero a mayo y de agosto a octubre dominan las clorococales sobre el resto de algas, superando el 50%. En el mes de julio la dominancia se reparte entre éstas y las desmidiáceas. Las diatomeas sólo son importantes en los meses de diciembre y junio, y las cianobacterias tienen picos de abundancia en noviembre, mayo y agosto. En el mes de julio hay un descenso en la abundancia del fitoplancton total, que se compone de clorococales, desmidiáceas, dinoflagelados y algunas criptofíceas. Esta disminución posiblemente se deba a la depredación por parte de herbívoros, que provoca el aumento de las grandes microalgas (dinoflagelados y desmidiáceas), mientras el resto de grupos sufre una caída drástica.

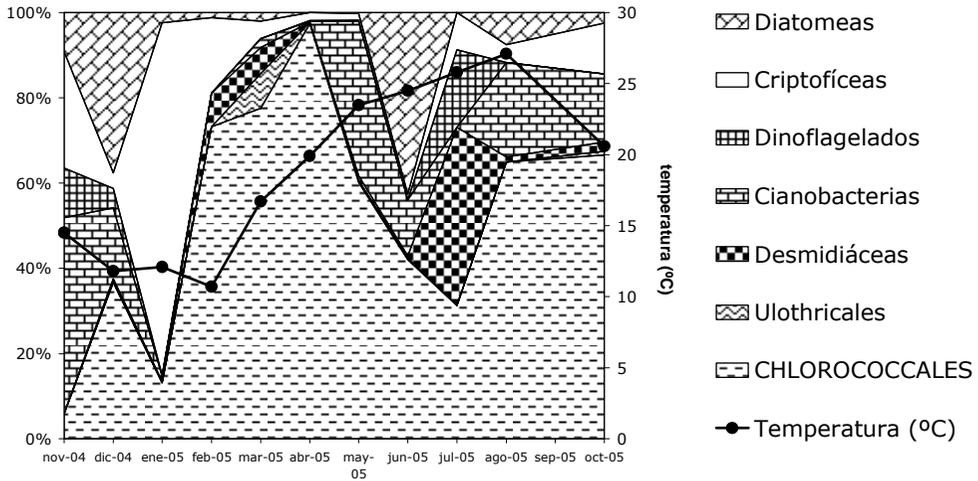


Figura 8. Abundancia relativa de cada grupo de algas en el embalse de Los Hurones.

Respecto a las clorococales que se desarrollan durante el periodo de mezcla, dominan las coloniales con mucílago, así como de febrero a mayo. Hay que destacar el gran aumento de este grupo en abril, en que se registran más de 2000 ind/ml. En junio aparece otro grupo de clorococales, cenobiales sin mucílago, aunque siguen siendo dominantes las coloniales mucilaginosas. En el mes de julio hay una disminución de todas las Chlorococales, así como del total de fitoplancton, posiblemente por una elevada presión de herbivoría. Si esta hipótesis es cierta, las especies que se desarrollan en esta situación presentarían claras adaptaciones frente a esta presión de herbivoría, éstas son: *Monoraphidium contortum*, *Pediastrum simplex*, *Botryococcus terrilibis* y *Tetrachlorella ornata*. Todas, a excepción de *T. ornata*, superan las 20 μm , tamaño sobre el cual se ve dificultada la ingestión de presas por los filtradores del plancton. La capacidad de formar sincenobios por parte de *T. ornata* podría explicar su aparición en este periodo. En la Figura 9 se compara la estructura de la comunidad realmente

observada con la obtenida tras eliminar los periodos fuertes de presión de herbivoría, observándose como las poblaciones se recuperan tras estas perturbaciones puntuales.

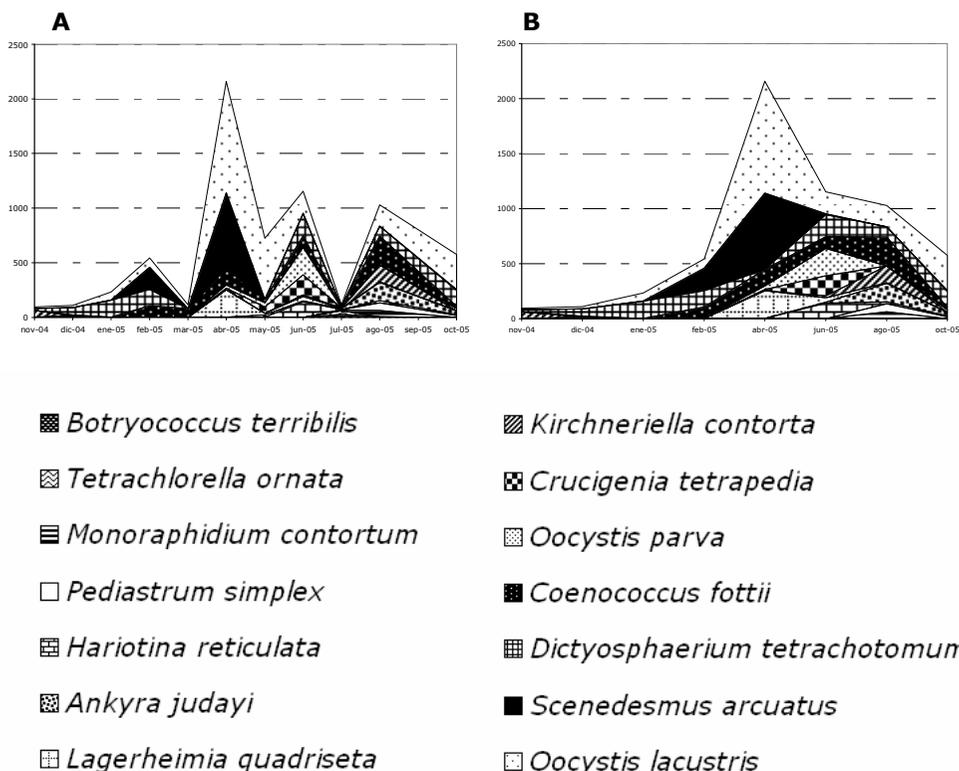


Figura 9. Comparación de la estructura de la comunidad de algas verdes cocales en Los Hurones, incluyendo todos los muestreos (A) y eliminando los periodos de bruscas caídas (B).

En el mes de agosto, uniéndose a las colonias mucilaginosas, hallamos especies unicelulares, manteniéndose en octubre una composición parecida, aunque con menor número de cenobiales y unicelulares en favor de las colonias con mucílago. La especie *Dictyosphaerium tetrachotomum* domina en diciembre y enero, aunque su máximo es en agosto. También es destacable la abundancia de *Oocystis lacustris* en los meses de invierno. Esta última domina en abril, mayo y octubre, y la hemos hallado todos los

meses, así como *Coenococcus fottii*, que tiene su máximo desarrollo en agosto, junio y febrero, aunque su porcentaje respecto a otras especies es mayor en marzo, probablemente su persistencia esté condicionada a su clara adaptación frente a los procesos de herbivoría. *Scenedesmus arcuatus* es la especie que más abunda en febrero. La Figura 10 muestra la evolución de las especies de algas verdes cocales dominantes a lo largo del año de estudio.

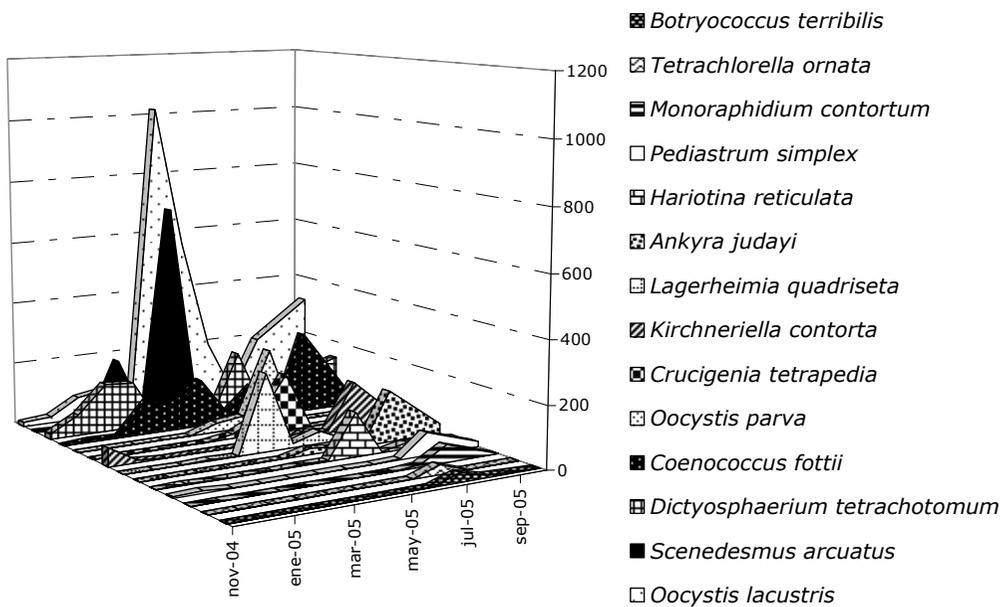


Figura 10. Evolución de las especies dominantes en el embalse de Los Hurones.

3.2.4. Embalse de Iznájar

Este embalse también muestra una comunidad fitoplanctónica claramente compartimentada en dos periodos. Uno de mezcla, caracterizado por una gradual disminución de las temperaturas, en que dominan las diatomeas en noviembre y marzo, y las criptofíceas de diciembre a febrero,

probablemente por la poca cantidad de luz de estos meses. Tras un periodo de transición dominado por las haptofíceas mezcladas con diatomeas, se produce la transición a comunidades de verano: volvocales y clorococales. El mes de junio adquieren importancia las cianobacterias y aparecen algunas ulotricales. Durante julio y agosto la comunidad está formada fundamentalmente por clorococales (suponen más de un 90% del fitoplancton). Este grupo da luego paso a las ulotricales, que son las más abundantes en septiembre, y ya en octubre se restablece una comunidad sin dominancia de un grupo concreto.

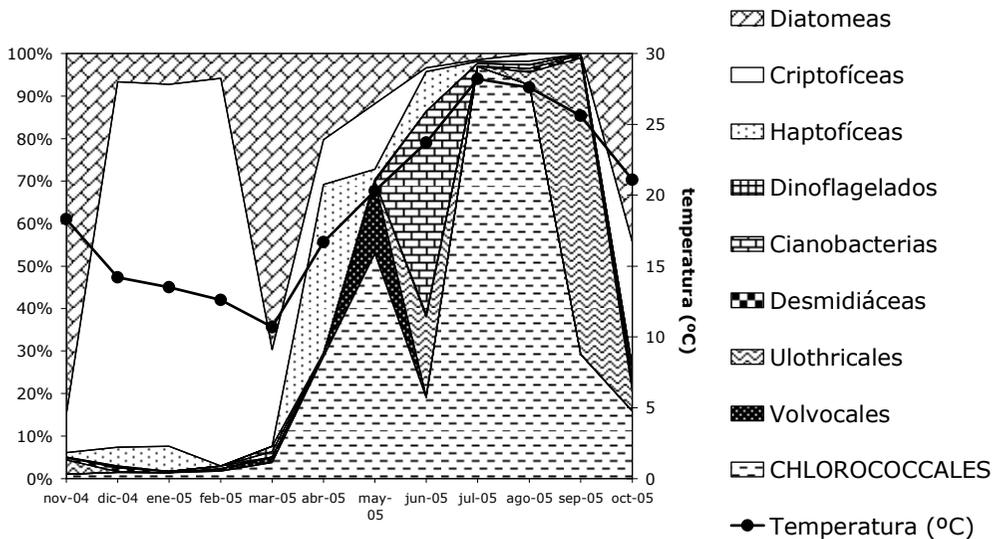


Figura 11. Abundancia relativa de cada grupo de algas en el embalse de Iznájar.

Las clorococales no llegan al 2% del total de fitoplancton entre noviembre y marzo. Es en abril cuando empiezan a proliferar, coincidiendo con el ascenso de la temperatura, llegando a superar el 50% en mayo y más del 90% en julio y agosto, con más de 7000 células por ml, y en agosto. Se trata sobre todo de especies coloniales mucilaginosas y unicelulares. En

algunos momentos aparecen cenobios no mucilaginosos, pero no son dominantes. La secuencia temporal en la aparición de clorococales sería: primero en junio, aparecen las coloniales con mucílago; en julio y agosto se les unen las unicelulares propias de ambientes ricos en nutrientes. En septiembre siguen dominando las formas coloniales, y en octubre no hay dominancia clara de ningún grupo de algas, y las clorococales que encontramos son tanto coloniales como unicelulares.

Oocystis parva se encuentra durante todo el año, excepto en enero, en que sólo aparecen unos pocos individuos de *Chlorella minutissima*, *Monoraphidium* cf. *minutum* y *Coenococcus fottii*. Ésta última especie tiene su máximo poblacional en mayo, así como *Ankyra judayi*. En julio la especie más abundante es *Chlorella minutissima*, seguida de *Desmodesmus costato-granulatus*, ambas especies de muy pequeño tamaño que se desarrollan muy rápidamente pero durante poco tiempo, ya que en agosto su densidad se reduce de forma drástica. De nuevo podríamos pensar que su desarrollo se encuentra limitado por periodos de intensa herbivoría. Al final del verano *O. parva* presenta gran abundancia, superando los 2000 ind/ml en agosto. Es en este momento cuando muchas especies presentan sus picos de densidad: *Oocystis marssonii*, *Crucigeniella apiculata* *Oocystis* cf. *solitaria*. También *Tetrastrum triangulare* abunda en agosto, aunque su máximo se extiende a septiembre (con más de 300 ind/ml). Finalmente, en octubre, disminuye mucho la abundancia de clorococales y no hay una especie dominante. La Figura 12 muestra la evolución de las especies de algas verdes cicales dominantes a lo largo del año de estudio.

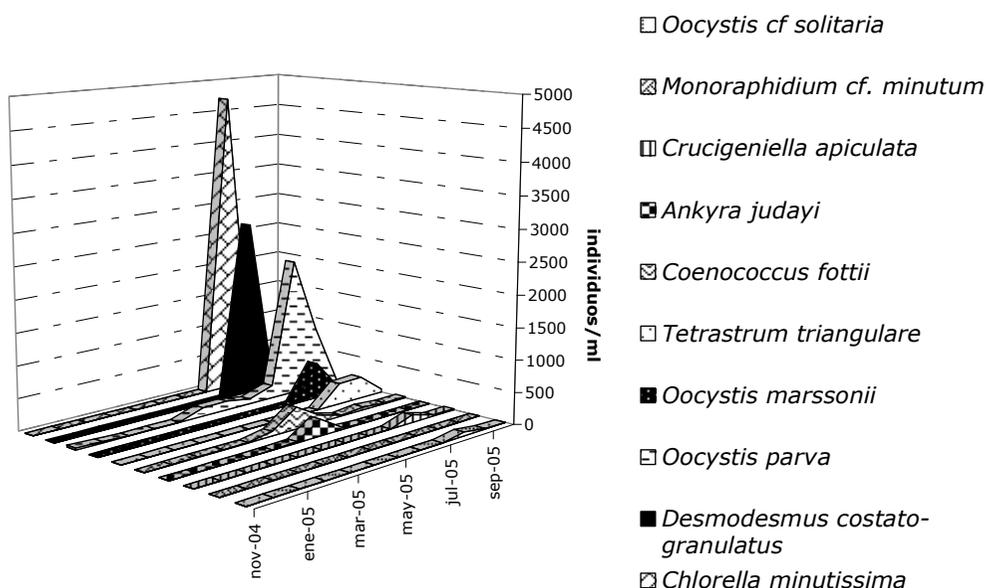


Figura 12. Evolución de las especies dominantes en el embalse de Iznájar.

3.2.5. Consideraciones sobre la estacionalidad de las algas verdes cocales

El estudio realizado en los tres embalses pone de manifiesto que si bien estas algas se desarrollan de forma dominante durante el verano, como ocurre en los tres casos, también puede aparecer en otras épocas del año, sobre todo en zonas meridionales de clima templado. En este sentido, la mayor altitud del embalse de Canales podría condicionar el desarrollo de éstas algas únicamente en el período estival. En otros embalses de la zona mediterránea (Naselli Flores & Barone, 1998) aparece igualmente una amplia representación de algas verdes cocales casi a lo largo de todo el año. En sistemas de mas baja latitud (lagos de África) no es raro encontrar estas especies, con una considerable presencia media, a lo largo de todo el ciclo anual (Sarmiento et al., 2006).

Respecto al nivel trófico en el que pueden desarrollarse estos organismos, es muy variable, desde sistemas típicamente oligotróficos,

donde aparecen las especies del "fitoplancton oligotrófico de Chlorococcales", definido por Hutchinson (1967), que se correspondería con el grupo "F" de Reynolds (2006) propio de ambientes pobres en nutrientes, pasando por todas las situaciones intermedias, hasta llegar a un fitoplancton dominado en más del 95% por especies de Chlorococcales, situación crítica en la que un sistema acuático debe ser clasificado en el peor grupo respecto a la calidad biológica del agua (Moss et al., 2003), junto a aquéllos dominados por cianobacterias y a los generadores de flores de agua.

3.2.6. Algas verdes cocales y grupos funcionales

En los tres embalses se encuentra claramente representado el grupo "X₁" característico de aguas eutróficas-hipereutróficas (Reynolds, 2006), si bien la densidad celular alcanzada en cada embalse es diferente. Destaca la elevada densidad celular de Iznájar (4714 ind/ml), la máxima encontrada en este estudio (Tabla 8).

En el caso de los Hurones, donde esta comunidad sólo alcanza en torno a 250 ind/ml, se ha de tener en cuenta que se desarrolla un intenso periodo de herbivoría, y de forma simultánea aparecen representantes de la asociación "F" (clorófitos coloniales) donde *Botryococcus territorialis*, *Coenococcus fottii* y *Oocystis lacustris* alcanzan una considerable representación. Este grupo se correspondería con el del fitoplancton oligotrófico de clorococales descrito por Hutchinson (1967). Junto a estas especies aparecen otras no claramente catalogadas, tales como *Crucigenia tetrapedia*, *Dictyosphaerium tetrachotomum* y *Lagerheimia quadriseta*. Esta última mostrando una clara adaptación a la intensa herbivoría a la que se encuentra sometido este sistema. En este embalse, claramente eutrófico, la presencia de esta agrupación podría estar relacionada con fases de aclaración que facilitara una mayor iluminación de la columna de agua, favoreciendo por tanto el desarrollo de estas especies fotófilas.

En el embalse de Canales esta última asociación apenas está representada, mostrando sus especies una clara sucesión: *Dictyosphaerium tetrachotomum* → *Oocystis marssonii* → *Coenococcus fottii*.

Iznájar desarrolla comunidades donde aparecen mezclados los componentes de las asociaciones "X₁" y "F"; así en mayo aparece una agrupación constituida por los máximos poblacionales de *Ankyra judayi* y *Coenococcus fottii*, acompañados por *Oocystis parva*, quien desarrollará su máximo poblacional en agosto, junto a *Oocystis marssonii*. Entre ambas agrupaciones, en julio, se desarrollan los máximos poblacionales de *Desmodesmus costato-granulatus* y *Chlorella minutissima*.

IV. ESTUDIOS EXPERIMENTALES

Tanto en el estudio taxonómico realizado en la primera parte de esta Memoria, como en anteriores trabajos realizados en el laboratorio de Ficología, se han detectado una serie de problemas que han dificultado la adecuada interpretación de una determinada población natural. Estos problemas se pueden resumir en dos grandes grupos. Por una parte hemos observado una serie de especies que presentan un considerable rango de variabilidad morfológica; esta no es una situación nueva en la taxonomía de algas, pero se hace especialmente patente en ciertos grupos de algas verdes cicales. Es bien sabido que determinadas especies de algas cicales, como las de *Scenedesmus* y *Desmodesmus*, son capaces de generar espinas y estructuras cenobiales o unicelulares dependiendo de la presencia de depredadores potenciales en el medio (Hessen & Van Donk, 1993; Lampert et al., 1994; Lürling, 1998; Lürling & Van Donk, 1999, Verschoor et al., 2004). Igualmente ciertas especies, como algunas de *Dictyosphaerium*, también son capaces de desarrollar morfotipos unicelulares o coloniales dependiendo de las características del medio, fundamentalmente concentración de nutrientes (Sánchez Castillo, in litt.). Del mismo modo es bien sabida por los taxónomos la capacidad de ciertas especies (como las de *Kirchneriella* y afines) para desarrollar envolturas mucilaginosas o constituir células desnudas; dependiendo de este carácter variará la capacidad para formar agrupaciones o vivir de forma aislada, etc.

El otro grupo de problemas se pueden centrar en la ausencia de caracteres taxonómicos de especial relevancia en las fases que constituyen las poblaciones naturales recolectadas en un momento dado. En este sentido cabría citar la dificultad en la diferenciación de ciertas fases de *Sphaerocystis* y *Coenococcus*, cuyos procesos de reproducción asexual son claramente distintivos (formación de zoósporas/autósporas), o la capacidad para generar determinadas estructuras derivadas de la pared celular que son claves para la diferenciación, no ya específica, sino genérica como

ocurre en el caso de *Micractinium* y *Chorella* (Luo et al., 2005; Luo et al., 2006). En este mismo grupo de problemas cabría incluir aquéllos detectados cuando las poblaciones están constituidas por formas enquistadas cuya resolución taxonómica es imposible.

En ambos grupos de situaciones son de gran utilidad las técnicas de cultivos de microalgas, las cuales nos permiten obtener poblaciones en estado vegetativo, bajo situaciones controladas en laboratorio.

Desde principios del siglo XX se han utilizado estas técnicas para estudiar las algas. Entre los primeros autores que obtuvieron cepas aisladas y las mantuvieron en cultivo destacan Beijerinck (1890, 1893), Chodat (1913, 1926) y Pringsheim (1912, 1946). A partir de la segunda mitad del siglo, hay que destacar los trabajos de Bold (1936, 1942, 1974; Smith & Bold, 1966; Archibald & Bold, 1970) y Hindák (1977, 1980, 1984, 1988, 1990), entre otros, que cultivaron algas aisladas de ecosistemas naturales para establecer el rango de variabilidad morfológica de las especies. Quizás éstas presentan una variabilidad más amplia en cultivo que en condiciones naturales, y a veces morfologías que en la naturaleza se presentan con muy poca frecuencia pueden ser dominantes en condiciones artificiales, por lo que hay que ser cauto en la interpretación de los resultados y tener en cuenta las limitaciones de esta herramienta de trabajo. Sin embargo, mediante el uso de cultivos se ha avanzado mucho en el conocimiento de la biología de muchas especies.

