



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTOR EN BIOLOGÍA

**CARACTERIZACIÓN LIMNOLÓGICA DE UN AMBIENTE
EUTRÓFICO: EL EMBALSE PASO DE LAS PIEDRAS,
ARGENTINA. BIOECOLOGÍA DEL FITOPLANCTON**

Carolina Fernández

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2010

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Biología, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia y del Instituto Argentino de Oceanografía durante el período comprendido entre el 17 de diciembre de 2004 y el 5 de agosto de 2010, bajo la dirección de la Dra. Elisa R. Parodi, Profesora Adjunta de Ecología Acuática de la carrera de Licenciatura en Ciencias Biológicas en la UNS e Investigadora Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y del Dr. Eduardo J. Cáceres. Profesor Titular de Biología de Algas y Hongos de la carrera de Licenciatura en Ciencias Biológicas en la UNS e Investigador Principal de la Comisión de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el/..../..... , mereciendo la calificación de(.....)

A Diego y Amanda

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Elisa Parodi y al Dr. Eduardo Cáceres por haberme brindado la posibilidad de realizar esta tesis bajo su dirección, por su colaboración en la investigación y por su constante apoyo y confianza.

A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por haberme apoyado económicamente a través de sus programas de becas.

Al Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) por haberme abierto las puertas de sus instalaciones para realizar este trabajo.

Al Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional del Sur, en especial al Laboratorio de Ecología Acuática, por brindarme sus instalaciones.

A la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Sur por los subsidios para proyectos de investigación otorgados a la Dra. Elisa R. Parodi, que posibilitaron la realización de este trabajo de tesis.

A la Autoridad del Agua de la Provincia de Bs. As. que brindó la autorización y el apoyo logístico para realizar el estudio dentro del marco del convenio UNS-ABS-ORAB-ADA.

Al personal del Laboratorio de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA) por las determinaciones de nutrientes.

Al Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional del Sur, por cederme los datos meteorológicos, los niveles del embalse y los caudales de los tributarios.

Al guardaparques del Dique Paso de las Piedras, el Sr. Miguel Dure, por su invaluable ayuda durante las campañas.

A Profertil S.A. por la determinación de los sólidos suspendidos totales.

A los Dres. A. Russo, R. Boland y V. González Pardo del Laboratorio de Química Biológica del Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia por la colaboración prestada al permitirme utilizar el espectrofotómetro.

Al Lic. Ricardo Camina por el asesoramiento en el tratamiento estadístico de los datos.

A mis compañeras de laboratorio y amigas Coty, Cecilia, Amira, Vanina y Emilia por su compañía, por su ayuda y por los gratos momentos compartidos dentro y fuera de nuestro lugar de trabajo.

A mis amigos y amigas, muy especialmente a Vanesa y Leticia, por estar siempre cerca y darme una mano siempre que la necesité.

A mis padres y hermana, por estar siempre cerca incondicionalmente.

A Diego y Amanda, por su amor y paciencia, por ser quienes todos los días hacen más linda la tarea de trabajar e investigar.

RESUMEN

Este estudio comprende investigaciones ecológicas y taxonómicas del fitoplancton del embalse Paso de las Piedras (38-39 °S y 61-62 °O) única fuente de provisión de agua para las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta, durante el período enero de 2004–junio de 2005 y tuvo como objetivo general valorar las características limnológicas y las condiciones bioecológicas del fitoplancton del embalse Paso de las Piedras, evaluar el estado trófico actual e identificar a las poblaciones de algas causantes de proliferaciones masivas. El trabajo se fundamenta en la vital importancia de este recurso de agua y trata de aportar elementos de juicio fundados para la implementación de estrategias de manejo, tanto del lago como de su cuenca de drenaje, tendientes a mejorar la calidad del mismo y/o prevenir situaciones que en un futuro podrían dificultar la utilización de dicho recurso para consumo humano. Se realizaron muestreos con una frecuencia semanal y/o quincenal, intensificados a dos veces por semana entre enero y abril de 2004. Las variaciones en la estructura de la comunidad fueron analizadas sobre la base de datos de densidad, biovolumen, riqueza específica, diversidad, dominancia, equitatividad, estructura de tamaños y estructura funcional, en relación con las principales variables climáticas y fisicoquímicas. El estado trófico del embalse se determinó mediante el empleo de los esquemas de clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, el índice de Carlson y los coeficientes de Nygaard. Se observaron diferencias espaciales en algunos parámetros fisicoquímicos que influyeron sobre ciertos atributos biológicos y que estarían relacionados con diferencias en la calidad de agua aportada por los dos afluentes principales al embalse: Río Sauce Grande y