A continuación se presentan dos de los diferentes ensayos realizados para completar el estudio taxonómico de ciertas especies que han presentado un elevado nivel de complejidad taxonómica.

1. VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE *KIRCHNERIELLA SUBCAPITATA* (SELENASTRACEAE) BAJO DISTINTAS CONDICIONES DE CULTIVO

1.1. INTRODUCCIÓN

La morfología y plasticidad de los organismos del fitoplancton son factores importantes en procesos ecológicos del plancton, tales como las interacciones con el zooplancton (Mayeli et al., 2004), la producción de toxinas (Kurmayer et al., 2003), las necesidades metabólicas (Li & Gao, 2004) o la capacidad de flotación (Padisák et al., 2003); pero también lo son en taxonomía y en estudios de sistemática y evolución (Chang & Chang-Schneider, 1980).

La variabilidad morfológica de una especie puede tener distintas causas. Algunas de estas causas son bióticas, endógenas de la especie como las diferentes fases de su ciclo biológico (Pérez Martínez et al., 1992; Sánchez Castillo, 1987b) o externas como la depredación por parte de herbívoros (Wiltshire et al., 2003), la influencia de sus infoquímicos (es decir, los compuestos orgánicos sintetizados por los depredadores; Tang, 2003) y la competencia con otras especies (Yoshida et al., 2004); y otras son abióticas como la concentración de nutrientes en el medio (Verity & Medlin, 2003), la temperatura (Lürling & Van Donk, 1999) y la estabilidad de la columna de agua (Naselli-Flores & Barone, 2003). La causa de esta variabilidad puede ser también combinación de ambos tipos de factores, bióticos y abióticos (Lürling & Van Donk, 1999).

A pesar de la importancia de la morfología en los procesos ecológicos (Reynolds, 1997), un escaso número de algas han sido cultivadas para estudiar su ciclo biológico, y no se conoce su respuesta a distintas condiciones ambientales. Estos estudios se restringen a escasas especies de unos pocos géneros como *Scenedesmus*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Phaeocystis*, *Staurastrum*, *Pediastrum*, *Nostoc*, y las más estudiadas son las

que producen florecimientos (Veldhuis et al., 1986; Roelke & Buyucates, 2002; Faithfull & Burns, 2006). Se han realizado algunos estudios para comprender cómo las condiciones del medio afectan a la morfología de las células algales y sobre el posible beneficio que estos cambios morfológicos aportan al alga, pero la mayor parte de ellos tratan la herbivoría como el principal factor que influye en la morfología del fitoplancton. En el caso de *Scenedesmus* (Scenedesmaceae) se ha visto que es un género con gran plasticidad y se han realizado varios estudios sometándolo a distintas condiciones ambientales (Trainor, 1976, 1993; Chang & Chang-Schneider, 1980) y a la presencia de depredadores y sus infoquímicos (Hessen & Van Donk, 1993; Lampert et al., 1994; Lürling, 1998; Lürling & Van Donk, 1999, Verschoor et al., 2004).

Una gran proporción de especies fitoplanctónicas de ambientes continentales pertenece a las algas verdes cocales (Chlorococcales s.l.). El escaso conocimiento de la variabilidad morfológica de la mayoría de estas especies, junto al elevado grado de incertidumbre en la determinación de ciertas especies de elevada complejidad taxonómica, probablemente sean dos de los factores que dificulten la interpretación de los datos de filogenia molecular que en la actualidad (Buchheim et al., 2001; Krienitz et al., 2001; Fawley et al., 2005...) pretenden una ordenación filogenética de las especies incluidas en este interesante y primitivo grupo de algas verdes.

Quizás uno de los grupos más complejos, desde el punto de vista de la taxonomía morfológica clásica, sea la familia Selenastraceae, donde si bien los datos moleculares indican su carácter monofilético dentro de las clorofíceas, los caracteres morfológicos considerados hasta ahora no parecen ser los más adecuados para segregar las entidades genéricas que en los últimos años se han intentado diferenciar (*Ankistrodesmus*, *Kirchneriella*, *Monoraphidium*, *Pseudokirchneriella*, *Selenastrum*, *Raphidocelis*, etc.). Paradójicamente estos mismos datos apuntan un incremento de la diversidad específica (Fawley et al., 2005). Krienitz et al.

(2001) plantean la vuelta a las antiguas entidades taxonómicas (*Ankistrodesmus* s.l., *Kirchneriella* s.l., etc.) que volverían a englobar a un buen número de los actuales géneros. Si bien esta situación facilitaría la ubicación y determinación de ciertos taxa, dejaría sin explicación la amplia variabilidad morfológica observada en determinadas especies de amplia distribución, lo que nos impediría comprender el verdadero valor ecológico de sus morfotipos, probablemente ligados a diferentes condiciones ambientales.

En este sentido consideramos prioritario estudiar y dar a conocer el rango de variabilidad morfológica de aquellos taxa que muestran una elevada plasticidad fenotípica, haciendo especial énfasis por una parte en la definición de los caracteres taxonómicos más claramente diferenciadores y por otra en los caracteres ambientales que generan cada morfotipo. En este sentido, el principal objetivo de este trabajo es estudiar la variabilidad morfológica de *Kirchneriella subcapitata* Koršikov, una de las especies que ha sido objeto de identificaciones más inadecuadas (Nygaard et al., 1986), presentando a la vez la peculiaridad de ser uno de los taxa que más frecuentemente ha sido utilizado en procesos de bioensayos, si bien bajo diferentes denominaciones taxonómicas. Marvan et al. (1984), considerando la presencia de pirenoide como un carácter genérico, deciden incluir en el género *Raphidocelis* todas las especies de *Kirchneriella* que no lo presentan. Hindák (1988) propone en cambio el nombre *Kirchneria* para las especies que no presentan pirenoide y que tienen la pared celular lisa (ya que *Raphidocelis* fue descrito especies con granulaciones en la pared). El nuevo nombre propuesto por Hindák no es válido, ya que previamente había sido utilizado para otro taxon. Por este motivo, Hindák (1990) propone un nuevo género: *Pseudokirchneriella*, para incluir este grupo de especies. En vista de los resultados moleculares (Krienitz et al., 2001), consideramos más adecuado retomar el nombre original de la especie: *Kirchneriella subcapitata* Koršikov. En este capítulo se pretende poner de manifiesto la variabilidad morfológica de este taxon bajo diferentes condiciones de

cultivo, estableciendo de esta forma unos rangos específicos de variabilidad experimental para esta plástica especie cocal.

1.2. MATERIAL Y MÉTODOS

El cultivo unialgal de *Kirchneriella subcapitata* Koršikov se inició a partir de una muestra natural recolectada en el embalse de El Renegado (Ceuta). Esta población se mantuvo en el laboratorio usando frascos de cultivo de tejidos de 50 ml de capacidad. Para su mantenimiento se usaron los dos medios de cultivo más frecuentemente utilizados en ficología: Bold Basal Medium (BBM) y Blue Green 11 (BG11). La composición de ambos medios se detalla en la Tabla 9. Una muestra fijada está depositada en el Herbario de la Universidad de Granada como GDA 3668 y el cultivo vivo se mantiene en la colección de algas del Departamento de Botánica de la misma Universidad.

La especie requirió para su mantenimiento una resiembra continuada a fin de mantener una cantidad suficiente de sales nutritivas que permitiera su crecimiento. Para ello, 2 ml de cultivo se transferían a un nuevo frasco de cultivo de células con 20 ml de medio de cultivo cada 30 días.

Durante el mantenimiento de las algas siempre se trabajó en condiciones de máxima asepsia, con material estéril desechable. El material de vidrio utilizado era lavado previamente con una solución diluida de ácido sulfúrico y posteriormente autoclavado a 120°C durante 20 minutos.

Para evitar los riesgos de contaminación bacteriológica siempre se trabajó en cabina de flujo laminar provista de luz U.V. (germicida).

Tabla 9. Composición de los medios de cultivo utilizados.

A. Bold Basal Medium (BBM). Tomado de Nichols and Bold (1965).		
1L		
MACRONUTRIENTES		
NaNO ₃	10g/400ml	10ml
CaCl ₂ ·2H ₂ O	1g/400ml	10ml
MgSO ₄ ·7H ₂ O	3g/400ml	10ml
K ₂ HPO ₄	3g/400ml	10ml
KH ₂ PO ₄	7g/400ml	10ml
NaCl	1g/400ml	10ml
EDTA	50g/l	1ml
KOH	31g/l	1ml
FeSO ₄ ·7H ₂ O	4.98g/l	1ml
H ₂ SO ₄	1ml/l	1ml
H ₃ BO ₃	11.42g/l	1ml
MICRONUTRIENTES		
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8.82g/l	1ml
MnCl ₂ ·4H ₂ O	1.44g/l	1ml
MoO ₃	0.71g/l	1ml
CuSO ₄ ·5H ₂ O	1.57g/l	1ml
Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0.49g/l	1ml
B. Blue Green Medium (BG11). Tomado de Rippka et al. 1979).		
1L		
NaNO ₃		1500mg
K ₂ HPO ₄		31.4mg
MgSO ₄		36mg
CaCl ₂ ·2H ₂ O		36.7mg
Na ₂ CO ₃		20mg
EDTA-Na ₂ Mg		1mg
Ácido cítrico		5.6mg
Citrato férrico-amónico		6mg

Experimentos de variabilidad

Para describir las características del crecimiento poblacional de *Kirchneriella subcapitata*, dos inóculos de 10 ml fueron derivados del cultivo inicial en BBM y transferidos a dos matraces Erlenmeyer conteniendo 250 ml de medio de cultivo fresco: en un caso BBM y en el otro BG11. Estos cultivos se mantuvieron durante 12 días en las mismas condiciones iniciales, pero con aireación constante. Tras una agitación suave, 1 ml de cultivo fue extraído cada 24 horas y sedimentado en una cámara de Utermöhl para cuantificar el número total de células por mililitro y el porcentaje de cada modelo celular.

Microscopía óptica

Las células fueron observadas con un microscopio óptico Zeiss Axiovert 35. Para determinar los modelos celulares existentes y su porcentaje respecto al total, se tomó 1 ml de cada frasco y se dejó sedimentar en una cámara de Utermöhl. Una vez sedimentado se procedió al recuento del porcentaje de los distintos modelos celulares que aparecían en 100 campos a 100x. Asimismo se midieron 30 células de cada modelo para tener un número de mediciones estadísticamente válido. Los parámetros que se midieron de cada célula fueron diferentes según el modelo celular y son los que se detallan en la Figura 13.

Se calculó la media y desviación estándar de todos los parámetros medidos, y se realizaron análisis ANOVA de una vía para determinar la influencia del medio de cultivo. Para los análisis se utilizó el programa informático STATISTICA 6.0.

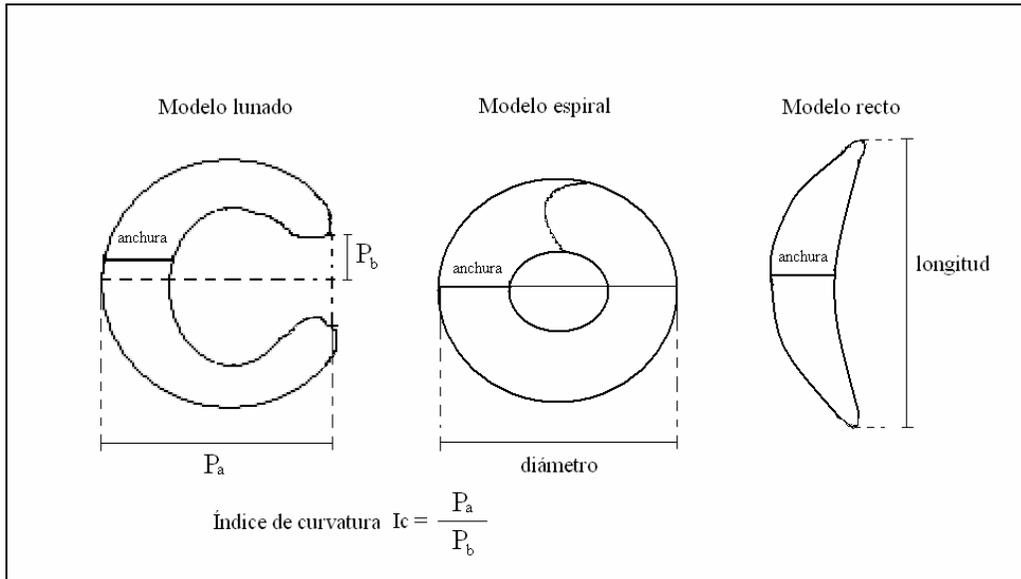


Figura 13. Modelos celulares considerados y parámetros que se midieron de cada uno de ellos.

Microscopía electrónica

Microscopía electrónica de transmisión (MET)

Las muestras procedentes de los cultivos unialegales se centrifugaron para obtener un concentrado celular que posteriormente se sometió a los procesos de fijación, deshidratación e inclusión que a continuación se indican. Los cortes ultrafinos se estudiaron a microscopía electrónica de transmisión, donde se estudió su constitución citológica.

Preparación de la muestra:

1. Fijación

La metodología empleada ha sido la utilizada por Jiménez-Pérez (2001). Se han usado los fijadores químicos que se describen a continuación:

Glutaraldehído/Paraformaldehído. Se ha usado como fijador unja mezcla de glutaraldehído y paraformaldehído, ya que ambos fijadores juntos incrementan la buena preservación del tejido (Karnovsky, 1965). La mezcla usada fue de 2% paraformaldehído y 2,5% de glutaraldehído en tampón cacodilato a 0,1 M.

Preparación: Se disolvieron 5g de paraformaldehído en 8 ml de agua destilada y se añadió 12,5 ml de tampón cacodilato 0,2 M. Se mezclaron en un baño María para que se disolviera el paraformaldehído y se añadieron gotas de sosa (1 N NaOH) hasta su disolución total. Se dejó enfriar en frigorífico y se añadieron 2,5 ml de glutaraldehído 25%. Finalmente, se ajustó el pH a 7,3 y se enrasó a 25 ml.

Procedimiento:

- Se sumergió el material en el fijador durante 2 h a temperatura ambiente.

- Se lavó el material fijado en el mismo tampón cacodilato 3 veces durante 2 h.

A partir de cada muestra se obtuvieron dos alícuotas, que se trataron de forma diferente:

1. Tetróxido de osmio. Se realizó una postfijación después de la fijación. Se utilizó tetróxido de osmio (OsO_4) al 1% en el mismo tampón cacodilato empleado en la prefijación.

2. Rojo de rutenio. Colorante específico de mucopolisacáridos. Se utilizó para fijar las previsible vainas que pudieran existir en las células.

2. Deshidratación

Posteriormente se procedió a la deshidratación mediante una serie gradual de soluciones de etanol, al 30%, 50%, 70%, 90% y 100%.

3. Inclusión

Las muestras se incluyeron en una resina sintética Epon para la observación de la ultraestructura.

4. Microtomía

En primer lugar se hicieron cortes semifinos de espesor de 1 μm aproximadamente que se colocaron en un portaobjetos sobre una gota de agua y se pusieron en una placa calefactora a 37° C que ayudaría a evaporarse lentamente la gota mientras el corte se extendía y se adhería al portaobjetos. Una vez seleccionada la zona de interés se cortó de nuevo con el ultramicrotomo, esta vez para obtener cortes ultrafinos de un espesor entre 60 y 90 nm.

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Una alícuota de cada una de las muestras, una vez deshidratadas, se dejó secar y se metalizó con oro. Luego se observó a MEB.

1.3. RESULTADOS

Variabilidad morfológica

La especie es unicelular, con células solitarias de morfología variable (Figura 14), cilíndricas, un poco atenuadas en los extremos, a veces unidas en grupos por un mucílago irregular. El cloroplasto es parietal, cubriendo casi todo el interior celular, con una hendidura en el centro, sin pirenóide visible al microscopio óptico. La reproducción se produce mediante la formación de (2)-4 autósporas (Figura 14f) que se liberan de la célula materna por una ruptura subapical dorsal de su pared celular. Las células miden entre 5 y 9 μm en su eje longitudinal mayor por 1,5 a 4 μm de

anchura. En todos los cultivos, tanto en BBM como en BG11, han aparecido tres modelos celulares distintos (Figura 14):

- células lunadas, curvadas forma semicircular, con los extremos más o menos separados.
- células espirales, con más de 360 grados de curvatura y cuyos extremos se solapan.
- células rectas, sin curvatura o muy levemente arqueadas.

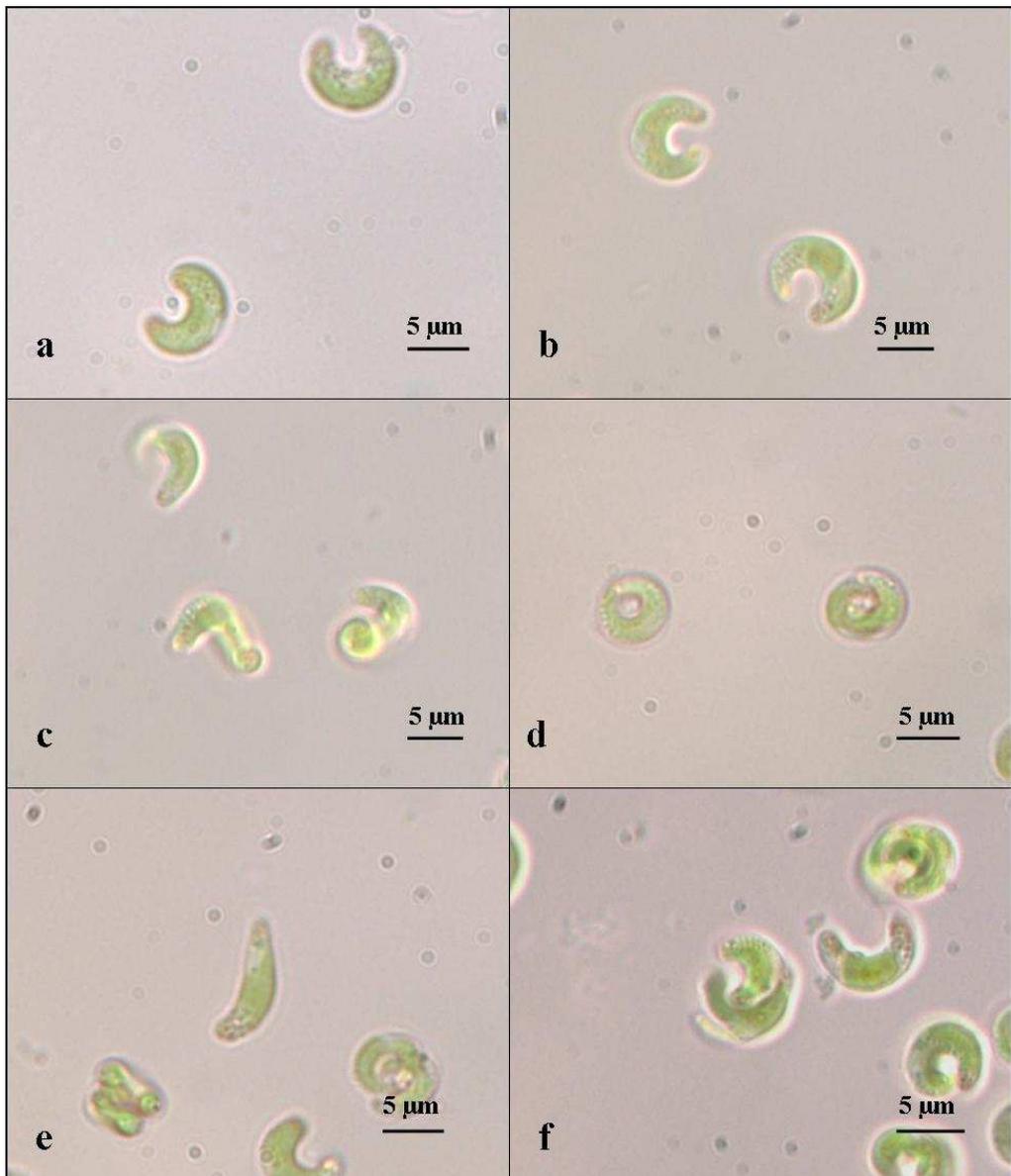


Figura 14. Morfotipos celulares a microscopía óptica. a, b- Células lunadas. c, d - Células espirales. e - Célula recta. f - Formación de autósporas.

Crecimiento y tipos celulares

Crecimiento en estanco con aireación

Se estudió el crecimiento celular observado en ambos medios de cultivo. Para su cuantificación se consideraron únicamente las células adultas. En BG11 dominan claramente (más del 70%) las formas lunadas a partir del tercer día de cultivo, manteniéndose así hasta el final del experimento (Figura 15). En el caso del cultivo en BBM la morfología dominante en las células adultas es la espiral, superando el 80% en todo el periodo de estudio (Figura 16). En estos cultivos no aparecen células de morfología recta.

La curva de crecimiento de *Kirchneriella subcapitata* en BG11 (Figura 17), iniciada en medio fresco a partir del cultivo stock, no mostró fase de aclimatación, ya al tercer día de ser inoculada la población incrementó 5 veces. La tasa intrínseca de crecimiento poblacional en la fase exponencial fue baja: $r = 0,317 \text{ d}^{-1}$. La densidad máxima observada (45 veces más células que en el inicio) se alcanzó a los 12 días de iniciado el cultivo, siendo de 14×10^6 céls/ml, habiendo partido de una densidad de 3×10^5 céls/ml.

En medio BBM, la curva de crecimiento (Figura 18) mostró un comportamiento irregular. Muestra una fase de aclimatación inicial durante los tres primeros días, iniciando a partir de aquí un periodo de escaso y lento crecimiento. La tasa intrínseca de crecimiento poblacional fue muy baja ($r = 0,097 \text{ d}^{-1}$). La densidad máxima (3,8 veces más células que en el inicio) se alcanzó también a los 12 días de iniciado el cultivo y luego éste se estabilizó.

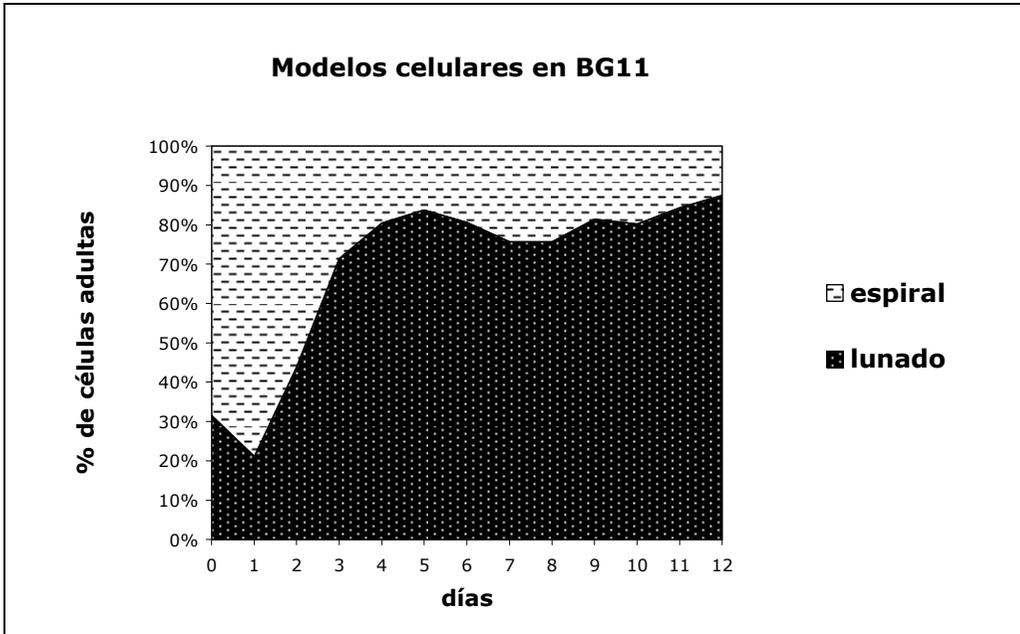


Figura 15. Porcentaje de los dos modelos celulares sobre el total de células adultas del cultivo en BG11.

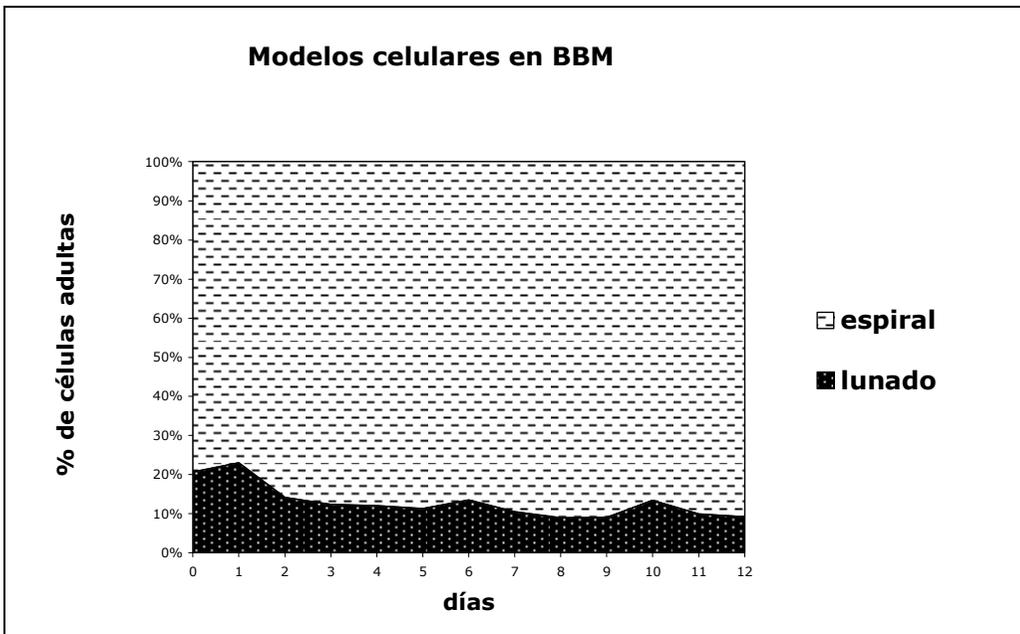


Figura 16. Porcentaje de los dos modelos celulares sobre el total de células adultas del cultivo en BBM.

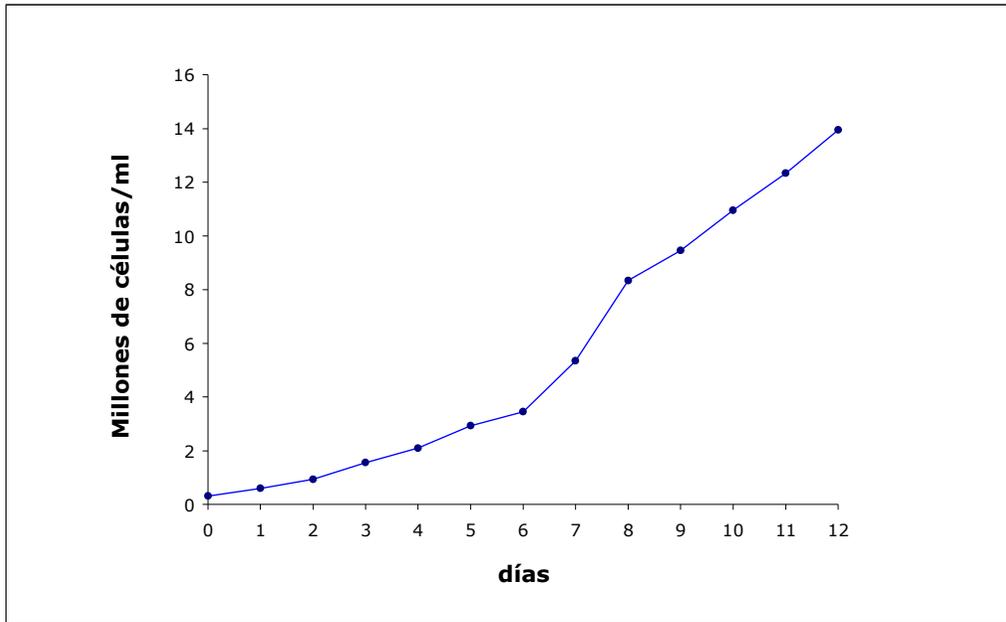


Figura 17. Crecimiento de células de *Kirchneriella subcapitata* en medio BG11.

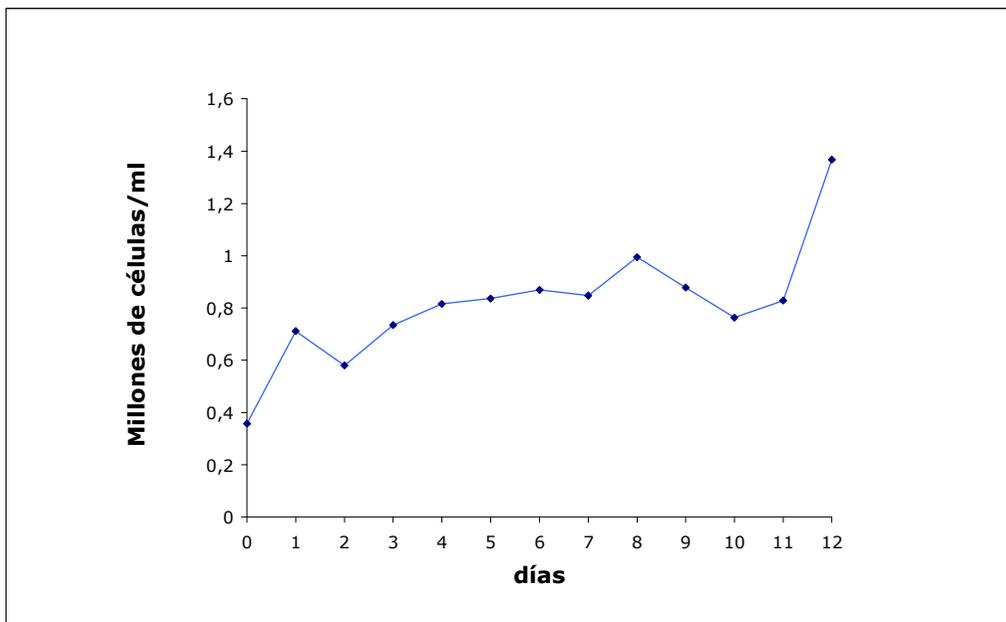


Figura 18. Crecimiento de células de *Kirchneriella subcapitata* en medio BBM.

Crecimiento a corto plazo (en frascos de tejidos)

De forma similar a lo observado en los cultivos estancos con aireación, en los frascos con BG11 la morfología celular dominante es la lunada, mientras las células de morfología recta suponen entre un 5 y 12%. El biotipo de morfología espiral no llega a alcanzar el 10% del total. En cambio, en los cultivos en BBM, la morfología dominante es la espiral, siempre con más de un 80% del total de células, mientras la lunada no llega al 20% y las rectas prácticamente no aparecen (menos del 1%) (Figura 19). Realizando análisis ANOVA hemos comprobado que las diferencias causadas por el medio de cultivo utilizado en el experimento son significativas.

La Tabla 10 muestra un resumen de todas las medidas tomadas para cada modelo celular. Se observa que el índice de curvatura (I_c) es mayor en BBM que en BG11, por el contrario P_b es mayor en BG11. También es posible observar que las células espirales son de mayor tamaño (diámetro y anchura) en BBM, pero los datos presentan una amplitud demasiado elevada como para ser estadísticamente significativos.

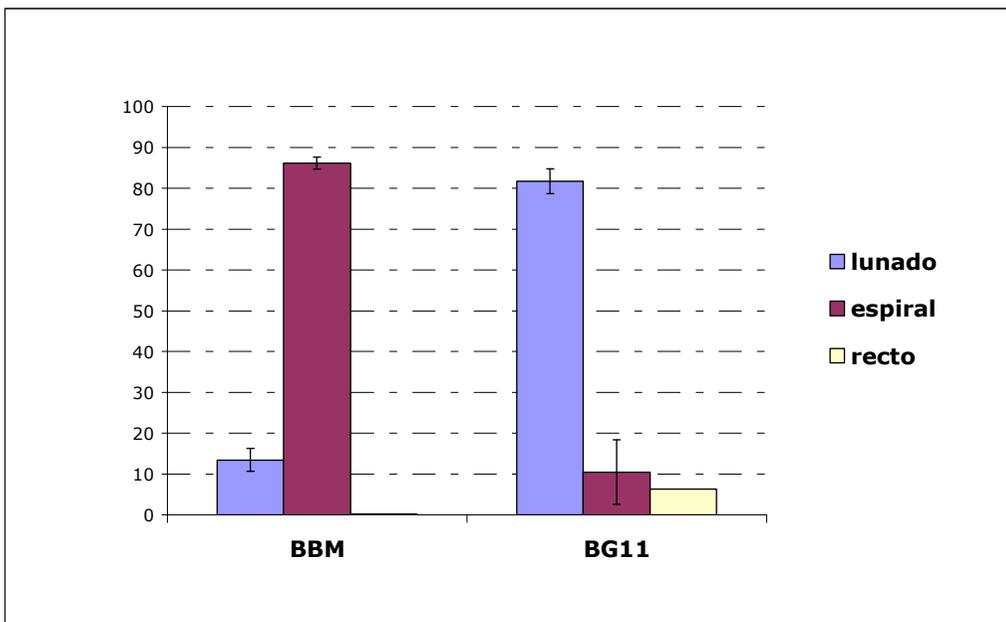


Figura 19. Porcentajes de los diferentes modelos celulares en ambos medios.

Tabla 10. Medidas (en μm) tomadas de los tres modelos celulares presentes en los cultivos. Se presentan las medias y desviación estándar de 30 células de cada modelo.

Modelo celular	Parámetro	BG11	BBM
Lunado	Pa	5,48 \pm 0,5	5,57 \pm 0,5
	Pb	1,67 \pm 0,5	0,98 \pm 0,4
	Ic	3,64 \pm 1,5	6,87 \pm 2,9
	Anchura	1,9 \pm 0,3	1,97 \pm 0,4
Espiral	Diámetro	6,14 \pm 1,0	6,58 \pm 0,8
	Anchura	1,86 \pm 0,4	2,29 \pm 0,5
Recto	Longitud	7,85 \pm 1,2	6,75 \pm 0,7
	Anchura	2,09 \pm 0,3	2,13 \pm 1,1

Ultraestructura

El estudio citológico se llevó a cabo tanto sobre los organismos cultivados en BBM como en BG11. La figura 20 muestra el aspecto externo de las células a microscopía electrónica de barrido. Con el objeto de poder estudiar la envoltura mucilaginosa que, teóricamente, presenta la especie, y no visible a microscopía óptica, se procedió a su tinción con un colorante específico de polisacáridos: rojo de rutenio, con el que se pueden observar una serie de pliegues sobre la superficie celular (Figura 20: b, d), probable consecuencia de esta fijación específica. Sólo en las muestras procedentes del cultivo con BBM fue posible observar la presencia de envoltura mucilaginosa en muestras no tratadas para este fin (Figura 20c). El estudio a microscopía electrónica de transmisión muestra una pared celular con una estructura claramente estratificada (Figura 21) constituida por una fina capa superficial densa a los electrones, una segunda transparente y una tercera, la más gruesa, electrón-densa y finamente granulada (Figura 21: c, d).

Del resto de los caracteres citológicos destaca el cloroplasto, que ocupa la mayor parte de la periferia del citoplasma (Figura 21a), mostrando

una hendidura en su zona central, donde suele disponerse el núcleo. En su interior se diferencian claramente los gránulos de almidón y los tilacoides, ambos de fácil observación. También en el interior del cloroplasto se puede diferenciar el pirenoide (Figura 21b), que ha mostrado un enorme grado de variabilidad y al que pueden o no estar asociados gránulos de almidón.

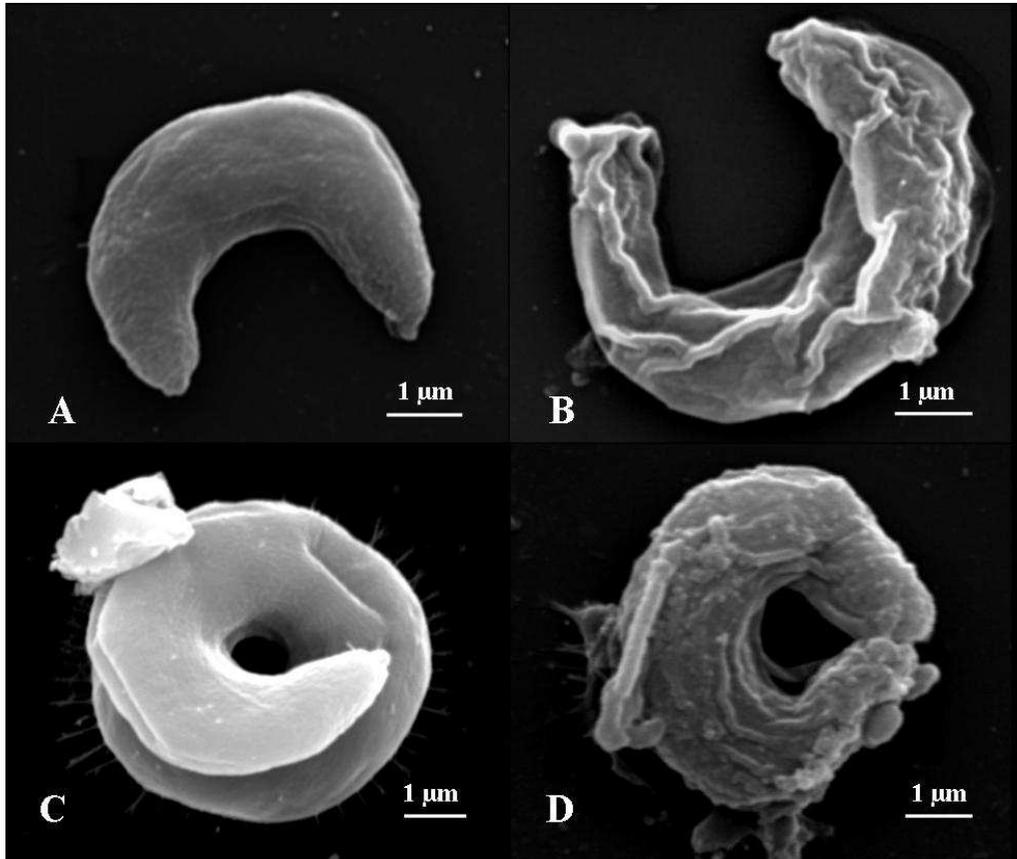


Figura 20. Morfología celular y detección de envoltura mucilaginosa en las diferentes condiciones estudiadas. A-B: BG11, C-D: BBM. (Las figuras A, C con tratamiento convencional, B, D con rojo de rutenio).

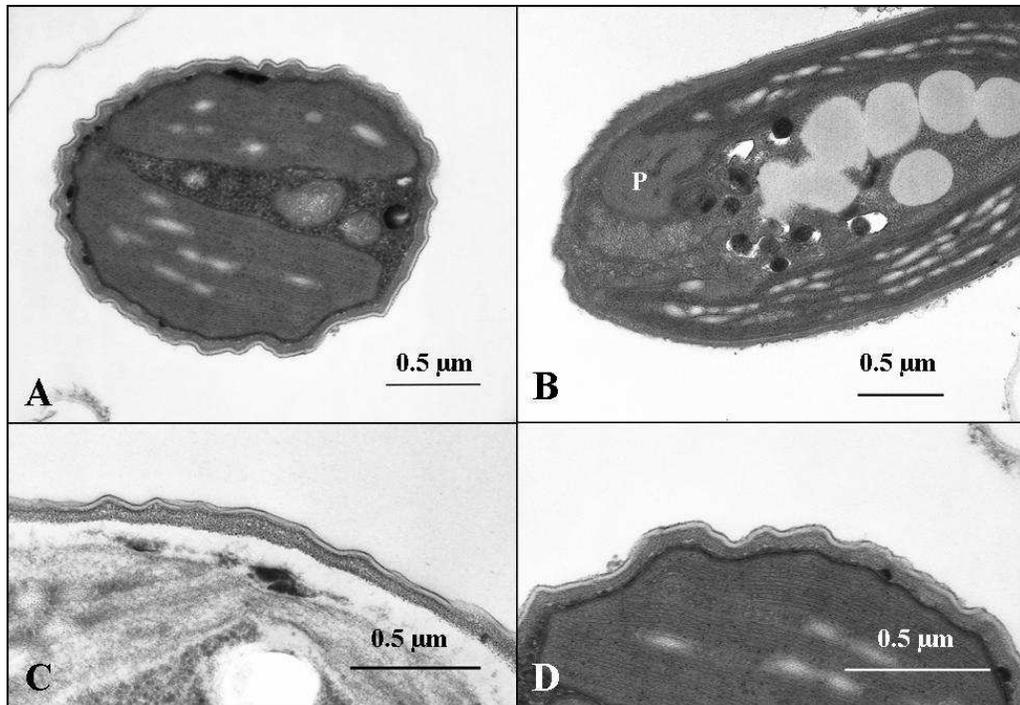


Figura 21. Estructura de la pared celular y pirenoide desnudo. A: corte transversal de una célula, B: detalle del pirenoide en la parte apical de la célula, C y D: detalles de la pared celular mostrando la estructura estratificada de la misma (C muestra la pared celular separada del resto de la célula, mientras que en D se observa unida a la membrana citoplasmática).

1.4. DISCUSIÓN

Consideraciones taxonómicas

La población aislada del medio natural presenta las características propias de la especie *Kirchneriella subcapitata*. Esta especie, según la literatura suele formar pequeñas colonias de células rodeadas por una envoltura mucilaginosa, pero en determinadas condiciones las células pueden perder esa envoltura mucilaginosa. En nuestro caso, la especie presenta células aisladas y la envoltura mucilaginosa alrededor no se detecta a microscopía óptica, pero sí hemos encontrado algunas

aglomeraciones irregulares con mucílago. Otro carácter diferencial respecto a *K. subcapitata* es la forma de los extremos celulares (Komárek & Fott, 1983, Hindák, 1984, 1988). La típica *K. subcapitata* tiene uno o ambos polos celulares capitados, mientras en la nuestra generalmente no se ensanchan, pero ya en la literatura se dice que éste no es un carácter constante. Nygaard et al. (1986) indican que este carácter es una ilusión óptica que se produce debido a que los ápices en ocasiones se curvan en una dirección subparalela al eje longitudinal de la espiral.

El género *Raphidocelis* (sensu Marvan et al., 1984) incluye una serie de especies que pueden presentar una morfología similar a nuestra población. Concretamente, existe una especie, *Raphidocelis van-goori* Nygaard, Komárek, Kristiansen et Skulberg, que tiene unos caracteres morfológicos muy similares a nuestra especie; Hindák (1988) describe una de sus poblaciones y resalta su parecido con *K. subcapitata*. Las dos especies presentan dimensiones similares y el cloroplasto en la zona ventral de la célula, pero en *R. van-goori* los extremos celulares capitados no son tan frecuentes como en *K. subcapitata*. Esto nos llevaría a pensar que nuestra especie se acerca más a *R. van-goori*, pero esta especie, tras la formación de las autósporas, presenta la ruptura de la célula materna en la parte central de la célula. Este último es el principal carácter distintivo entre estas dos especies, y es estable, a diferencia de la forma de los extremos celulares. En nuestro caso, la apertura de la célula materna es claramente dorso-apical, por uno o ambos extremos. *K. subcapitata* es la única especie de la familia Selenastraceae que presenta la ruptura de la célula materna para liberar las autósporas en el extremo celular, el resto se abren longitudinal o transversalmente, pero en la zona central de la célula (Komárek & Fott, 1983, Hindák, 1984, 1988). Por esta razón, a pesar de las diferencias ya comentadas, asumibles dentro de la variabilidad morfológica de la especie, incluimos nuestra población dentro de la especie *K. subcapitata*.