arroyo El Divisorio. Las variaciones estacionales en los parámetros fisicoquímicos y biológicos por su parte estuvieron relacionadas con cambios en las condiciones ambientales e hidrológicas. Si se consideran los datos de fósforo total el reservorio puede ser considerado dentro de la categoría hipertrófico, mientras que si se tienen en cuenta las restantes variables así como la composición del fitoplancton el embalse puede ser clasificado dentro de la categoría de eutrófico. Se registraron un total de 162 taxones pertenecientes a 9 grupos taxonómicos; las clases Chlorophyceae (43%), Cyanoprocariota (22%) y Bacillariophyceae (21%) presentaron el mayor número de especies. *Microcystis natans*, *Synechocystis aquatilis* y *Microcystis flos-aquae* dominaron en términos de densidad; *Staurastrum gracile*, *Aulacoseira granulata* y *Cryptomonas ovata* en términos de biovolumen y *Cyclotella meneghiniana*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis* y *Stephanodiscus* sp. dominaron tanto en términos de densidad como de biovolumen.

La estructura de la comunidad fitoplanctónica estuvo altamente correlacionada con las variables ambientales; durante el año 2004 se identificaron seis estados sucesionales que coincidieron con el modelo del Plankton Ecology Group. Se registraron 19 grupos funcionales y el análisis temporal de la clasificación funcional resultó ser una herramienta útil para reconstruir la estructura del fitoplancton. La temperatura del agua y la concentración de fósforo, junto con el nivel del lago y el pH explicaron una proporción altamente significativa de la variación en los grupos funcionales tanto en términos de densidad como en términos de biovolumen. Durante el período de estudio ocurrieron dos proliferaciones superficiales de cianobacterias, los organismos que dominaron correspondieron a los órdenes Chroococcales (*Microcystis* spp.) y Nostocales (*Anabaena circinalis*).

Cuando se estudió la sucesión del fitoplancton y la diversidad de la comunidad en términos de densidad se observaron diferencias importantes con respecto a cuando se lo hizo en términos de biovolumen. Diferentes especies de algas fitoplanctónicas se observaron parasitadas por hongos, siendo las más frecuentes la infección de *Closterium aciculare* por *Rhizophydium couchii* y la de *Oocystella parva* y *Oocystella lacustris* por un organismo con características morfológicas similares a *Chytridium deltanum*.

ABSTRACT

This study includes taxonomic and ecological investigations of the phytoplankton from Paso de las Piedras Reservoir (38-39 °S y 61-62 °O), the unique source of drinking water for the cities of Bahía Blanca and Punta Alta, from January 2004 to June 2005. The general aims were to analyze the limnological characteristics and the bioecological conditions of the phytoplankton of Paso de las Piedras Reservoir, to evaluate the present trophic status and to identify algal populations that may cause water blooms. The study is based on the vital importance of this water resource and it is an attempt to give judgment elements for the implementation of management strategies, both in the lake as in the catchment area, to improve the water quality and/or to prevent consequences that in the future could make difficult the use of this resource for human consumption. Samplings were made weekly and/or bi-weekly, and the frequency was increased to two times per week from January to April 2004. Community variations were analyzed in relation to density, biovolume, specific richness, diversity, equitability, dominance, size structure and functional grouping, in relation to the main physical, chemical and climatic variables. The trophic status was determined applying the classification system from the Organisation for Economic Co-operation and Development, the Carlson's index and the Nygaard's coefficients. Spatial differences in some physicochemical parameters were observed and they had influences on some biological attributes. Such differences would be related to differences in the quality of the water provided by the two main tributaries to the reservoir: Sauce Grande River and El Divisorio Stream.

On the other hand, physicochemical seasonal variations of biological parameters were related to changes in climatic and hydrological conditions.