Variabilidad celular de *K. subcapitata*

Como hemos comentado en el apartado Resultados, en todos los cultivos, incluso los realizados para estudiar el crecimiento, los modelos celulares lunados y espirales han sido mayoritarios. El modelo recto sólo ha supuesto un porcentaje considerable sobre el total de células en el cultivo sin aireación en BG11. En el caso de los cultivos estancos, no aparecen las formas rectas, únicamente las espirales y lunadas.

Tanto en los cultivos en BG11 como en BBM, las células dominantes en todo el periodo de crecimiento estudiado fueron las autósporas, lógico puesto que tuvimos en cuenta sólo la fase de crecimiento exponencial. En cuanto a las células adultas, vemos una gran diferencia entre los dos medios utilizados. A pesar de que en ambos cultivos en el inicio había un porcentaje mayor de células espirales (los dos procedían de un cultivo en BBM), a partir del tercer día en BG11 empiezan a dominar las formas lunadas y en BBM se acentúa la dominancia de la morfología espiral (Figuras 15 y 16). Por lo tanto, parece que el medio BG11 favorece la aparición de la forma lunada y el BBM de la espiral. En el medio BBM el nitrógeno es muy escaso en relación al fósforo, es posible que el morfotipo espiral sirva a la célula para aumentar la relación superficie: volumen para capturar el nitrato del medio. El BG11, por el contrario, es un medio basado en el nitrato (Ritchie et al., 1997), (Tabla 11).

En general, observamos que las células espirales que han crecido en medio BBM son más grandes y las lunadas son células más curvadas (mayor I_c) que las de BG11. Sin embargo, como ya hemos comentado, no podemos obtener aún conclusiones definitivas sobre estas medidas porque los resultados obtenidos no son estadísticamente significativos. Sería necesario continuar experimentando con esta y otras poblaciones, variando la concentración de nutrientes, para tratar de determinar el efecto del ambiente en el tamaño celular y ver el rango de variabilidad de la especie en este sentido.

Nygaard et al. (1986) describen una variabilidad morfológica similar a la detectada en este trabajo pero, a diferencia de nuestros resultados, ellos obtienen el morfotipo lunado cuando realizan el cultivo a 20°C, mientras que el espiral lo consiguen a temperatura de 30°C. En nuestro caso la temperatura se mantuvo constante a 16°C siendo la variable más evidente la distinta concentración y proporción de nitrógeno y fósforo.

Tabla 11. Relación entre los morfotipos dominantes en ambos medios y las principales características químicas.

Medio de cultivo	Morfotipo dominante	Relación N/P inorgánico	Micronutrientes
BG11	lunado 81,7%	97,77	-----
BBM	espiral 86,1%	1,72	ZnSO ₄ MnCl ₂ MoO ₃ CuSO ₄ Co(NO ₃) ₂

La envoltura mucilaginosa

El estudio citológico ha puesto de manifiesto la existencia de una estructura altamente variable: la envoltura mucilaginosa. La envoltura mucilaginosa es uno de los caracteres propio de géneros como *Kirchneriella* y *Raphidocelis*, por el que además se diferencian de otros géneros próximos como *Monoraphidium* y *Ankistrodesmus*, entre otros. Sólo ha sido posible su observación utilizando técnicas de microscopía electrónica, habiendo sido detectada solamente en los organismos que han crecido en BBM. La figura 22 muestra el aspecto de esta estructura mucopolisacáridica que cubre la

totalidad de la célula. La enorme vacuolización que se observa parece estar relacionada con la síntesis de esta sustancia, que se vertería en la proximidad de la membrana celular (Figura 22b) y posteriormente pasaría al exterior de la pared celular constituyendo una capa continua (Figura 22c).

El cultivo en BG11 mostró un buen crecimiento de la especie, mientras en BBM el crecimiento presentó muchas irregularidades. La tasa de crecimiento en los distintos medios de cultivo ha sido muy variable, probablemente debido al amplio grado de variabilidad morfológica-citológica detectado en sus poblaciones. En BBM la concentración celular alcanzó un grado de magnitud menos que en BG11. Debido a este escaso crecimiento del cultivo en BBM, donde aparecen las envolturas mucilaginosas, podemos pensar que el coste metabólico que supone la síntesis y excreción de estas sustancias podría estar relacionado con las diferentes tasas de crecimiento medidas para ambos cultivos. La presencia de envolturas mucilaginosas en las células desarrolladas en el cultivo de BBM puede, por tanto, ser la causa de la menor capacidad de crecimiento detectada en este cultivo. Distintos autores (Margalef, 1983; Reynolds, 1997) indican que una buena parte del carbono asimilado por el fitoplancton es excretado al medio, cuantificándose valores próximos al 60% del total del carbono asimilado.

En distintos estudios se ha comprobado que la relación N: P en el medio afecta a la producción de exudados por parte de muchas algas (Buzzelli et al., 1997; MacKenzie et al. 2002; Obernosterer & Herndl, 1995). Cuando esta relación se aleja de 16, se ve favorecida la aparición de mucílago alrededor de las células. En nuestro experimento la envoltura mucilaginosa aparece en el medio BBM, que presenta una relación N: P de tan sólo 1,72. El otro medio, BG11, también tiene una relación N: P muy alejada de 16, en este caso a favor del nitrógeno. A pesar de que, según los estudios citados, la formación de mucílago es más frecuente cuando la relación es a favor del nitrógeno, parece que nuestra especie se encuentra más fuertemente limitada por nitrógeno que por fósforo. En el estudio de MacKenzie et al. (2002), en cultivos de *Gonyaulax hyalina*, la limitación por

fósforo no es un requisito para la producción de elevadas cantidades de mucílago, que se dan en medios con concentraciones muy elevadas de este elemento.

Posiblemente, algunos micronutrientes presentes en BBM también afecten a la composición del mucílago, como sucede en el caso de *Chlorella sorokiniana* (Watanabe et al., 2006). Para dilucidar las verdaderas causas de la formación de la envoltura mucilaginoso son necesarios más estudios experimentales utilizando medios que difieran únicamente en uno de sus componentes o en la relación N: P, como ya hicieron Obernosterer & Herndl (1995) con la diatomea *Chaetoceros affinis*.

Teniendo en cuenta que la formación de mucílago se ve afectada por la composición del medio, pensamos que la utilización de esta estructura como carácter taxonómico puede llevarnos a conclusiones taxonómicas erróneas.

Todos estos datos ponen de manifiesto la necesidad de combinar los estudios morfológicos con estudios experimentales y moleculares, para poder obtener una clasificación que verdaderamente refleje las relaciones filogenéticas entre las especies.

Según nuestros resultados, así como los obtenidos por Nygaard et al. (1986), la variabilidad morfológica de *K. subcapitata* quedaría ligada tanto a parámetros físicos (temperatura) como químicos (N/P). Así las formas lunadas serían dominantes en ambientes de temperatura baja y moderada (10-20°C) y con relación N/P baja, mientras que las formas espirales se darían en ambientes cálidos (20-30°C) con una relación N/P alta.

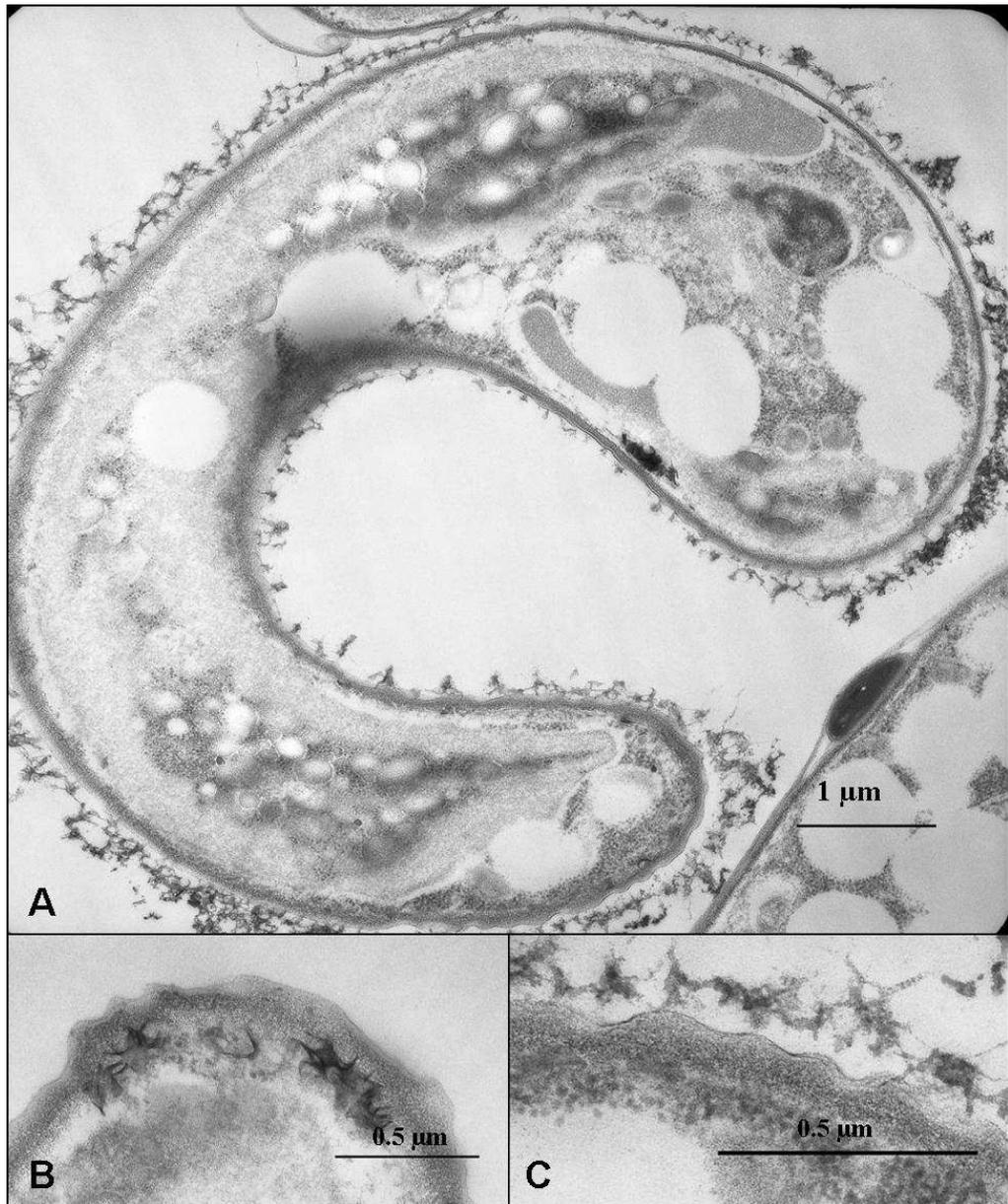


Figura 22. Estructura y formación de la envoltura mucilaginosa. A: sección longitudinal de una célula lunada mostrando envoltura, B: acumulación del material de la envoltura bajo la membrana celular, C: detalle de la envoltura sobre la pared celular.

2. ESTUDIO DE UNA POBLACIÓN DE VIDA LIBRE DE TREBOUXIA CF. GIGANTEA (TREBOUXIOPHYCEAE) FORMADORA DE NIEVE ROJA

2.1. INTRODUCCIÓN

Todas las especies conocidas del género *Trebouxia* forman parte de simbiosis líquénicas, de cuyo estudio (Gärtner, 1985; Friedl, 1989; Tschermak-Woess, 1989; Ahmadjian, 1993; Takeshita, 2001) se ha obtenido una amplia documentación. Para algunos autores (Ahmadjian, 1993) las especies de *Trebouxia* constituyen el ficobionte de gran parte de las especies de líquenes conocidas; su amplia distribución entre los líquenes, junto a la escasa documentación de poblaciones de vida libre, ha hecho que ciertos autores mantengan la hipótesis de que sus especies sólo pueden vivir en asociaciones líquénicas (Ahmadjian, 1993, 2001). Por el contrario, otros estudios han puesto en evidencia la existencia de poblaciones de *Trebouxia* de vida libre (Tschermak-Woess, 1978; Bubrick et al., 1984; Mukhtar et al., 1994; Sanders, 2005), si bien éstas eran tan escasas que algunos autores se inclinaban a pensar que se tratara de poblaciones procedentes de talos líquénicos e incluso que pudieran estar ligados a hifas de hongos (Ahmadjian, 1988, 1993).

Este conjunto de estudios ha generado un interesante debate entre ficólogos y liquenólogos, que aún en la actualidad permanece abierto. Uno de los principales temas de discusión está directamente relacionado con la identidad biológica de las especies de *Trebouxia*, para las que se ha cuestionado tanto la posibilidad de vida libre como la misma existencia del género *Trebouxia* a nivel de entidad taxonómica real (Ahmadjian, 1993). La posibilidad de formación de quistes asexuales también se ha planteado sobre este conjunto de especies ficobiontes (Sanders, 2005), si bien hasta ahora no se han descrito ni estudiado.

Hasta ahora las investigaciones sobre estos tópicos no han sido concluyentes, probablemente porque no se abordaban a partir de poblaciones de vida libre.

El fenómeno de la nieve roja es común en las zonas polares y de alta montaña de todo el planeta, su estudio ha puesto de manifiesto la existencia de numerosas especies bien adaptadas a este hábitat criófilo. Durante años hemos observado este fenómeno en ciertas zonas de las cumbres de Sierra Nevada, y tras su estudio microscópico sólo habíamos podido constatar que la nieve roja está formada básicamente por una considerable cantidad de quistes rojos de gran tamaño y de imposible catalogación taxonómica. Las muestras de nieve roja tomadas en la primavera de 2006 fueron cultivadas, obteniendo al cabo de un tiempo una importante población de *Trebouxia* con las características típicas del género y sin ningún tipo de conexión fúngica. Tras realizar el aislamiento de dicha población hemos procedido a caracterizarla y a profundizar en sus propiedades biológicas, lo que nos ha permitido obtener nuevos datos que pueden contribuir a aclarar el debate sobre *Trebouxia*. Una vez conseguida la germinación de los quistes y la obtención de la población vegetativa, nuestros objetivos fueron: a) caracterizar las células adultas obtenidas y encuadrarlas en alguna de las especies conocidas, b) establecer los procesos de reproducción responsables del crecimiento vegetativo de la población, y c) generar de nuevo los quistes, cerrando así el ciclo de reproducción asexual de estos organismos.

2.2. MATERIAL Y MÉTODOS

El material estudiado procede de una muestra de nieve roja de Sierra Nevada sembrada en medio de cultivo Bold Basal Medium (BBM) (Nichols & Bold, 1965), cuya composición se detalla en la Tabla 9. Para facilitar el aislamiento de la especie se realizaron diluciones de la muestra en placa de pocillos y, una vez obtenido el cultivo unialgal se pasó a frascos de cultivo.

Una muestra fijada está depositada en el Herbario de la Universidad de Granada como GDA 3730 y el cultivo vivo se mantiene en la colección de algas del Departamento de Botánica de la misma Universidad.

Todos los frascos se mantuvieron en incubación en una cámara de cultivo a 18 °C de temperatura, con una intensidad de luz de $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ procedente de tubos fluorescentes "daylight" y un fotoperiodo de 14:10 L:O. La especie requirió para su mantenimiento una resiembra continuada a fin de mantener una cantidad suficiente de sales nutritivas que permitiera su crecimiento. Para ello, 2 ml de cultivo se transferían a un nuevo frasco de cultivo de células con 20 ml de medio de cultivo cada 30 días.

Durante el mantenimiento de las algas siempre se trabajó en condiciones de máxima asepsia, con material estéril desechable. El material de vidrio utilizado era lavado previamente con una solución diluida de ácido sulfúrico y posteriormente autoclavado a 120°C durante 20 minutos.

Para evitar los riesgos de contaminación bacteriológica siempre se trabajó en cabina de flujo laminar provista de luz U.V. (germicida).

Las células fueron observadas con un microscopio óptico invertido Zeiss Axiovert 35. Para determinar la posible presencia de almidón alrededor del pirenoide se utilizó la tinción con lugol.

Microscopía electrónica de transmisión (MET)

Las muestras procedentes de los cultivos unialgales se centrifugaron para obtener un concentrado celular que posteriormente se sometió a los procesos de fijación, deshidratación e inclusión que a continuación se indican. Los cortes ultrafinos se estudiaron a microscopía electrónica de transmisión, donde se estudió su constitución citológica.

Preparación de la muestra:

1. Fijación

La metodología empleada ha sido la utilizada por Jiménez-Pérez (2001). Se han usado los fijadores químicos que se describen a continuación:

Glutaraldehído/Paraformaldehído. Se ha usado como fijador unja mezcla de glutaraldehído y paraformaldehído, ya que ambos fijadores juntos incrementan la buena preservación del tejido (Karnovsky, 1965). La mezcla usada fue de 2% paraformaldehído y 2,5% de glutaraldehído en tampón cacodilato a 0,1 M.

Preparación: Se disolvieron 5g de paraformaldehído en 8 ml de agua destilada y se añadió 12,5 ml de tampón cacodilato 0,2 M. Se mezclaron en un baño María para que se disolviera el paraformaldehído y se añadieron gotas de sosa (1 N NaOH) hasta su disolución total. Se dejó enfriar en frigorífico y se añadieron 2,5 ml de glutaraldehído 25%. Finalmente, se ajustó el pH a 7,3 y se enrasó a 25 ml.

Procedimiento:

- Se sumergió el material en el fijador durante 2 h a temperatura ambiente.
- Se lavó el material fijado en el mismo tampón cacodilato 3 veces durante 2 h.
- Se realizó una postfijación después de la fijación. Se utilizó tetróxido de osmio (OsO_4) al 1% en el mismo tampón cacodilato empleado en la prefijación.

2. Deshidratación

Posteriormente se procedió a la deshidratación mediante una serie gradual de soluciones de etanol, al 30%, 50%, 70%, 90% y 100%.

3. Inclusión

Las muestras se incluyeron en una resina sintética Epon para la observación de la ultraestructura.

4. Microtomía

En primer lugar se hicieron cortes semifinos de espesor de 1 μm aproximadamente que se colocaron en un portaobjetos sobre una gota de agua y se pusieron en una placa calefactora a 37° C que ayudaría a evaporarse lentamente la gota mientras el corte se extendía y se adhería al portaobjetos. Una vez seleccionada la zona de interés se cortó de nuevo con el ultramicrotomo, esta vez para obtener cortes ultrafinos de un espesor entre 60 y 90 nm.

2.3. RESULTADOS

Caracterización morfológica de las células vegetativas

A partir de las células enquistadas con carotenos que hallamos en la nieve, se han desarrollado células vegetativas verdes, que se reproducen y crecen bien en condiciones de cultivo (Figura 23). Estas células son esféricas, en estado estacionario subesféricas, de entre 9 y 27 μm de diámetro (Tabla 12), con un gran cloroplasto central lobulado. Los lóbulos son anchos y con una incisión poco profunda, disponiéndose de forma tridimensional. Este tipo de estructura del cloroplasto pertenece al llamado "tipo *arboricola*" (Takeshita, 2001) y presenta un pirenóide sin envoltura continua de almidón. La pared celular es de grosor variable y en algunas células se engrosa al llegar el cultivo al estado estacionario, pudiendo alcanzar 1.5 μm . En la Tabla 12 se muestran las dimensiones medidas para las distintas formas celulares.

Tabla 12. Dimensiones celulares (en μm) de las distintas fases celulares medidas en la población mantenida en medio de cultivo BBM.

		Media	Mínima	Máxima	Desv. est.
Células adultas	(longitud)	16,4	9,0	27,0	3,98
	(anchura)	15,6	9,0	24,2	3,17
Paredes células adultas		0,9	0,5	1,5	0,23
Aplanósporas*	(diámetro)	5,6	4,0	7,0	0,75
Quistes	(diámetro)	19,4	10,0	30,0	6,71
Paredes quistes		3,0	1,0	6,0	1,21

* medidas antes de la liberación

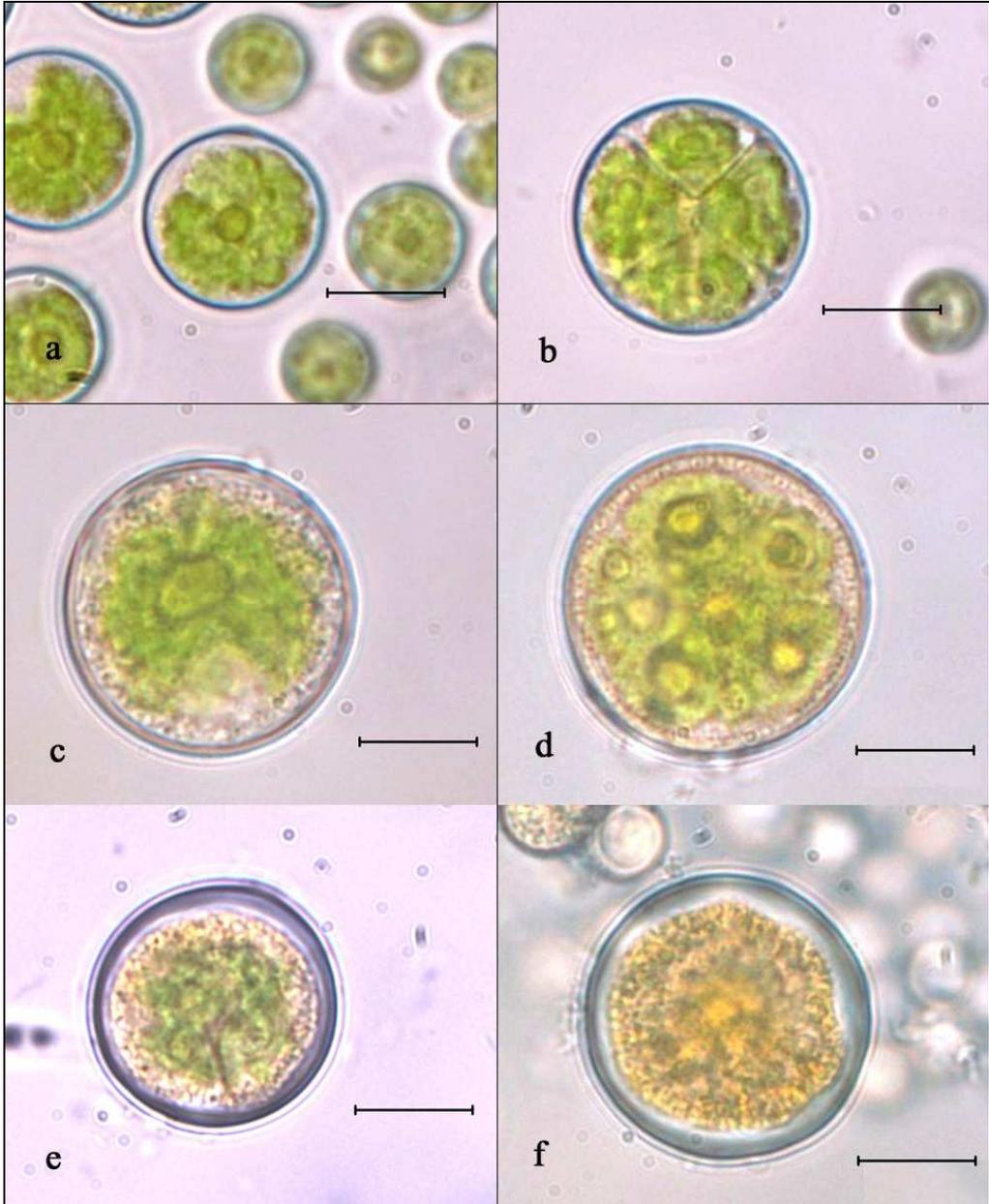


Figura 23. Células vegetativas y quistes de *Trebouxia* cf. *gigantea*. (a) Célula vegetativa. (b) Célula iniciando la división. (c-e) Proceso de enquistamiento. (f) Quiste completamente formado con pared celular engrosada. Escala, 10 μm .

Reproducción asexual: aplanósporas y autósporas

La reproducción asexual se produce por aplanósporas y por autósporas (Figura 24). La formación de aplanósporas es muy similar a la descrita para el resto de las especies: en primer lugar se dividen el pirenoide y el cloroplasto repetidamente y la división nuclear se da antes de la citoquinesis. La liberación de las esporas es mediante un poro que se forma en la pared del esporangio (Figura 24c). Las aplanósporas son totalmente esféricas, con un cloroplasto parietal, y tienen pared celular, las más pequeñas miden 4 μm (Tabla 12). Las autósporas se forman en número inferior a las aplanósporas, y su tamaño es mayor (Figura 24d). Su estructura celular, a diferencia de las aplanósporas, es la misma que en las células adultas.

En condiciones de estrés lumínico hemos observado ocasionalmente la formación de zoósporas atípicas esféricas o subesféricas, de 6 x 5-6 μm desnudas, con dos flagelos. No se han observado las típicas zoósporas piriformes descritas para este grupo.

Las células vegetativas que proceden de zoo- o aplanósporas son totalmente esféricas y suelen permanecer aisladas, mientras las autósporas quedan unidas en grupos (suelen formar tétradas o grupos de 8 células). Las autósporas, antes de su liberación de la célula madre, a menudo producen de nuevo aplanó- o autósporas, formando los llamados "complejos de esporangios" (Friedl, 1993) característicos de un restringido grupo de especies de *Trebouxia* (*T. arboricola* Puymaly, *T. gigantea* (Hildreth et Ahmadjian) Gärtner, *T. impressa* Ahmadjian, *T. incrustata* Ahmadjian ex Gärtner, *T. showmanii* (Hildreth et Ahmadjian) Gärtner).

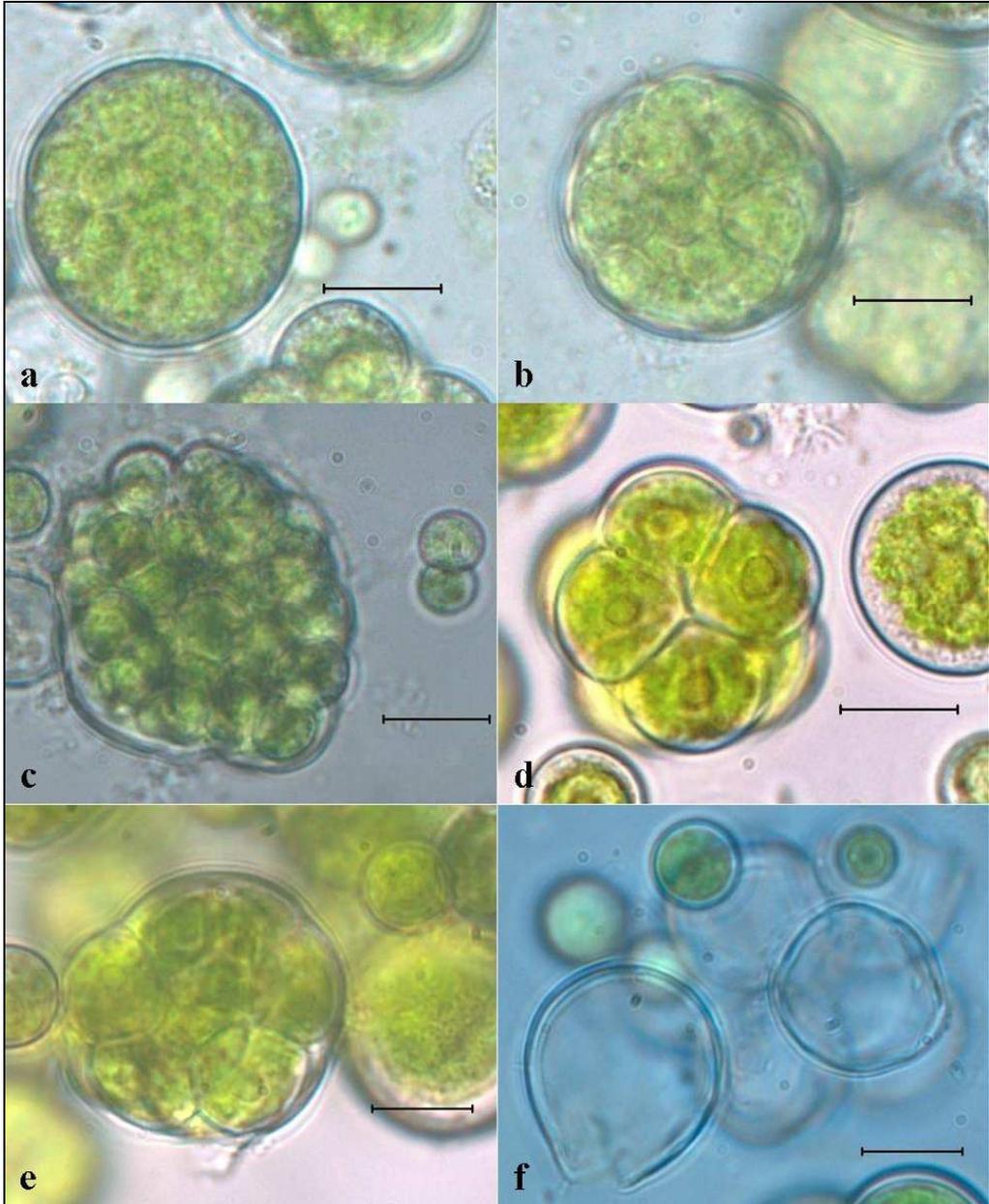


Figura 24. Reproducción asexual de *Trebouxia* cf. *gigantea*. (a, b) Formación de aplanósporas. (c) Liberación de aplanósporas. (d) Formación de autósporas. (e) Formación de complejo de esporangios. (f) Pared celular del complejo de esporangios tras la liberación de las esporas. Escala, 10 μm .

Quistes asexuales

Cuando el cultivo envejece y la concentración de nutrientes disminuye, el contenido de las células vegetativas se vuelve granuloso y éstas empiezan a producir carotenos que tiñen la célula de color anaranjado (Figura 23). Esta coloración aparece en primer lugar en la periferia del citoplasma hasta llegar a todo el interior celular. La pared de estos quistes es más gruesa que la de las células vegetativas, llegando hasta las 6µm. Presenta un aspecto homogéneo y denso, muy característico, solamente en aquellos quistes “muy envejecidos” es posible observar una clara estratificación.

Al mejorar de nuevo las condiciones del cultivo (adición de medio de cultivo), incluso tras un periodo de desecación, las células empiezan a reactivarse, recuperan su color verde original y vuelven a iniciar un periodo de crecimiento.

Ultraestructura

La pared celular es gruesa y estratificada y mide entre 0.5 y 1.5 µm, aunque su grosor es muy variable incluso en una misma célula. Esta pared presenta a lo largo de su superficie un delgado borde de material de aspecto fibrilar, que parece sufrir un continuo proceso de descamación. En el centro de la pared se observa una capa más densa que parece separar una zona interna de pared en formación, con numerosos espacios entre las microfibrillas, y otra capa externa más densa a partir de la cual se produce el proceso de descamación (Figura 25).

El citoplasma de las células ocupa una pequeña franja entre el cloroplasto y la membrana celular, y presenta una gran densidad, a lo largo de toda la membrana celular aparecen vesículas de exocitosis.

El citoplasma incluye mitocondrias, ribosomas, filamentos de retículo endoplasmático y dictiosomas, así como distintos tipos de vacuolas, algunas de las cuales, de mayor tamaño, contienen cuerpos electrodensos más o menos esféricos, probablemente carotenos.

El cloroplasto presenta una disposición central, es muy lobulado y ocupa la mayor parte del interior celular. Los tilacoides son numerosísimos y se encuentran formando paquetes muy densos tipo grana. Las células vegetativas tienen uno o varios pirenoides dentro del cloroplasto. Los pirenoides son desnudos, no presentan envoltura de almidón continua. El almidón se deposita en pequeños gránulos en el estroma del cloroplasto o, en algunas ocasiones, concentrado alrededor del pirenoide, pero nunca formando una envoltura.

Las membranas tilacoidales penetran en la matriz del pirenoide, donde forman cortos túbulos ramificados. Asociados a estos túbulos encontramos pocos pirenoglóbulos osmiofílicos, de 30-70 nm de diámetro (Figura 25). Durante la división del cloroplasto se dividen los pirenoides o se desarrollan nuevos pirenoides en varios lugares en el estroma del cloroplasto.

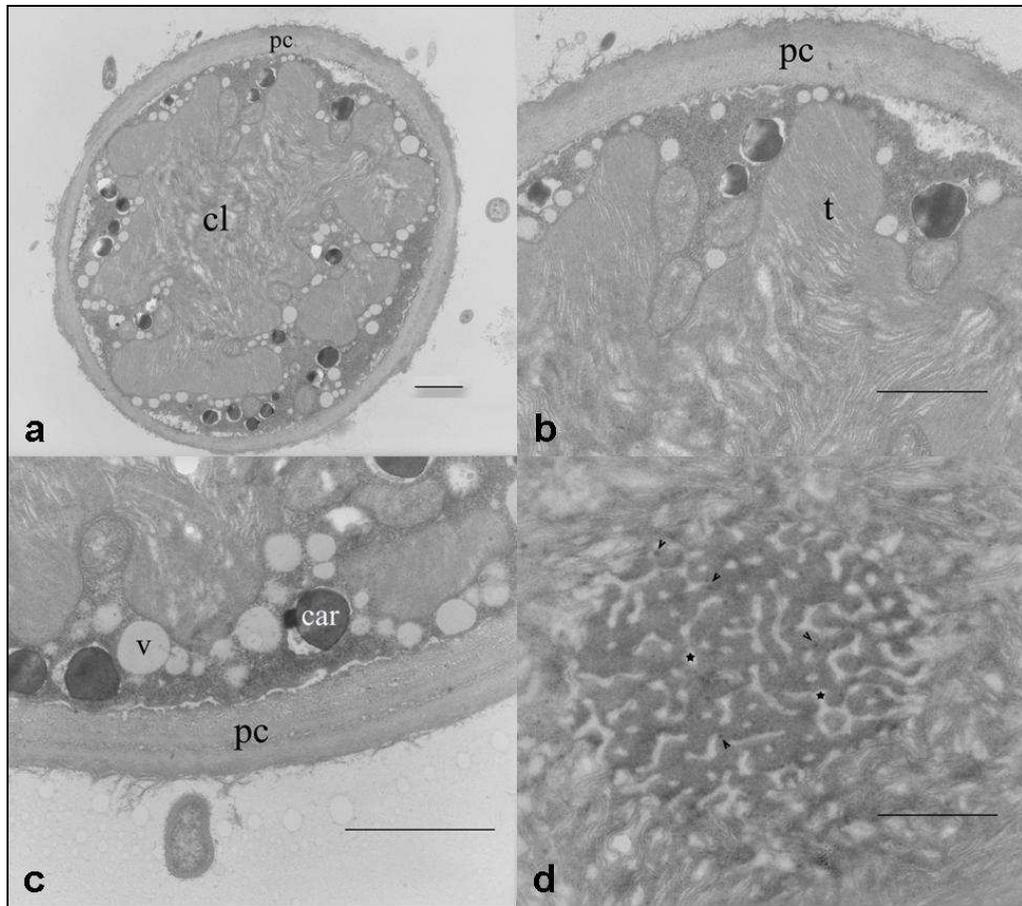


Figura 25. Ultraestructura de *Trebouxia* cf. *gigantea*. (a) Célula vegetativa con cloroplasto claramente lobulado y carotenoides en las vacuolas (flechas). (b) Lóbulos del cloroplasto con tilacoides formando paquetes tipo grana. (c) Pared celular y vacuolas. (d) Pirenoide de tipo *gigantea* con tilacoides cortos y ramificados (estrellas) y pequeños pirenoglóbulos (puntas de flecha). car, carotenoides; cl, cloroplasto; pc, pared celular; t, tilacoide; v, vacuola. Escala, 1 μ m.

2.4. DISCUSIÓN

Ubicación taxonómica

La población estudiada se encuentra claramente ubicada en el grupo de especies de *Trebouxia* de mayor tamaño, formadoras de complejos de esporangios, con un diámetro superior a 15 μ m y con pirenoide de tipo

gigantea (Friedl, 1989), compuesto por *T. gigantea* y *T. showmanii* (Tabla 13). Si bien los principales caracteres taxonómicos nos permiten incluir nuestra población en este complejo, considerado como una sola especie: *T. gigantea* por Friedl (en Takeshita, 2001), o bien mantenidas como especies diferentes (Takeshita, 2001), sin embargo, serían necesarios estudios moleculares de la población para establecer sus relaciones con otras cepas de *Trebouxia*. La presencia de quistes con pared celular marcadamente engrosada (hasta 6 μm) y contenido de color rojo sería uno de los caracteres más fuertemente diferenciales de nuestra población, que podría ser consecuencia del desarrollo como especie aerófila/criófila de vida libre de la población estudiada, cuyos caracteres no se manifiestan cuando actúan como ficobiontes.

Tabla 13. Caracteres de las especies más cercanas según distintos autores (medidas en μm).

Especie	Reproducción	Forma	Medidas	Cloroplasto	Pirenoide	Envoltura almidón
<i>Pseudotrebouxia gigantea</i> (Hildreth Ahmadjian, 1981)	& zoósporas aplanósporas	esférica -ovoide	hasta 30	lobulado	1	continua
<i>T. gigantea</i> (Takeshita, 2001)	zoósporas aplanósporas autósporas y complejos de esporangios	esférica -ovoide	hasta 20x15	tipo <i>jamesii</i>	1	no
<i>Pseudotrebouxia showmanii</i> (Hildreth Ahmadjian, 1981)	& Zoósporas aplanósporas	ovoide-elíptica	7-26	lobulado	1	continua
<i>T. showmanii</i> (Takeshita, 2001)	zoósporas aplanósporas autósporas y complejos de esporangios	esférica -ovoide	hasta 22x18	tipo <i>arboricola</i>	1	no
<i>T. cf. gigantea</i> (Sierra Nevada)	zoósporas aplanósporas autósporas y complejos de esporangios	esférica -ovoide	hasta 27x24	tipo <i>arboricola</i>	1	no

Ultraestructura

La ultraestructura de las especies del género *Trebouxia* ha sido estudiada en diversas ocasiones, teniendo en cuenta sobre todo la estructura del cloroplasto y especialmente del pirenoide. (Jacobs & Ahmadjian, 1969, 1971; Ascaso et al., 1995; Fisher & Lang, 1971; Friedl, 1989). La disposición de los tilacoides, sobre todo en las zonas terminales de los lóbulos, es muy densa y recuerda mucho a los grana de plantas vasculares. Otros autores han observado una considerable variabilidad en este carácter, desde la agrupación de tilacoides de 3 en 3 (Fisher & Lang, 1971) hasta la formación de estructuras similares a grana (Peveling, 1969). En base a la ultraestructura de los pirenoides, Friedl (1989) establece 5 tipos distintos para este género. En nuestro caso, los pirenoides presentan membranas tilacoidales atravesándolos, formando cortos túbulos ramificados, por lo que nuestra especie se hallaría dentro del tipo *gigantea* establecido por ese autor.

Un rasgo común a todos los pirenoides de *Trebouxia* es la presencia de pirenoglóbulos en mayor o menor número. Su tamaño parece ser un carácter variable, así Jacobs & Ahmadjian (1971) encuentran los pirenoglóbulos escasos y de 30-50nm en el caso de cultivos en medio orgánico, mientras *Trebouxia* cultivada en medio inorgánico y la liquenizada presentaban numerosos pirenoglóbulos de más de 100nm. En nuestro caso, los pirenoglóbulos aparecen muy poco definidos y, en general, su número es muy bajo y miden entre 35 y 55 nm, llegando como máximo a 70 nm, a pesar de haber utilizado para los cultivos un medio inorgánico. Friedl (1989) también observa diferencia en el número de pirenoglóbulos entre *T. showmanii* cultivada y *T. gigantea* dentro de un talo liquénico. Nuestros datos podrían confirmar que la cantidad y el tamaño de los pirenoglóbulos podrían estar relacionados con la forma de vida de la especie, que en nuestro caso es libre.

La pared celular no ha sido una estructura muy estudiada en este género. Jacobs & Ahmadjian (1971) describen una pared de unas 0,2-0,3 μm , por lo tanto, más fina que la de nuestra especie. Sin embargo, su estructura es muy similar a la que nosotros hemos observado, con un material fibrilar en su parte más externa, aunque no menciona la estratificación, que en nuestro caso es muy evidente.

Una especie de *Trebouxia* de vida libre

Ya Tschermak-Woess (1978) halló poblaciones de *Trebouxia* no asociadas a hifas fúngicas. Más tarde, Bublick et al. (1984) y Mukhtar et al. (1994) citaron también poblaciones libres de este género. A pesar de ello, no se trataba nunca de poblaciones extensivas y Ahmadjian (1988, 2001) considera que son algas que han escapado de algún talo liquénico. La facilidad con que Sanders (2005) halló varias poblaciones de *Trebouxia* no asociadas a hongos le hizo decantarse hacia la existencia de *Trebouxia* de vida libre. En nuestro caso, el hecho de haber encontrado esta población sin hifas de ningún hongo ni restos de talos liquénicos en la nieve, nos proporciona una prueba más de la existencia de *Trebouxia* libre en la naturaleza.

La hipótesis de Ahmadjian (1988) que consideraba a *Trebouxia* como una forma liquenizada procedente del género *Pleurastrum*, quedó desestimada con las observaciones de Friedl (1989), quien detecta diferentes pirenoides en las especies de *Trebouxia* a los observados en *Pleurastrum*, junto a la distinta estructura plastidial de ambos géneros. Además, estudios moleculares han probado que *Pleurastrum* pertenece a las Chlorophyceae, mientras *Trebouxia* es el género tipo de las Trebouxiophyceae (Friedl & Zeltner, 1994; Friedl, 1995).

Quistes de *Trebouxia* cf. *gigantea*

El hábitat de nuestra población (nieve roja) nos ha permitido reconocer la morfología de los quistes, nunca antes detectados para *Trebouxia*, que forman extensas poblaciones en las cumbres de Sierra Nevada. El hallazgo de quistes que, al mejorar las condiciones ambientales, dan lugar a células vegetativas que se reproducen con normalidad, confirma la hipótesis de Sanders (2005) sobre la posibilidad de la formación de células de resistencia en *Trebouxia*. Los carotenoides secundarios probablemente se depositen en los pirenoglóbulos y en pequeñas gotas en el citoplasma (Tschermak-Woess, 1989). Hasta ahora son pocas las publicaciones que citan poblaciones libres de este género en la nieve.

V. CONCLUSIONES

1. Se han estudiado un total de 96 especies de algas verdes cocales procedentes de lagunas y embalses del sur de España. Entre estas especies destaca *Lobocystis inconspicua*, que se describe como una especie nueva. Otras 11 especies constituyen nuevas citas para la Península Ibérica y otras 3 son nuevas citas para España.

2. Entre el resto de las especies estudiadas, merecen ser destacadas una serie de taxa que difieren en ciertos caracteres de sus descripciones originales y que precisan de nuevos estudios para su determinación definitiva: *Oocystis* cf. *solitaria*, *Follicularia* sp., *Desmodesmus* cf. *dispar*, *Lobocystis* cf. *planctonica*, *Botryococcus* cf. *protuberans*, *Willea* cf. *vilhelmii*.

3. En un buen número de especies hemos detectado dimensiones inferiores a las descritas en la literatura, las cuales pueden ser atribuibles a la distribución más septentrional de nuestras poblaciones en relación con el material de referencia, generalmente centroeuropeo.

4. De forma similar, son destacables especies de distribución preferentemente tropical que han sido localizadas en nuestra área de estudio: *Coenocystis tapasteana*, *Coelastrum indicum*, *Botryococcus terribilis*, *Crucigenia mucronata*, *Pediastrum boryanum* var. *brevicorne* y *Hariotina polychorda*.

5. Se ha estudiado la ecología de este grupo de especies en tres embalses de distinta naturaleza, observando que pueden aparecer a lo largo de todo el año, si bien su máxima diversidad se produce durante el periodo estival.