Taking into consideration the total phosphorus data the reservoir is classified within the hypertrophic category, whereas considering the remaining variables as well as the phytoplankton composition, the reservoir would be classified within the eutrophic category. A total of 162 taxa were registered belonging to 9 taxonomic groups. Chlorophyceae (43%), Cyanoprocariota (22%) and Bacillariophyceae (21%) were the classes that presented the highest number of species. *Microcystis natans*, *Synechocystis aquatilis* and *Microcystis flos-aquae* were dominant species in terms of density; *Staurastrum gracile*, *Aulacoseira granulata* and *Cryptomonas ovata* were dominant species in terms of biovolume and *Cyclotella meneghiniana*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis* and *Stephanodiscus* sp. were dominant both in terms of density as biovolume. The community structure had high correlation with environmental variables. During 2004 there were identified six succesional stages that agreed with the Plankton Ecology Group model. A total of 19 functional groups were registered. The temporal analysis of the functional classification was a useful tool to the reconstruction of the phytoplankton structure. Water temperature and phosphorus concentration, along with the level of the lake and the pH, explained a highly significant proportion of the variation in functional groups, both in terms of density as in terms of biovolume. During the period of study, two cyanobacterial proliferations happened; the dominant species belonged to the orders Chroococcales (*Microcystis* spp.) and Nostocales (*Anabaena circinalis*). When phytoplankton succession and diversity were studied in terms of density , differences with respect to the same studies in terms of biovolume were observed. Some phytoplankton

microalgae were observed to be parasitized by fungi, being the most ubiquitous *Rhizophydium couchii* on *Closterium aciculare* and *Chytridium deltanum* on *Oocystella parva* and *Oocystella lacustris*.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

1. El agua en el mundo	1
2. Los embalses	1
3. La eutrofización	2
3.1. La situación en Argentina	6
4. Proliferaciones masivas de cianobacterias	7
5. El fitoplancton	9
5.1. Factores que afectan la estructura de las comunidades fitoplanctónicas	10
5.2. Patología de las poblaciones fitoplanctónicas	12
<i>Figura 1</i>	15
<i>Tabla 1</i>	16-20

OBJETIVOS

1. Objetivo general	21
2. Objetivos específicos	21

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Caracterización del área de estudio	23
2. Muestreos	24
3. Variables climáticas	26
4. Variables físicoquímicas	26
5. Variables biológicas	27
5.1. Análisis cualitativo del fitoplancton	27
5.2. Aspectos taxonómicos	28
5.3. Análisis cuantitativo del fitoplancton	30
5.4. Estimación de la biomasa fitoplanctónica a partir de los biovolúmenes	31
5.5. Estimación de la biomasa fitoplanctónica a partir de la concentración de clorofila <i>a</i>	32
5.6. Frecuencia de ocurrencia (%)	33
6. Índices biológicos	34
6.1. Diversidad (H') de Shannon	34
6.2. Equitatividad (E)	34
6.3. Dominancia (D)	34
7. Determinación del estado trófico	34
8. Análisis de los datos	36
8.1. Caracterización del embalse	36
8.2. Caracterización y ordenamiento de los sitios y fechas de muestreo sobre la base de las variables físicoquímicas	37
8.3. Análisis de la estructura de tamaño de la comunidad y clasificación funcional del fitoplancton	38
8.4. Análisis de la secuencia temporal y espacial de la abundancia y biomasa de la comunidad fitoplanctónica	38

8.5. Evaluación de las diferencias en los valores de los índices de Carlson	39
8.6. Cálculo de la prevalencia de infección	39
9. Microscopía electrónica de barrido	39
9.1. Acondicionamiento y fijación del material	39
9.2. Deshidratación	40
9.3. Secado	40
9.4. Metalizado	40
9.5. Montado y observación	41
<i>Figura 2</i>	42
<i>Tablas 2 - 6</i>	43-48