6. Se han reconocido dos grandes grupos de especies que juegan un papel importante en estos medios: la agrupación de clorococales aisladas de aguas fertilizadas, que se desarrolla desde principios a mediados de verano, formada por *Ankyra judayi*, *Chlorella minutissima* y *Desmodesmus costato-granulatus*. Durante el verano aparece una agrupación de algas verdes coloniales resistentes a los procesos de depredación, en la que destacan *Coenococcus fottii*, *Oocystis lacustris*, *Oocystis marssonii*, *Botryococcus terribilis* y *Dictyosphaerium tetrachotomum*.

7. A partir el estudio experimental de *Kirchneriella subcapitata*, hemos detectado que su variabilidad morfológica estaría relacionada con la proporción de nutrientes (N/P) presentes en el medio. Así las formas lunadas serían dominantes en ambientes con relación N/P baja, mientras que las formas espirales se darían en ambientes con una relación N/P alta.

8. La presencia de envoltura mucilaginosa de *Kirchneriella subcapitata*, y probablemente en otras especies próximas, está inducida por factores ambientales, por lo que no es aconsejable su uso como un carácter taxonómico a nivel genérico.

9. Se ha obtenido la fase vegetativa de uno de los quistes formadores de nieve roja en las cumbres de Sierra Nevada, resultando corresponder a una especie del género *Trebouxia*, que a falta del análisis molecular, hemos incluido provisionalmente en *Trebouxia gigantea*. El

interés de este hallazgo estriba en la naturaleza simbiote del conjunto de especies del género *Trebouxia*, siendo esta población un caso excepcional de vida libre.

10. Se ha caracterizado la formación de quistes en *Trebouxia* cf. *gigantea*, en los que destaca una gruesa pared celular formada por varias capas claramente diferenciadas y una gran cantidad de vesículas responsables de la tinción rojo-anaranjada de este estadio celular.

11. La extremada plasticidad morfológica de una serie de especies de algas verdes cocales ha ocasionado un considerable nivel de confusión taxonómica que debe ser resuelto mediante la realización de cultivos que establezcan el rango de variabilidad morfológica de las especies.

12. La realización de ciertos análisis moleculares sobre especies mal determinadas está provocando un elevado nivel de incertidumbre sobre los resultados de filogenia molecular. Es necesaria la participación de taxónomos expertos en este tipo de trabajos, de forma que se garantice la correspondencia entre la identificación taxonómica y las secuencias génicas obtenidas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOAL, M. 1996. Epipellic algal assemblages in irrigation channels from southeastern Spain. *Arch. Hydrobiol. Algol. Stud.* **82**:117-132.

AHMADJIAN, V. 1967. A guide to the algae occurring as lichen symbionts: Isolation, culture, cultural physiology, and identification. *Phycologia* **6**: 127-160.

AHMADJIAN, V. 1988. The lichen alga *Trebouxia*: does it occur free-living? *Plant Syst. Evol.* **158**: 243-247.

AHMADJIAN, V. 1993. *The lichen symbiosis*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

AHMADJIAN, V. 2001. *Trebouxia*: reflections on a perplexing and controversial lichen phycobiont. In *Symbiosis: Mechanisms and model systems* (Seckbach, J., ed.), pp. 373-383. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

ALLORGE, P. 1928. Note préliminaire sur la flore des algues d'eau douce de la Galice (Euchlorophycées, Conjuguées et Hétérocontes). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* **28**: 469-476.

AN, S. S., FRIEDL, T. & HEGEWALD, E. 1999. Phylogenetic relationships of *Scenedesmus* and *Scenedesmus*-like coccoid green algae as inferred from ITS-2 rDNA sequence comparisons. *Plant Biol.* **1**: 418-428.

ANDREEVA, V. M. 1975. *Rod Chlorella. Morfologija, Sistematika, Printsipy Klassifikatsii*, Izdat Nauka, Leningrad.88 pp.

- ARCHIBALD, P. A. & BOLD, H. C. 1970. *The genus Chlorococcum* Meneghini. Phycological Studies, 11, The University of Texas, Austin, Texas. 115 pp.
- ARMENGOL, J., RIERA, J. L. & MORGUÍ, J. A. 1991. Major ionic composition in the Spanish reservoirs. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **24**: 1363-1366.
- ASCASO, C., VALLADARES, F. & DE LOS RÍOS, A. 1995. New ultrastructural aspects of pyrenoids of the lichen photobiont *Trebouxia* (Microthamniales, Chlorophyta). *J. Phycol.* **31**: 114-119.
- ASLAM, Z., SHIN, W., KIM, M. K., IM, W.-T. & LEE, S.-T. 2007. *Marinichlorella kaistiae* gen. et sp. nov. (Trebouxiophyceae, Chlorophyta) based on polyphasic taxonomy. *J. Phycol.* **43**: 576-584.
- ATKINSON, A. W., GUNNING, B. E. S. & JOHN, P. L. C. 1972. Sporopolenin in the cell wall of *Chlorella* and other algae: ultrastructure, chemistry and incorporation of ¹⁴C-acetate, studied in synchronous cultures. *Planta* **107**: 1-32.
- BEIJERINCK, M. W. 1890. Culturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. *Bot. Zeitung* **48**: 725-739, 741-754, 757-768, 781-785.
- BEIJERINCK, M. W. 1893. Bericht über meine Kulturen niederer Algen auf Nährgelatine. *Zentralbl. Bakt.* **13**: 781-786.
- BELCHER, J. H. & FOGG, G. E. 1955. Biochemical evidence of the affinities of *Botryococcus*. *New Phytol.* **54**: 81-83.

- BERNARD, C. 1908. *Protococcacées et Desmidiacées d'eau douce recoltées à Java*. Dep. Agric. Indes Néerlandaises, Batavia. 230 pp.
- BERNARD, C. 1909. *Sur quelques algues unicellulaires d'eau douce dans le Domaine Malais*. Dep. Agric. Indes Néerlandaises, Buitenzorg. 94 pp.
- BLACKBURN, K. B. 1936. *Botryococcus* and the algal coals. I. A reinvestigation of the alga *Botryococcus braunii* Kützing. *Trans. Roy. Soc. Edinb.* **58**: 841-854.
- BOHLIN, K. 1897. Die Algen der ersten Regnell'schen Expedition I. Protococcoideen. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl. Stockholm* **23**(7): 3-47.
- BOLD, H. C. 1936. Notes on the culture of some common algae. *J. Tenn. Acad. Sci.* **11**: 205-212.
- BOLD, H. C. 1942. The cultivation of algae. *Bot. Rev.* **8**: 69-138.
- BOLD, H. C. 1974. Twenty-five years of phycology (1947-1972). *Ann. Missouri Bot. Gard.* **61**: 14-44.
- BOLD, H. C. & WYNNE, M. J. 1978. *Introduction to the algae: Structure and reproduction*. Prentice Hall, Inc., New Jersey. 706 pp.
- BOLÍVAR GALIANO, F. 1994. Diagnósis y tratamiento del deterioro por microalgas en los Palacios Nazaríes de La Alhambra. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada. 246 pp.
- BOLÍVAR GALIANO, F. & SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. 1997. Biomineralization processes in the fountains of the Alhambra, Granada, Spain. *International Biodeterioration & Biodegradation* **40**(2-4): 205-215.

- BOURRELLY, P. 1966. *Les algues vertes*. Les algues d'eau douce, I. N. Boubée & Cie., Paris. 569 pp.
- BRUNNTHALER, J. 1915. Protococcales. In *Die Sübwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz* (Pascher, A., ed.), Vol. 5, Chlorophyceae 2, pp. 52-205, Jena.
- BUBRICK, P., GALUN, M. & FRENSDORFF, A. 1984. Observations on free-living *Trebouxia* De Puymaly and *Pseudotrebouxia* Archibald, and evidence that both symbionts from *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. can be found free-living in nature. *New Phytol.* **97**: 455-462.
- BUCHHEIM, M., BUCHHEIM, J., CARLSON, T., BRABAND, A., HEPPELE, D., KRIENITZ, L., WOLF, M. & HEGEWALD, E. 2005. Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae): inferences from rDNA data. *J. Phycol.* **41**: 1039-1054.
- BUCHHEIM, M. A., MICHALOPULOS, E. A. & BUCHHEIM, J. A. 2001. Phylogeny of the Chlorophyceae with special reference to the Sphaeropleales: a study of 18S and 26S rDNA data. *J. Phycol.* **37**: 819-835.
- BUZZELLI, E., GIANNA, R., MARCHIORI, E. & BRUNO, M. 1997. Influence of nutrient factors on production of mucilage by *Amphora coffeaeformis* var. *perpusilla*. *Continental Shelf Research* **17**(10): 1171-1180.
- CABALLERO, F. 1943. Contribución al conocimiento de la flora algológica de España. *An. J. Bot. Madrid* **3**: 299-320.
- CABALLERO, F. 1945a. Algas de las aguas de Santillana. *An. J. Bot. Madrid* **5**: 333-344.

- CABALLERO, F. 1945b. Algas del Macizo de Gredos. *An. J. Bot. Madrid* **5**: 345-364.
- CABALLERO, F. 1951. Algas del Macizo de Gredos (Segunda parte). *An. J. Bot. Madrid* **10**(1): 231-260.
- CAMBRA, J. 1991. Contribució al coneixement de les algues epifítiques en estanys dels Pirineus. *Scientia gerundensis* **17**: 17-27.
- CAMBRA SÁNCHEZ, J., ÁLVAREZ COBELAS, M. & ABOAL SANJURJO, M. 1998. *Lista florística y bibliográfica de los clorófitos (Chlorophyta) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias*. García Avilés, J. & Rico, E., Ed. Listas de la flora y fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica, 14, Burgos. 614 pp.
- CARLSON, T. M. 2002. Genus *Pediastrum* found to be non-monophyletic. Abstract. *5th Annual University of Tulsa Research Colloquium*.
- CLAVERO, E. 2004. Diatomees d'ambients hipersalins costaners. Taxonomia, distribució i empremtes en el registre sedimentari. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona, Barcelona. 481 pp.
- COMAS GONZÁLEZ, A. 1981. New coenobial Chlorococcales (Chlorophyceae) from Cuba. *Arch. Hydrobiol Suppl. 60, Algol. Stud.* **28**: 213-219.
- COMAS GONZÁLEZ, A. 1992. Taxonomische Beiträge zur Grünalgenflora (Chlorellales) aus Kubas. *Algol. Stud.* **65**: 11-21.
- COMAS GONZÁLEZ, A. 1996. *Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba*. Kies, L. & Schnetter, R., Eds. Bibliotheca Phycologica, 99, J. Cramer, Stuttgart. 192 pp.

- COMAS GONZÁLEZ, A. & KRIENITZ, L. 1997. Comparative LM- and SEM-studies on *Coelastrum* (Chlorophyta, Chlorellales) under culture conditions. *Algol. Stud.* **87**: 87-98.
- COMAS GONZÁLEZ, A., NOVELO, E. & TAVERA, R. 2007. Coccal green algae (Chlorophyta) in shallow ponds in Veracruz, Mexico. *Algol. Stud.* **124**: 29-69.
- COMAS GONZÁLEZ, A. & PÉREZ BALIERO, M. C. 2002. Chlamydephyceae (Chlorophyceae) from Merin lagoon (Brazil-Uruguay, South America) with special references to the family Botryococcaceae. *Algol. Stud.* **107**: 49-65.
- COMAS GONZÁLEZ, A., PÉREZ BALIERO, M. C. & GONZÁLEZ DEL RÍO RAMS, J. 2006. *Pediastrum willei* nom. et sp. nov. (Chlorophyta, Neochloridales) from the Ebro river, Spain and its relations to *P. muticum* Kütz. sensu Brunthaler 1915 pro parte. *Algol. Stud.* **120**: 5-13.
- COMPÈRE, P. & KOMÁREK, J. 1990. Proposal to conserve *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson with a conserved type under Art. 69.3 (Algae). *Taxon* **39**(3): 530-531.
- CHADEFAUD, M. 1960. *Les végétaux non vasculaires*. Masson & Cie., Paris.
- CHANG, V. T. & CNAHG-SCHNEIDER, H. 1980. Zur Variabilität von *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini. *Algol. Stud.* **26**: 53-62.
- CHODAT, R. 1913. Monographie d'algues en culture pure. *Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz* **4**(2): 1-266.

- CHODAT, R. 1926. *Scenedesmus*. Étude de génétique, de systématique expérimentale et d'hydrobiologie. *Z. Hydrol.* **3**(3-4): 71-258.
- DE LA ROSA, J. C. 1992. Estudio del fitoplancton de varias lagunas de las provincias de Granada y Málaga. Memoria de licenciatura. Universidad de Granada, Granada. 215 pp.
- DEASON, T. R., SILVA, P. C., WATANABE, S. & FLOYD, G. L. 1991. Taxonomic status of the species of the green algal genus *Neochloris*. *Plant Syst. Evol.* **177**: 213-219.
- ELORANTA, V. 1979. The compound internal pyrenoid in cultured cells of the green alga *Monoraphidium griffithii* (Berkel.) Kom.-Legn. *Protoplasma* **99**: 229-235.
- ELLIS, E. A. & BROWN, R. M. 1972. Freeze-etch ultrastructure of *Parmelia caperata* (L.) Ach. *Transactions of the American Microscopical Society* **91**(3): 411-421.
- ETTL, H. 1980. *Grundriss der allgemeinen Algologie*. Fischer, G., Ed., Jena. 549 pp.
- ETTL, H. 1981. Die neue Klasse Chlamydomphyceae, eine natürliche Gruppe der Grünalgen (Chlorophyta). Systematische Bemerkungen zu den Grünalgen I. *Plant Syst. Evol.* **137**: 107-126.
- ETTL, H. & KOMÁREK, J. 1982. Was versteht man unten dem Begriff "coccale Grünalgen". *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **60** (4), *Algol. Stud.* **29**: 345-374.

- FAITHFULL, C. L. & BURNS, C. W. 2006. Effects of salinity and source of inocula on germination of *Anabaena* akinetes from a tidally influenced lake. *Freshwat. Biol.* **51**: 705-716.
- FAWLEY, M. W., DEAN, M. L., DIMMER, S. K. & FAWLEY, K. P. 2005. Evaluating the morphospecies concept in the Selenastraceae (Chlorophyceae, Chlorophyta). *J. Phycol.* **42**: 142-154.
- FERRONI, L., BALDISSEROTTO, C., PANTALEONI, L., BILLI, P., FASULO, M. P. & PANCALDI, S. 2007. High salinity alters chloroplast morphology in a freshwater *Kirchneriella* species (Selenastraceae) from Ethiopian Lake Awasa. *Amer. J. Bot.* **94**: 1972-1983.
- FISHER, K. A. & LANG, N. J. 1971. Ultrastructure of the pyrenoid of *Trebouxia* in *Ramalina menziesii* Tuck. *J. Phycol.* **7**: 25-37.
- FLOYD, G. L., WATANABE, S. & DEASON, T. R. 1993. Comparative ultrastructure of the zoospores of eight species of *Characium* (Chlorophyta). *Arch. Protistenkd.* **143**: 63-73.
- FOTT, B. & KOMÁREK, J. 1960. Das Phytoplankton der Teiche in Tescher Schlesien. *Preslia* **32**: 113-141.
- FOTT, B. & KOVÁCIK, L. 1975. Über die Gattung Treubaria (Chlorococcales, Chlorophyceae). *Preslia* **47**: 305-316.
- FOTT, B. & NOVÁKOVÁ, M. 1969. A monograph of the genus *Chlorella*. The fresh water species. In *Studies in Phycology* (Fott, B., ed.), pp. 10-74, Praha.
- FRIEDL, T. 1989. Comparative ultrastructure of pyrenoids in *Trebouxia* (Microthamniales, Chlorophyta). *Plant Syst. Evol.* **164**: 145-159.

- FRIEDL, T. 1993. New aspects of the reproduction by autospores in the lichen alga *Trebouxia* (Microthamniales, Chlorophyta). *Archiv Protistenk.* **143**: 153-161.
- FRIEDL, T. 1995. Inferring taxonomic positions and testing genus level assignments in coccoid green lichen algae: A phylogenetic analysis of 18S ribosomal RNA sequences from *Dictyochloropsis reticulata* and from members of the genus *Myrmecia* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae Cl. Nov.). *J. Phycol.* **31**: 632-639.
- FRIEDL, T. 1997. The evolution of the Green Algae. *Plant Syst. Evol.* **11** (Suppl.): 87-101.
- FRIEDL, T. 2001. Origin and evolution of green lichen algae. In *Symbiosis: Mechanisms and model systems* (Seckbach, J., ed.). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- FRIEDL, T. & ROKITTA, C. 1997. Species relationships in the lichen alga *Trebouxia* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae): Molecular phylogenetic analyses of nuclear-encoded large subunit rRNA gene sequences. *Symbiosis* **23**: 125-148.
- FRIEDL, T. & ZELTNER, C. 1994. Assessing the relationships of some coccoid green lichen algae and the Microthamniales (Chlorophyta) with 18S ribosomal RNA gene sequence comparisons. *J. Phycol.* **30**(3): 500-506.
- FRITSCH, F. E. 1935. *Structure and reproduction of the algae*, 1, Cambridge. 791 pp.

- FUKUSHIMA, H. 1956. A list of Japanese freshwater algae (including the marine species of the blue green algae and fossil diatoms-2). *J. Yokohama Munic. Univ.* **13C**(46): 1-12.
- GÄRTNER, G. 1985. Die Gattung *Trebouxia* Puymaly (Chlorellales, Chlorophyceae). *Archiv Hydrobiol. Suppl. Algal. Stud.* **41**: 495-548.
- GEITLER, L. 1924. Die Entwicklungsgeschichte von *Sorastrum spinulosum* und die Phylogenie der Protococcales. *Arch. Protistenk.* **47**: 440-447.
- GÓMEZ DE ARGÜELLO, I. 1943. Algunos datos sobre algas de los alrededores de León. *An. J. Bot. Madrid* **3**: 285-298.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1941. Novedades biológicas en algas de Cuenca. *An. J. Bot. Madrid* **1**: 107-140.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1945. Algas de Valencia (1a serie). *An. J. Bot. Madrid* **5**: 299-303.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1946. Cianofíceas y algas continentales de Cádiz. *An. J. Bot. Madrid* **6**(1): 237-335.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1947. Algas invernales gaditanas. *An. J. Bot. Madrid* **7**: 433-456.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1948. Nuevos datos ficológicos de España. *An. J. Bot. Madrid* **8**: 265-283.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1950. Algas del río Tinto (Huelva). *An. J. Bot. Madrid* **9**: 111-128.

- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1955. Datos estivales de las algas pacenses. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* **12**(2): 5-70.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1961. Algas de Aragón (2a. nota) (Plantas cogidas durante la IIa. Reunión Luso-Española de Botánica). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* **18**(1):149-197.
- GONZÁLEZ GUERRERO, P. 1968. Algas de la sílice (Guadarrama). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* **23**(1): 105-143.
- HAJDU, L. 1977. Über die Wiederaufstellung von *Coelastrum astroideum* De Not. (Chlorophyta, Chlorococcales). *Ann. Hist. natur. Mus. Nat. Hung.* **69**: 37-40.
- HANAGATA, N. & CHIHARA, M. 1999. *Coenocystis inconstans*, a new species of bark-inhabiting green algae (Chlorophyceae, Chlorophyta). *J. Jap. Bot.* **74**(4): 204-211.
- HARRIS, E. H. 1989. *The Chlamydomonas Source Book*. Academic Press, San Diego.
- HEGEWALD, E. 1977. *Scenedesmus communis* Hegew., a new species and its relation to *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. *Arch. Hydrobiol. Suppl. 51, Algol. Stud.* **19**: 142-155.
- HEGEWALD, E. 1978. Eine neue Unterteilung der Gattung *Scenedesmus* Meyen. *Nova Hedwigia* **29**: 343-376.
- HEGEWALD, E. 1979. Vergleichende Beobachtungen an Herbarmaterial und Freilandmaterial von *Scenedesmus*. *Arch. Hydrobiol. Suppl. 56 Algol. Stud.* **24**: 264-286.

- HEGEWALD, E. 1988. A new interpretation of the genus *Didymocystis* Koršikov (Chlorophyta, Chlorococcales). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **78**, *Algol. Stud.* **48**: 309-312.
- HEGEWALD, E. 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Algol. Stud.* **96**: 1-18.
- HEGEWALD, E., COESEL, P. F. M. & HEGEWALD, P. 2002. A phytoplankton collection from Bali, with the description of a new *Desmodesmus* species. *Algol. Stud.* **105**: 51-78.
- HEGEWALD, E., ENGELBERG, K. E. & PASCHMA, R. 1988. Beitrag zur Taxonomie der Gattung *Scenedesmus* Subgenus *Scenedesmus* (Chlorophyceae). *Nova Hedwigia* **47**(3-4): 497-533.
- HEGEWALD, E. & HANAGATA, N. 2000. Phylogenetic studies on Scenedesmaceae (Chlorophyta). *Algol. Stud.* **100**: 29-49.
- HEGEWALD, E., JEEJI BAI, N. & HESSE, M. 1975. Taxonomische und floristische Studien an Planktonalgen ausungarischen Gewässern. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **46**, *Algol. Stud.* **13**: 392-432.
- HEGEWALD, E. & REYMOND, O. L. 1987. The life cycle and taxonomy of *Paradoxia multisetata* Svir. (Chlorophyceae, Chlorococcales), and related taxa. *Cryptogamie, Algologie* **8**(3): 191-199.
- HEGEWALD, E. & SCHNEPF, E. 1980. New results in the systematics and nomenclature of *Scenedesmus*. In *Taxonomy of algae* (Desikachary, T. V. & Rajarao, V. N., ed.), pp. 345-360. Univ. Madras.