RESULTADOS

1. La comunidad fitoplanctónica	49
1.1. Composición específica	49
Orden Chroococcales	49
Orden Oscillatoriales	58
Orden Nostocales	63
Orden Chlorococcales	64
Orden Volvocales	90
Orden Desmidiáles	92
Orden Zygnematales	96
Orden Monosigales	97
Orden Stylococcales	97
Orden Mischococcales	98
Orden Tribonematales	99
Orden Centrales	99
Orden Pennales	101
Orden Cryptomonadales	115
Orden Peridinales	116
Orden Euglenales	117
<i>Figuras 3 – 20</i>	119-136
2. Caracterización limnológica del embalse Paso de las Piedras	137
2.1. Variables climáticas e hidrológicas	137
2.1.1. Precipitaciones	137
2.1.2. Viento	137
2.1.3. Nivel del embalse	137
2.1.4. Temperatura del aire	138
2.2. Variables fisicoquímicas	138
2.2.1. Temperatura del agua	138
2.2.2. pH	139
2.2.3. Visibilidad del disco de Secchi y profundidad de la zona eufórica	139
2.2.4. Conductividad eléctrica	140
2.2.5. Sólidos suspendidos totales	141
2.2.6. Nutrientes en el agua	141
2.2.6.1. Nitrato	141
2.2.6.2. Nitrito	142

2.2.6.3. Amonio	142
2.2.6.4. Fósforo total	142
2.2.6.5. Fósforo reactivo soluble	142
2.2.6.6. Sílice	143
2.2.7. Relación N:P	143
2.2.8. Carbono total y nutrientes en el sedimento	143
2.3. Clorofila <i>a</i>	144
2.4. Análisis de componentes principales (ACP)	145
<i>Figuras 21 - 45</i>	146-163
3. Estado trófico actual y calidad del agua	164
3.1. Esquemas de clasificación de la OCDE	164
3.2. Índice de estado trófico de Carlson (TSI)	165
3.3. Coeficientes de Nygaard	166
<i>Figuras 46 – 48</i>	167-169
<i>Tablas 7 – 9</i>	170-172
4. Aspectos ecológicos del fitoplancton	173
4.1. Composición taxonómica	173
4.2. Riqueza específica	174
4.3. Densidad	175
4.4. Biovolumen	176
4.5. Frecuencia de ocurrencia	178
4.6. Taxones dominantes y/o abundantes sobre la base de la densidad	178
4.7. Taxones dominantes y/o abundantes sobre la base del biovolumen	179
4.8. Índices biológicos	179
4.8.1. Diversidad	179
4.8.2. Dominancia	180
4.8.3. Equitatividad	180
4.9. Especies descriptoras	181
4.10. Estudio de la sucesión sobre la base de la densidad y el biovolumen de las especies descriptoras	181
4.11. Estructura de tamaños (MDAL) de la comunidad fitoplanctónica sobre la base de la densidad de las especies descriptoras	186
4.12. Estructura de tamaños (MDAL) de la comunidad fitoplanctónica sobre la base del biovolumen de las especies descriptoras	187
4.13. Clasificación funcional del fitoplancton	187
4.14. Análisis de Correspondencia Canónico (ACC)	189
4.14.1. Relación entre las especies descriptoras y las variables ambientales sobre la base de la densidad	189
4.14.2. Relación entre las especies descriptoras y las variables ambientales sobre la base del biovolumen	190
4.14.3. Relación entre los grupos funcionales y las variables ambientales sobre la base de la densidad	191
4.14.4. Relación entre los grupos funcionales y las variables ambientales sobre la base del biovolumen	192
<i>Figuras 49 – 70</i>	194-215
<i>Tablas 10 – 19</i>	216-230

5. Hongos parásitos de microalgas fitoplanctónicas	231
5.1. Detalles de la infección sobre <i>Closterium aciculare</i>	231
5.2. Detalles de la infección sobre <i>Oocystella parva</i> y <i>Oocystella lacustris</i>	232
5.3. Otros hongos parásitos observados	233
5.4. Impacto de <i>Rhizophyidium couchii</i> sobre la población de <i>Closterium aciculare</i>	233
<i>Figuras 71 – 80</i>	236-241

DISCUSIÓN

1. Variables ambientales y fisicoquímicas y su relación con la calidad del agua	242
2. Transparencia y dinámica de los principales nutrientes	243
3. Estado trófico del embalse Paso de las Piedras	249
4. Estructura de la comunidad fitoplanctónica	250
4.1. Riqueza, densidad y biovolumen	250
4.2. Índices biológicos	252
5. Sucesión y dinámica del fitoplancton	254
6. Clasificación funcional del fitoplancton y su relación con las variables abióticas	258
7. Estructura de tamaños del fitoplancton	264
8. Proliferaciones de cianobacterias	266
9. Hongos parásitos de microalgas fitoplanctónicas	270
10. Estrategias de manejo y perspectivas	273