- HEGEWALD, E. & SCHNEPF, E. 1986. Zur Struktur und Taxonomie spindelförmiger Chlorellales (Chlorophyta): *Schroederia*, *Pseudoschroederia* gen. nov., *Closteriopsis*. *Algological Studies* **42**: 21-48.
- HEGEWALD, E., SCHNEPF, E. & ALDAVE, A. 1978. Investigation on the lakes of Peru and their phytoplankton. 4. The algae of Laguna Paca with special reference to *Chodatella subsalsa* and *Scenedesmus ellipticus*. *Arch. Hydrobiol. Suppl. 51, Algal. Stud.* **20**: 387-420.
- HEGEWALD, E., SCHNEPF, E. & ALDAVE, A. 1980. Investigations on the lakes of Peru and their phytoplankton. 5. The algae of Laguna Piuray and Laguna Huaypo, Cuzco, with special reference to *Franceia*, *Oocystis* and *Scenedesmus*. *Arch. Hydrobiol. Suppl. 56, Algal. Stud.* **25**: 387-420.
- HEGEWALD, E. & SILVA, P. C. 1988. *Annotated Catalogue of Scenedesmus and nomenclaturally related genera*. Bibliotheca Phycologica, 80, J. Cramer, Berlin. 587 pp.
- HEGEWALD, E. & WOLF, M. 2003. Phylogenetic relationships of *Scenedesmus* and *Acutodesmus* (Chlorophyta, Chlorophyceae) as inferred from 18S rDNA and ITS-2 sequence comparisons. *Plant Syst. Evol.* **241**: 185-191.
- HEGEWALD, E. & YAMAGISHI, T. 1994. *Pediastrum asymmetricum* Yamagishi et Hegewald, a new species from Japan and some notes on accompanying *Pediastrum* taxa. *Nova Hedwigia* **59**(1-2): 77-95.

- HENLEY, W. J., HIRONAKA, J. L., GUILLOU, L., BUCHHEIM, M. A., BUCHHEIM, J. A., FAWLEY, M. W. & FAWLEY, K. P. 2004. Phylogenetic analysis of the "*Nannochloris*-like" algae and diagnoses of *Picochlorum oklahomensis* gen. et sp. nov. (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Phycologia* **43**(6): 641-652.
- HEPPERLE, D., HEGEWALD, E. & KRIENITZ, L. 2000. Phylogenetic position of the Oocystaceae (Chlorophyta). *J. Phycol.* **36**: 590-595.
- HESSEN, D. & VAN DONK, E. 1993. Morphological changes in *Scenedesmus* induced by substances released from *Daphnia*. *Arch. Hydrobiol.* **127**: 129-140.
- HILDRETH, K. C. & AHMADJIAN, V. 1981. A study of *Trebouxia* and *Pseudotrebouxia* isolates from different lichens. *Lichenologist* **13**: 65-86. .
- HINDÁK, F. 1970. A contribution to the systematics of the family Ankistrodesmaceae (Chlorophyceae). *Algol. Stud.* **1**: 7-32.
- HINDÁK, F. 1977. *Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). I* Biologické Práce, 23, VEDA, Bratislava. 190 pp.
- HINDÁK, F. 1978. New taxa and reclassifications in the Chlorococcales (Chlorophyceae). *Preslia* **50**(2): 97-109.
- HINDÁK, F. 1980. *Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). II* Biologické Práce, 26, VEDA, Bratislava.
- HINDÁK, F. 1984. *Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). III* Biologické Práce, 30, VEDA, Bratislava. 308 pp.

- HINDÁK, F. 1988. *Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). IV* Biologické Práce, 34, VEDA, Bratislava. 263 pp.
- HINDÁK, F. 1990. *Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). V* Biologické Práce, VEDA, Bratislava. 225 pp.
- HOEK, C. V. D., MANN, D. G. & JAHNS, H. M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HOLTMANN, T. & HEGEWALD, E. 1986. Der Einfluss von Nährlösungen auf die Variabilität von Isolaten der Gattung *Scenedesmus*. Untergattung *Acutodesmus*. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **73**: 365-380.
- HORTOBÁGYI, T. 1968. Die Algen Vietnams III. Euglenophyta, Chlorophyta I. *Acta bot. Acad. Sci. Hung.* **14**(1-2): 41-58.
- HUSS, V. A. R., FRANK, C., HARTMANN, E. C., HIRMER, M., KLOBOUCEK, A., SEIDEL, B. M., WENZELER, P. & KESSLER, E. 1999. Biochemical taxonomy and molecular phylogeny of the genus *Chlorella* sensu lato (Chlorophyta). *J. Phycol.* **35**: 587-598.
- HUTCHINSON, G. E. 1967. *A treatise on limnology. Volume II. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1115 pp.
- IZAGUIRRE, I. 1991. A revision of the genus *Lobocystis* Thompson (Chlorococcales). *Cryptogam. Bot.* **2-3**: 269-273.
- JACOBS, J. B. & AHMADJIAN, V. 1969. The ultrastructure of lichens. I. A general survey. *J. Phycol.* **5**: 227-240.

- JACOBS, J. B. & AHMADJIAN, V. 1971. The ultrastructure of lichens. II. *Cladonia cristatella*: the lichen and its isolated symbionts. *J. Phycol.* **7**: 71-81.
- JIMÉNEZ PÉREZ, M. V. 2001. Caracterización, cultivo y análisis de microalgas procedentes de aguas residuales de explotaciones porcinas. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada. 175 pp.
- KAGIWADA, S., SUGITA, S., MASAIKE, Y., KATO, S. & NOGUCHI, T. 2005. Characterization of coat proteins of COPI- and clathrin-coated vesicles in the unicellular green alga *Botryococcus braunii*. *Plant Sci.* **169**: 668-679.
- KALINA, T. & PUNCOCHÁROVÁ, M. 1977. Taxonomy and morphological comparison of three chlorococcal algae: *Scotiella oocystiformis* Lund, *Enallax coelastroides* (Bohlin) Skuja and *Scenedesmus costatus* Schmidle. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 51, *Algol. Stud.* **19**: 105-141.
- KAMMERER, G. 1938. Volvocalen und Protococcalen aus dem unteren Amazonasgebiet. *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien math-naturw. Kl. Abt. 1* **147**(5-10): 183-228.
- KARNOVSKY, M. J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electronic microscopy. *J. Cell Biol.* **27**: 137A-137B.
- KESSLER, E. 1965. Physiologische und biochemische Beiträge zur Taxonomie der Gattung *Chlorella*. I. Säureresistenz als taxonomisches Merkmal. *Arch. Mikrobiol.* **52**: 291-296.

- KESSLER, E. 1967. Physiologische und Biochemische Beiträge zur Taxonomie der Gattung *Chlorella* III. Merkmale von 8 autotrophen Arten. *Arch. Mikrobiol.* **55**: 346-357.
- KESSLER, E. 1987. Separation of *Chlorella ellipsoidea* from *C. saccharophila* (Chlorophyceae): no growth on mannitol and cadmium sensitivity. *Plant Syst. Evol.* **157**: 247-251.
- KESSLER, E. 1992. *Chlorella*-biochemische Taxonomie einer für Forschung und Biotechnologie wichtigen Gattung einzelliger Grünalgen. *Naturwissenschaften* **79**: 260-265.
- KOMÁREK, J. 1979. Änderungen in der Taxonomie der Chlorokokkalalgen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 56, *Algol. Stud.* **24**: 239-263.
- KOMÁREK, J. 1987. Species concept in coccal green algae. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 73 (4), *Algol. Stud.* **45**: 437-471.
- KOMÁREK, J. & COMAS, A. 1984. Areas of distributions of coccal green algae in tropical America, in relation to the Algal Flora of Cuba. *Ficologia Latinoamericana* **2**: 133-167.
- KOMÁREK, J. & FOTT, B. 1983. *Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales*. Huber-Pestalozzi, G., Ed. Das Phytoplankton des Sübwassers. Systematik und Biologie, 7, Schweizerbart'ssche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1044 pp.
- KOMÁREK, J. & JANKOVSKÁ, V. 2001. *Review of the green algal genus Pediastrum; implication for pollen-analytical research*. Kies, L. & Schnetter, R., Eds. Bibliotheca Phycologica, 108. J. Cramer, Stuttgart. 127 pp.

- KOMÁREK, J. & MARVAN, P. 1992. Morphological differences in natural populations of the genus *Botryococcus* (Chlorophyceae). *Arch. Protistenk.* **141**: 65-100.
- KOMÁREK, J. & PERMAN, J. 1978. Review of the genus *Dictyosphaerium* (Chlorococcales). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 51, *Algol. Stud.* **18**: 33-45.
- KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. 1969. The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* gen. nov. In *Studies in Phycology* (Fott, B., ed.), pp. 75-122, Praha.
- KORŠIKOV, O. A. 1926. On some new organisms from the groups Volvocales and Protococcales, and the genetic relationship of these groups. *Arch. Protistenk.* **55**: 439-503.
- KORŠIKOV, O. A. 1953. *Viznacnik prisnovodnich vodorostej URSS-V. Protococcineae*, Kiev. 437 pp.
- KOSTIKOV, I., DARIENKO, T., LUKESOVÁ, A. & HOFFMANN, L. 2002. Revision of the classification system of Radiococcaceae Fott ex Komárek (except the subfamily Dictyochlorelloideae) (Chlorophyta). *Algol. Stud.* **104**: 25-58.
- KRIENITZ, L., HEGEWALD, E., HEPERLE, D., HUSS, V. A. R., ROHR, T. & WOLF, M. 2004. Phylogenetic relationship of *Chlorella* and *Parachlorella* gen. nov. (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Phycologia* **43**(5): 529-542.
- KRIENITZ, L., HEGEWALD, E., HEPERLE, D. & WOLF, M. 2003. The systematics of coccoid green algae: 18S rRNA gene sequence data versus morphology. *Biologia, Bratislava* **58**(4): 437-446.

- KRIENITZ, L., KLEIN, G., HEYNIG, H. & BÖHM, H. 1983. Morphologie und Ultrastruktur einiger Arten der Gattung *Monoraphidium* (Chlorellales) I. *M. griffithii*, *M. neglectum* und *M. tortile*. *Algol. Stud.* **33**: 401-417.
- KRIENITZ, L., TAKEDA, H. & HEPERLE, D. 1999. Ultrastructure, cell wall composition, and phylogenetic position of *Pseudodictyosphaerium jurisii* (Chlorococcales, Chlorophyta) including a comparison with other picoplanktonic green algae. *Phycologia* **38**(2): 100-107.
- KRIENITZ, L., USTINOVA, I., FRIEDL, T. & HUSS, V. A. R. 2001. Traditional generic concepts versus 18S rRNA gene phylogeny in the green algal family Selenastraceae (Chlorophyceae, Chlorophyta). *J. Phycol.* **37**: 852-865.
- KRIENITZ, L. & WACHSMUTH, G. 1990. Über *Ankyra lanceolata* (Koršikov) Fott (Chlorophyta, Chlorococcales). *Algol. Stud.* **59**: 75-80.
- KROKEN, S. & TAYLOR, J. W. 2000. Phylogenetic species, reproductive mode, and specificity of the green alga *Trebouxia* forming lichens with the fungal genus *Letharia*. *Bryologist* **103**: 645-660.
- KURMAYER, R., CHRISTIANSEN, G. & CHORUS, I. 2003. The abundance of microcystin-producing genotypes correlates positively with colony size in *Microcystis* sp. and determines its microcystin net production in Lake Wannsee. *Appl. Environ. Microbiol.* **69**: 787-795.
- LAMPERT, W., ROTHHAUPT, K. O. & VON ELERT, E. 1994. Chemical induction of colony formation in a green alga (*Scenedesmus acutus*) by grazers (*Daphnia*). *Limnol. Oceanogr.* **39**: 1543-1550.
- LEWIS, L. A. & McCOURT, R. M. 2004. Green algae and the origin of land plants. *Amer. J. Bot.* **9**: 1535-1556.

- LEWIS, L. A., WILCOX, L. W., FUERST, P. A. & FLOYD, G. L. 1992. Concordance of molecular and ultrastructural data in the study of zoosporic Chlorococcalean green algae. *J. Phycol.* **28**: 375-380.
- LEYA, T., MÜLLER, T., LING, H. U. & FUHR, G. 2000. Taxonomy and biophysical properties of cryophilic microalgae and their environmental factors in Northwest Spitsbergen, Svalbard. *57th Eastern Snow Conference, Syracuse, New York.*
- LI, Y. & GAO, K. 2004. Photosynthetic physiology and growth as a function of colony size in the cyanobacterium *Nostoc sphaeroides*. *Eur. J. Phycol.* **39**: 9-15.
- LINARES CUESTA, E. 2003. Las diatomeas bentónicas de las lagunas del Parque Nacional de Sierra Nevada. Estudio comparado con las colecciones del Herbario de la Universidad de Granada (GDA). Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada. 327 pp.
- LUKEŠOVÁ, A. 1993. Revision of the genus *Follicularia* MILL. (Chlorophyceae). *Arch. Protistenk.* **143**: 87-100.
- LUO, W., KRIENITZ, L., PFLUGMACHER, S. & WALZ, N. 2005. Genus and species concept in *Chlorella* and *Micractinium* (Chlorophyta, Chlorellaceae): genotype versus phenotypic variability under ecosystem conditions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **29**: 170-173.
- LUO, W., PFLUGMACHER, S., PRÖSCHOLD, T., WALZ, N. & KRIENITZ, L. 2006. Genotype versus phenotype variability in *Chlorella* and *Micractinium* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Protist* **157**: 315-333.

- LÜRLING, M. 1998. Effect of grazing-associated infochemicals on growth and morphological development in *Scenedesmus acutus* (Chlorophyceae). *J. Phycol.* **34**: 578-586.
- LÜRLING, M. & VAN DONK, E. 1999. Grazing-induced colony formation in *Scenedesmus acutus* (Chlorophyceae): ecomorph expression at different temperatures. *J. Phycol.* **35**: 1120-1126.
- MacKENZIE, L., SIMS, I., BEUZENBER, V. & GILLESPIE, P. 2002. Mass accumulation of mucilage caused by dinoflagellate polysaccharide exudates in Tasman Bay. *New Zealand Harmful Algae* **1**(1): 69-83.
- MARCHAND, L. 1895. Synopsis et tableau synoptique des familles qui composent la Classe des Phycophytes (Algues, Diatomées et Bactériens). In *Sousregne des Cryptogames, 2e Embranchement*, pp. 20, Paris Soc. d'Etat Sci.
- MARGALEF, R. 1948a. *Flora, fauna y comunidades bióticas de las aguas dulces del Pirineo de la Cerdaña*. CSIC, Ed. Monografías de la Estación de Estudios Pirenaicos, Zaragoza. 226 pp.
- MARGALEF, R. 1948b. Materiales para una flora de las algas del NE de España. III a, Euclorophyceae. *Collectanea Botanica* **2**(2): 233-250.
- MARGALEF, R. 1951. Materiales para la hidrobiología de la isla de Ibiza. *P. Inst. Biol. Apl.* **8**: 5-70.
- MARGALEF, R. 1952. Materiales para la hidrobiología de la isla de Menorca. *P. Inst. Biol. Apl.* **11**: 5-112.
- MARGALEF, R. 1953. Materiales para la hidrobiología de la isla de Mallorca. *P. Inst. Biol. Apl.* **15**: 5-111.

- MARGALEF, R. 1955. Comunidades bióticas de las aguas dulces del noroeste de España. *P. Inst. Biol. Apl.* **21**: 5-85.
- MARGALEF, R. 1956. Algas de agua dulce del noroeste de España. *P. Inst. Biol. Apl.* **22**: 43-152.
- MARGALEF, R. 1976. Algas de agua dulce de Doñana. *Oecologia aquatica* **2**: 79-91.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega S. A., Eds., Barcelona. 1010 pp.
- MARGALEF, R., MIR, M. & ESTRADA, M. 1982. Phytoplankton composition and distribution as an expression of properties of reservoirs. *Can. Water Res. J.* **7**: 26-50.
- MARGALEF, R., PLANAS, D., ARMENGOL, J., VIDAL, A., PRAT, N., GUISET, A., TOJA, J. & ESTRADA, M. 1976. *Limnología de los embalses españoles*. MOPU, Madrid.
- MARVAN, P., KOMÁREK, J. & COMAS, A. 1984. Weighting and scaling of features in numerical evaluation of coccal green algae (genera of Selenastraceae). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **67**(4): 363-399.
- MATTOX, K. R. & STEWART, K. D. 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology. In *The systematics of the green algae* (Irvine, D. E. G. & John, D. M., eds.), pp. 29-72. Academic Press, London.
- MAYELI, S. M., NANDINI, S. & SARMA, S. S. S. 2004. The efficacy of *Scenedesmus* morphology as a defense mechanism against grazing by selected species of rotifers and cladocerans. *Aquatic Ecology* **38**: 515-524.

- McMANUS, H. A. & LEWIS, L. A. 2002. Phylogenetic Relationships Among *Pediastrum* spp. and *Hydrodictyon* spp. *Journal of Phycology* **38**(s 1): 27-28.
- MELKONIAN, M. 1990. Chlorophyte orders of uncertain affinities: order Microthamniales. In *Handbook of Protoctista* (L. Margulis, J. O. Corliss, M. Melkonian & D. J. Chapman, eds.), pp. 652-654, Jones and Barlett Publishers, Boston.
- MELKONIAN, M. & SUREK, B. 1995. Phylogeny of the Chlorophyta: congruence between ultrastructural and molecular evidence. *Bull. Soc. Zool. Fr.* **120**: 191-208.
- MOREIRA MADUEÑO, J. M. & MONTES DEL OLMO, C. (Coords.) 2005. Caracterización ambiental de humedales en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. 511 pp.
- MOSS, B., STEPHEN, D., ÁLVAREZ, C., BECARES, E., VAN DE BUND, W., COLLINGS, S. E., VAN DONK, E., DE EYTO, E., FELDMANN, T., FERNÁNDEZ ALÁEZ, C., FERNÁNDEZ ALÁEZ, M., FRANKEN, R. J. M., GARCÍA CRIADO, F., GROSS, E. M., GYLLSTRÖM, M., HANSSON, L. A., IRVINE, K., JÄRVALT, A., JENSEN, J-P., JEPPESEN, E., KAIRESALO, T., KORNIJÓW, R., KRAUSE, T., KÜNNAP, H., LAAS, A., LILL, E., LORENS, B., LUUP, H., MIRACLE, M. R., NÖGES, P., NYKÄNEN, N., OTT, I., PECZULA, W., PEETERS, E. T. H. M., PHILLIPS, G., ROMO, S., RUSSELL, V., SALUJÕE, J., SCHEFFER, M., SIEWERTSEN, K., SMAL, K., TESCH, C., TIMM, H., TUVIKENE, L., TONNO, I., VIRRO, T., VICENTE, E. & WILSON, D. 2003. The determination of ecological status in shallow lakes – a tested system (ECOFAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* **13**:507-549.

- MUKHTAR, A., GARTY, J. & GALUN, M. 1994. Does the lichen alga *Trebouxia* occur free-living in nature: further immunological evidence [Abstract]. *Symbiosis* **17**: 247-253.
- MUÑOZ-MEDINA, J. M., REINEFELD, H., FUERTES-LASALA, E. & LÓPEZ, M. L. 1974. Identificación y observaciones sobre algas en los sistemas de distribución y depósitos de agua de Pamplona (España). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* **31**(2): 15-41.
- NASELLI-FLORES, L. & BARONE, R. 2003. Steady-state assemblages in a Mediterranean hypertrophic reservoir. The role of *Microcystis* ecomorphological variability in maintaining an apparent equilibrium. *Hydrobiologia* **502**: 133-143.
- NICHOLS, H. W. & BOLD, H. C. 1965. *Trichosarcina polymorpha* gen. et sp. nov. *J. Phycol.* **1**: 34-38.
- NOGUEROL SEOANE, A. & RIFÓN LASTRA, A. 2000. Estudio de la ficoflora epilítica de las paredes graníticas exteriores de la iglesia románica de Sta. María de Fisterra (A Coruña, N. O. España). *Portugaliae Acta Biol.* **19**: 91-96.
- NYGAARD, G., KOMÁREK, J., KRISTIANSEN, J. & SKULBERG, O. M. 1986. Taxonomic designations of the bioassay alga NIVA-CHL 1 ("*Selenastrum capricornutum*") and some related strains. *Opera Bot.* **90**: 5-46.
- OBERNOSTERER, I. & HERNDL, G. J. 1995. Phytoplankton extracellular release and bacterial growth: dependence on the inorganic N:P ratio. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **116**: 247-257.

- OHMURA, Y., KAWACHI, M., KASAI, F., WATANABE, M. M. & TAKESHITA, S. 2006. Genetic combinations of symbionts in a vegetatively reproducing lichen, *Parmotrema tinctorum*, based on ITS rDNA sequences. *Bryologist* **109**: 43-59.
- OKADA, S., DEVARENNE, T. P. & CHAPPELL, J. 2000. Molecular characterization of squalene synthase from the green microalga *Botryococcus braunii*, race B. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **373**(2): 307-317.
- OKADA, Y. 1949. *Makinoella tosaensis*, a new genus of the Oocystaceae. *Jap. J. Bot.* **24**: 166-168.
- O'KELLY, C. J. & FLOYD, G. L. 1984. Correlations among patterns of sporangial structure and development, life histories, and ultrastructural features in the Ulvophyceae. In *The systematics of the green algae* (D. E. G. Irvine & D. M. John, ed.), pp. 121-156. Academic Press, London.
- ORTEGA CALVO, J. J., SÁNCHEZ CASTILLO, P. M., HERNÁNDEZ MARINÉ, M. & SAINZ JIMÉNEZ, C. 1993. Isolation and characterization of epilithic algae and cyanobacteria from two Spanish cathedrals (Salamanca and Toledo). *Nova Hedwigia* **57**(1-2): 239-253.
- PADISÁK, J., SORÓCZKI-PINTÉR, É. & REZNER, Z. 2003. Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton -- an experimental study. *Hydrobiologia* **500**: 243-257.

- PASCHER, A. 1915. Einzellige Chlorophyceen Gattungen unsicherer Stellung. In *Die Sübwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz* (Pascher, A., ed.), Vol. 5, Chlorophyceae 2, pp. 206-236, Jena.
- PASCHER, A. 1931. Systematische Übersicht über die mit Flagellaten im Zusammenhang stehenden Algenreihen und Versuch einer Einreihung dieser Algenstämme in die Stämme des Pflanzenreiches. *Beih. Bot. Cbl., Dresden* **48**(2): 317-322.
- PERAZA ZURITA, Y. Biodeterioro por microalgas en fuentes de mármol. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada. 172 pp.
- PERAZA ZURITA, Y., CULTRONE, G., SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. & BOLÍVAR GALIANO, F. 2002. Il biodeterioramento delle fontanedei Reales Alcazares di Siviglia e dell'Alhambra di Granada (Spagna). *Science and Technology for Cultural Heritage* **11**(1-2): 111-118.
- PÉREZ BALIERO, M. C., COMAS, A., DEL RÍO, J. G. & SIERRA, J. P. 2002. Planktonic Chlorophyceae from the lower Ebro River (Spain). *Acta Bot. Croat.* **61**(2): 99-124.
- PÉREZ MARTÍNEZ, C., BAREA ARCO, J. & SÁNCHEZ CASTILLO, P. 2001. Dispersal and colonization of the epibiont alga *Korshikoviella gracilipes* (Chlorophyceae) on *Daphnia pulex* (Cladocera). *J. Phycol.* **37**: 724-730.
- PÉREZ MARTINEZ, C. & CRUZ PIZARRO, L. 1995. Species-specific phytoplankton responses to nutrients and zooplankton manipulations in enclosure experiments. *Freshw. Biol.* **33**: 193-203.

- PÉREZ MARTÍNEZ, C., CRUZ PIZARRO, L. & SÁNCHEZ CASTILLO, P. 1992. Auxosporulation in *Cyclotella ocellata* (Bacillariophyceae) under natural and experimental conditions. *J. Phycol.* **28**: 608-615.
- PÉREZ-MARTINEZ, 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. Universidad de Granada, Granada. 168 pp.
- PETRY-HESSE, K. 1968. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an *Chromophyton rosanoffii* und einigen Chlorophyceen. *Österr. bot. Z.* **115**: 447-481.
- PEVELING, E. 1969. Elektronenoptische Untersuchungen an Flechten. II. Die Feinstruktur von *Trebouxia*-Phycobionten. *Planta* **87**: 69-85.
- PHILIPOSE, M. T. 1967. *Chlorococcales*, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 365 pp.
- PRINGSHEIM, E. G. 1912. Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen. Mitt. I. Die Kultur von Algen in Agar. *Beitr. Biol. Pfl.* **11**: 305-334.
- PRINGSHEIM, E. G. 1946. *Pure cultures of algae. Their preparation and maintenance*. Cambridge University Press, Cambridge. 119 pp.
- PRINTZ, H. 1927. *Chlorophyceae*. Engler, A. & Prantl, K., Eds. Die natürlichen Pflanzenfamilien, 3, Leipzig. 463 pp.

- QUADER, H., WAGENBRETH, I. & ROBINSON, D. G. 1978. Structure, synthesis and orientation of microfibrils. V. On the recovery of *Oocystis solitaria* from microtubule inhibitor treatment. *Cytobiologie* **18**: 39-51.
- REHÁKOVÁ, H. 1969. Die Variabilität der Arten der Gattung *Oocystis* A. Braun. In *Studies in Phycology* (Fott, B., ed.), pp. 145-198, Praha.
- REYMOND, O. L. 1979. Connaissance actuelle du genre *Treubaria* (Chlorococcales). *Schweiz. Z. Hydrol.* **40**: 344-349.
- REYMOND, O. L. 1980. Contribution à l'étude de *Treubaria* Bernard (Chlorococcales, Chlorophyceae). *Candoella* **35**: 37-70.
- REYNOLDS, C. S. 1997. *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*, Ecology Institute, Oldendorf.
- REYNOLDS, C. S. 2006. *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge. 535 pp.
- REYNOLDS, C. S., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L. & MELO, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.* **24**(5): 417-428.
- RIPPKA, R., DERUELLES, J., WATERBURY, J. B., HERDMAN, M. & STANIER, R. Y. 1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.* **111**: 1-61.
- RITCHIE, R. J., TRAUTMAN, D. A. & LARKUM, A. W. D. 1997. Phosphate uptake in the cyanobacterium *Synechococcus* R-2 PCC 7942. *Plant and Cell Physiology* **38**: 1232-1241.

- RIVERA GONZÁLEZ, M. C. 2004. Estudio taxonómico de las diatomeas planctónicas del litoral de Andalucía. Caracterización de las comunidades potencialmente tóxicas o nocivas. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada.
- ROBINSON, D. G. & WHITE, R. K. 1972. The fine structure of *Oocystis apiculata* W. West with particular reference to the cell wall. *Brit. Phycol. J.* **7**: 109-118.
- ROELKE, D. & BUYUCATES, Y. 2002. Dynamics of phytoplankton succession coupled to species diversity as a system-level tool for study of *Microcystis* population dynamics in eutrophic lakes. *Limnol. Ocenogr.* **47**: 1109-1118.
- ROGERS, C. E., MATTOX, K. R. & STEWART, K. D. 1980. The zoospore of *Chlorokybus atmophyticus*, a Charophyceae with sarcinoid growth habit. *Amer. J. Bot.* **67**: 774-783.
- ROJO, C. 1990. Estructura de la comunidad fitoplanctónica de la laguna hipertrófica "El Porcal" (Madrid). Tesis doctoral. Universidad de Valencia, Valencia. 343 pp.
- ROMO, S. J. 1991. Estudio del fitoplancton de la Albufera de Valencia, una laguna hipertrófica y somera, entre 1980 y 1988. Tesis doctoral. Universidad de Valencia, Valencia. 197 pp.
- ROUND, F. E. 1981. *The ecology of algae*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- SABATER, S. & NOLLA, J. 1991. Distributional patterns of phytoplankton in Spanish reservoirs: First results and comparison after fifteen years. *Verh. Int. Verein. Limnol.* **24**: 1371-1375.

- SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. 1982. *Estudio limnológico de dos ecosistemas hídricos de la provincia de Almería*. Instituto de estudios almerienses, Diputación de Almería, inédito.
- SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. 1983. Clorofitas de la ciudad de Granada. *Trabajos del Departamento de Botánica de la Universidad de Granada* **3**: 63-79.
- SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. 1986. Estudio de las comunidades fitoplanctónicas de las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada. Tesis doctoral. Universidad de Granada, Granada. 246 pp.
- SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. 1987a. Influencia de la salinidad sobre las poblaciones algales de tres lagunas litorales (Albuferas de Adra, Almería). *Limnética* **3**: 47-53.
- SÁNCHEZ CASTILLO, P. M. 1987b. Estudio del ciclo biológico de *Korshikoviella gracilipes* (Lambert) Silva (Chlorococcales, Chlorophyta). *Phycologia* **26**(4): 496-500.
- SANDERS, W. B. 2005. Observing microscopic phases of lichen life cycles on transparent substrata placed *in situ*. *Lichenologist* **37**: 373-382.
- SARMENTO, H., ISUMBISHO, M. & DESCY, J-P. 2006. Phytoplankton ecology of Lake Kivu (eastern Africa). *J. Plankton Res.* **28**(9): 815-829.
- SAWAYAMA, S., INOUE, S. & YOKOYAMA, S. 1995. Phylogenetic position of *Botryococcus braunii* (Chlorophyceae) based on small subunit ribosomal RNA sequence data. *J. Phycol.* **31**: 419-420.
- SCHMIDLE, W. 1892. Ueber einige neue und selten beobachtete Formen einzelliger Algen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* **10**: 206-211.

- SCHNEPF, E., KOCH, W. & DEICHGRÄBER, G. 1966. Zur Cytologie und taxonomischen Einordnung von *Glaucozystis*. *Arch. Mikrobiol.* **55**: 149-174.
- SENN, G. 1899. Über einige kolonienbildende einzellige Algen. *Bot. Ztg., Leipzig* **57**: 39-104.
- SENOUSY, H. H., BEAKES, G. W. & HACK, E. 2004. Phylogenetic placement of *Botryococcus braunii* (Trebouxiophyceae) and *Botryococcus sudeticus* isolate UTEX 2629 (Chlorophyceae). *J. Phycol.* **40**(2): 412-423.
- SKUJA, H. 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. *Symb. bot. Upsal.* **9**(3): 1-399.
- SKUJA, H. 1949. Zur Sübwasseralgen Burmas. *Nova Acta Soc. Sci. upsal., Ser. 4* **14**: 1-188.
- SKUJA, H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. *Nova Acta Soc. Sci. Upsal.* **16**(3): 1-404.
- SMITH, R. L. & BOLD, H. C. 1966. *Investigations of the algal genera Eremosphaera and Oocystis* Phycological Studies, 6, The University of Texas, Austin, Texas. 121 pp.
- STEINKÖTTER, J., BHATTACHARYA, D., SEMMELROTH, I., BIBEAU, C. & MELKONIAN, M. 1994. Prasinophytes form independent lineages within the Chlorophyta: evidence from ribosomal RNA sequence comparisons. *J. Phycol.* **30**(2): 340-345.

- STEWART, K. D. & MATTOX, K. R. 1975. Comparative cytology, evolution and classification of the green algae, with some consideration of the origin of other organisms with chlorophylls *a* and *b*. *Bot. Rev.* **41**: 104-135.
- TAKESHITA, S. 2001. A taxonomic revision of the genus *Trebouxia* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Hikobia* **13**: 425-455.
- TANG, K. W. 2003. Grazing and colony size development in *Phaeocystis globosa* (Prymnesiophyceae): the role of chemical signal. *J. Plankton Res.* **25**: 831-842.
- TAVERA, R., NOVELO, E. & COMAS, A. 2000. Chlorococcalean algae (s.l.) from the Ecological Park of Xochimilco, Mexico. *Algol. Stud.* **100**: 65-94.
- THOMPSON, R. H. 1952. A new genus and new records of algae in the Chloroccales. *Amer. J. Bot.* **39**(6): 365-367.
- TIFFANY, L. H. & AHLSTROM, E. H. 1931. New and interesting plankton algae from Lake Erie. *Ohio J. Sci.* **31**(6): 455-467.
- TILDEN, J. E. 1935. *Algae and their life relations*, Minnesota. 557 pp.
- TOJA, J. 1976. Limnología comparada de dos embalses con distinto grado de eutrofia (Aracena y La Minilla). Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- TOJA, J. 1980. Limnología del embalse de La Minilla durante 1976. I. Ciclo del fitoplancton en relación con los factores del medio. *Oecol. aquat.* **4**: 71-88.

- TOJA, J., GONZÁLEZ-RULL, J. & RAMOS, D. 1983. Phytoplankton succession in Aracena, La Minilla and El Gergal reservoirs (Huelva-Sevilla, Spain). *Wat. Supply* **1**(1): 103-113.
- TRAINOR, F. R. 1993. Cyclomorphosis in *Scenedesmus subspicatus* (Chlorococcales, Chlorophyta): simulation of colony development at low temperature. *Phycologia* **32**: 429-433.
- TRAINOR, F. R., CAIN, J. R. & SHUBERT, L. E. 1976. Morphology and nutrition of the colonial green alga *Scenedesmus*: 80 years later. *Bot. Rev.* **42**(1): 5-25.
- TSARENKO, P. M. 1990. *Kratig opredelitel chlorokokkovich vodoroslej Ukrainskoj SSR.*, Nauk. Dumkai, Kiev. 208 pp.
- TSCHERMAK-WOESS, E. 1978. *Myrmecia reticulata* as a phycobiont and free-living -- free-living *Trebouxia*-- The problem of *Stenocybe septata*. *Lichenologist* **10**: 69-79.
- TSCHERMAK-WOESS, E. 1989. Developmental studies in trebouxoid algae and taxonomical consequences. *Plant Syst. Evol.* **164**: 161-195.
- TURNER, W. B. 1892. *Algae aquae dulcis Indiae Orientalis*. The freshwater algae (principally Desmidiaceae) of East India. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl.* **25**(5): 1-187.
- TURPIN, P. J. F. 1828. Aperçu organographique sur le nombre deux. *Mem. Mus. Hist. natur., Paris* **16**: 296-344.

- USTINOVA, I., KRIENITZ, L. & HUSS, V. A. R. 2001. *Closteriopsis acicularis* (G. M. Smith) Belcher et Swale is a fusiform alga closely related to *Chlorella kessleri* Fott et Nováková (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Eur. J. Phycol.* **36**: 341-351.
- VANORMELINGEN, P., HEGEWALD, E., BRABAND, A., KITSCHKE, M., FRIEDL, T., SABBE, K. & VYVERMAN, W. 2007. The systematics of a small spineless *Desmodesmus* species, *D. costato-granulatus* (Sphaeropleales, Chlorophyceae), based on ITS2 rDNA sequence analyses and cell wall morphology. *J. Phycol.* **43**: 378-396.
- VELDHUIS, M. J. W., COLIN, F. & VENEKAMP, L. A. H. 1986. The spring bloom of *Phaeocystis pouchetii* (Haptophyceae) in Dutch coastal waters. *Neth. J. Sea Res.* **20**: 37-48.
- VERITY, P. G. & MEDLIN, L. K. 2003. Observations on colony formation by the cosmopolitan phytoplankton genus *Phaeocystis*. *J. Marine Syst.* **43**: 153-164.
- VERSCHOOR, A. M., VAN DER STAP, I., HELMSING, N. R., LÜRLING, M. & VAN DONK, E. 2004. Inducible colony formation within the Scenedesmaceae: Adaptive responses to info-chemicals from two different herbivore taxa. *J. Phycol.* **40**: 808-814.
- WATANABE, K., IMASE, M., SASAKI, K., OHMURA, N., SAIKI, H. & TANAKA, H. 2006. Composition of the sheath produced by the green alga *Chlorella sorokiniana*. *Letters in Applied Microbiology* **42**: 538-543.
- WATANABE, S. & FLOYD, G. L. 1992. Comparative ultrastructure of zoospores with parallel basal bodies from the green algae *Dictyochloris fragrans* and *Bracteacoccus* sp. *Amer. J. Bot.* **79**(5): 551-555.

- WATANABE, S. & FLOYD, G. L. 1996. Considerations on the systematics of coccoid green algae and related organisms based on the ultrastructure of swarmers. In *Cytology, genetics and molecular biology of algae* (Chaudhary, B. R. & Agrawal, S. B., eds.), pp. 1-19. SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands.
- WEST, G. S. & FRITSCH, F. E. 1927. *A treatise on the British freshwater algae*, Cambridge. 534 pp.
- WILCOX, L. W., LEWIS, L. A., FUERST, P. A. & FLOYD, G. L. 1992. Assessing the relationships of autosporic and zoosporic Chlorococcalean green algae with 18S rDNA sequence data. *J. Phycol.* **28**: 381-386.
- WILLE, N. 1897. Conjugatae und Chlorophyceae. In *Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil I.* (Engler, A. & Prantl, K., eds.), Vol. I, pp. 1-161.
- WILLE, N. 1909. Conjugatae und Chlorophyceae. *Engler, A. & Prantl, K.* In *Die natürlichen Pflanzenfamilien Nachträge zum I Teil*, pp. 1-136.
- WILLÉN, T. 1960. Phytoplankton algae from three Spanish lakes. *Sv. Bot. Tidskr.* **54**(4): 533-549.
- WILTSHIRE, K., BOERSMA, M. & MEYER, B. 2003. Grazer-induced changes in desmid *Staurastrum*. *Hydrobiologia* **491**: 255-260.
- WOLF, M., BUCHHEUM, M., HEGEWALD, E., KRIENITZ, L. & HEPERLE, D. 2002a. Phylogenetic position of the Sphaeropleaceae (Chlorophyta). *Plant Syst. Evol.* **230**: 161-171.

- WOLF, M., HEGEWALD, E., HEPERLE, D. & KRIENITZ, L. 2003a. Phylogenetic position of the Golenkiniaceae (Chlorophyta) as inferred from 18S rDNA sequence data. *Biologia, Bratislava* **58**: 433-436.
- WOLF, M., HEPERLE, D. & KRIENITZ, L. 2003b. On the phylogeny of *Radiococcus*, *Planktosphaeria* and *Schizochlamydelta* (Radiococcaceae, Chlorophyta). *Biologia, Bratislava* **58**(4): 759-765.
- WOLF, M., KRIENITZ, L. & HEPERLE, D. 2002b. Phylogenetic position of *Actinastrum hantzschii* LAGERHEIM 1882 (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Algol. Stud.* **104**: 59-67.
- YAMAGISHI, T. 1975. The plankton algae from Papua New Guinea. In *Reports on the cryptogams in Papua New Guinea* (Otani, Y., ed.), pp. 43-74, Tokyo.
- YAMAMOTO, M., KURIHARA, I. & KAWANO, S. 2005. Late type of daughter cell wall synthesis in one of the Chlorellaceae, *Parachlorella kessleri* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Planta* **221**: 766-775.
- YOSHIDA, T., HAIRSTON JR., J. R. & ELLNER, S. P. 2004. Evolutionary trade-off between defense against grazing and competitive ability in a simple unicellular alga, *Chlorella vulgaris*. *Proc. R. Soc. Lond.* **271**: 1947-1953.

ÍNDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS

A

Actinastrum, 164
Actinastrum hantzschii, 165
 var. *hantzschii*, 165
 var. *subtile*, 165
Ankistrodesmus, 142
Ankistrodesmus stipitatus, 143
Ankyra, 64
Ankyra judayi, 65
Ankyra lanceolata, 65

B

Botryococcaceae, 92
Botryococcus, 93
Botryococcus braunii, 93
Botryococcus cf. protuberans, 94
Botryococcus terribilis, 95

C

Characiaceae, 64
Chlorella, 143
Chlorella minutissima, 144
Chlorellaceae, 141
Closteriopsis, 145
Closteriopsis acicularis, 146
Coelastrum, 166
Coelastrum astroideum, 166
Coelastrum indicum, 167
Coelastrum microporum, 167
Coelastrum pseudomicroporum, 168
Coenococcus, 116
Coenococcus fottii, 116
Coenocystis, 118
Coenocystis tapasteana, 118
Crucigenia, 169
Crucigenia mucronata, 169
Crucigenia quadrata, 170
Crucigenia tetrapedia, 171
Crucigeniella, 171
Crucigeniella apiculata, 172
Crucigeniella pulchra, 173
Crucigeniella rectangularis, 173

D

Desmodesmus, 174
Desmodesmus abundans, 175
Desmodesmus armatus, 176
 var. *spinosus*, 176
Desmodesmus brasiliensis, 177
Desmodesmus cf. dispar, 181

Desmodesmus communis, 178
Desmodesmus costato-granulatus, 180
Desmodesmus grahneisii, 182
Desmodesmus opoliensis, 182
 var. *carinatus*, 183
 var. *mononensis*, 183
 var. *opoliensis*, 183
Desmodesmus protuberans, 184
Desmodesmus sp., 186
Desmodesmus spinosus, 185
Desmodesmus subspicatus, 187
Dicellula geminata, 88
Dichotomococcus, 97
Dichotomococcus curvatus, 97
Dictyosphaerium, 98
Dictyosphaerium ehrenbergianum, 99
Dictyosphaerium elongatum, 100
Dictyosphaerium pulchellum, 101
Dictyosphaerium subsolitarium, 102
Dictyosphaerium tetrachotomum, 103

F

Follicularia, 60
Follicularia sp., 61
Franceia, 121
Franceia ovalis, 121

G

Gloeotaenium, 122
Gloeotaenium loitlesbergerianum, 122
Golenkinia, 74
Golenkinia radiata, 74
Golenkiniaceae, 74

H

Hariotina, 188
Hariotina polychorda, 188
Hariotina reticulata, 189
Hydrodictyaceae, 77

K

Kirchneriella, 147
Kirchneriella contorta, 147
Kirchneriella irregularis, 148
 var. *spiralis*, 148
Kirchneriella rotunda, 149
Kirchneriella subcapitata, 149

L

Lagerheimia, 123
Lagerheimia ciliata, 123
Lagerheimia quadriseta, 124
Lagerheimia subsalsa, 125
Lobocystis, 104
Lobocystis cf. planctonica, 106
Lobocystis inconspicua, 105

M

Micractiniaceae, 87
Micractinium, 88
Micractinium crassisetum, 89
Micractinium pusillum, 89
Monoraphidium, 150
Monoraphidium arcuatum, 151
Monoraphidium contortum, 151
Monoraphidium convolutum, 152
Monoraphidium griffithii, 153
Monoraphidium komarkovae, 153
Monoraphidium minutum, 154

N

Nephrocytium, 126
Nephrocytium agardhianum, 126

O

Oocystaceae, 120
Oocystis, 127
Oocystis lacustris, 128
Oocystis marssonii, 129
Oocystis parva, 130
Oocystis solitaria, 131
Oocystis submarina, 132

P

Palmellaceae, 60
Paradoxia, 66
Paradoxia multisetata, 67
Pediastrum, 78
Pediastrum tetras, 84
Pediastrum boryanum, 79
 var. *boryanum*, 79
 var. *brevicorne*, 80
Pediastrum duplex, 80
Pediastrum simplex, 81
 var. *biwaense*, 82
 var. *echinulatum*, 83
 var. *simplex*, 82
Planktosphaeria, 61

Planktosphaeria gelatinosa, 62
Pseudoschroederia, 67
Pseudoschroederia antillarum, 68
Pseudoschroederia robusta, 69

Q

Quadricoccus, 108
Quadricoccus ellipticus, 108

R

Radiococcaceae, 115

S

Scenedesmaceae, 164
Scenedesmus, 189
Scenedesmus acuminatus, 190
Scenedesmus arcuatus, 192
 var. *arcuatus*, 192
 var. *platydiscus*, 192
Scenedesmus ellipticus, 193
Scenedesmus magnus, 186
Scenedesmus obliquus, 194
 var. *dimorphus*, 195
Scenedesmus obtusus, 195
Scenedesmus raciborskii, 196
Siderocelis, 155
Siderocelis ornata, 155

T

Tetrachlorella, 132
Tetrachlorella alternans, 133
Tetrachlorella ornata, 134
Tetraedron, 156
Tetraedron caudatum, 156
Tetraedron minimum, 157
Tetraedron regulare, 158
Tetrastrum, 197
Tetrastrum komarekii, 197
Tetrastrum staurogeniaeforme, 198
Tetrastrum triangulare, 199
Treubaria, 72
Treubaria schmidlei, 73
Treubariaceae, 72

W

Westella, 200
Westella botryoides, 200
Willea, 201
Willea cf. vilhelmii, 201