CONCLUSIONES	278
--------------	-----

PROYECCIONES	284
--------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	286
--------------	-----

ANEXOS	I-XXXIII
--------	----------

INTRODUCCIÓN

1. El agua en el mundo

El agua dulce es un recurso indispensable para la humanidad por sus usos doméstico e industrial, riego y generación de energía eléctrica, pescas recreativa y comercial, esparcimiento y turismo. Representa sólo el 2,5% del agua existente en el planeta y gran parte de ella está inmovilizada en forma de hielos o glaciares por lo que apenas un 0,007% del agua total está disponible para ser utilizada (Figura 1, página 15). Alrededor del 70 % del agua dulce que puede utilizar el hombre está contenida en lagos naturales y ríos. El hombre ha creado, además, numerosos lagos artificiales o embalses mediante la construcción de presas sobre los ríos con el fin de posibilitar un mayor aprovechamiento del este recurso.

Actualmente se extraen aproximadamente 3800 km³ anuales de agua de los lagos, ríos y acuíferos del mundo, el doble del volumen que se extraía hace 50 años (Comisión Mundial de Represas, 2000). Su escasez es uno de las principales amenazas del siglo XXI. No sólo es ya un recurso limitado en muchas partes del mundo sino que la situación se agravará aún más durante las próximas décadas debido al incremento poblacional, la creciente urbanización y el cambio climático, factores que no sólo incrementan la demanda de agua sino que también provocan una creciente contaminación de los ecosistemas acuáticos (Jackson *et al.*, 2001).

2. Los embalses

Los embalses son híbridos entre lagos naturales y ríos. En ellos la tasa de renovación del agua es más rápida que en un lago natural y más lenta que en un río.

La construcción de embalses incide sobre el ecosistema fluvial preexistente y modifica su sucesión y evolución naturales (Margalef, 1983). De ese modo, las organizaciones vertical del lago natural y horizontal del río no se verifican sino que son reemplazadas por otra organización intermedia y característica, de la cual un elemento importante es la asimetría entre la presa o dique y la cola del embalse (Margalef, 1983). Cuanto mayor sea la influencia de las actividades humanas, mayores serán las diferencias entre los lagos naturales y los embalses. Así, existen embalses que evolucionarán como lagos naturales y otros que no se parecerán en nada a ellos (Dussart, 1984).

Numerosos embalses han sido construidos en todo el mundo, tanto en regiones donde las reservas naturales de agua son escasas como donde éstas son abundantes (Straskraba & Tundisi, 1999). El siglo pasado fue testigo de un rápido incremento en la construcción de grandes represas, especialmente en el período de crecimiento económico posterior a la Segunda Guerra Mundial, cuando se dio un aumento fenomenal en la tasa global de construcción de represas, que duró hasta los años 70 y 80 (Comisión Mundial de Represas, 2000). Su vida es relativamente breve (entre 60 y 70 años) por el gran aporte de sedimentos que depende del estado de conservación de los suelos y del grado de erosión de la cuenca.

3. La eutrofización

Todos los embalses tienen una tendencia general a la eutrofización y a la contaminación debido a su proximidad a las actividades humanas. La OCED (Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo) define a la eutrofización como “el enriquecimiento en nutrientes de las aguas, que estimula una serie de cambios sintomáticos, entre los que está el incremento en la producción de

algas y macrófitas, el deterioro de la calidad del agua y otros cambios que resultan indeseables e interfieren con la utilización del recurso” (Ryding & Rast, 1992). En los embalses, la producción primaria es muy similar a la de los lagos y es muy poco dependiente del retorno a la superficie de los elementos nutritivos acumulados en las capas profundas o de los resultantes de los procesos vitales, sino que existe una importante hidro-alimentación superficial de aporte de nutrientes (Margalef, 1983).

La eutrofización, según algunos autores, es en realidad un proceso natural de maduración (conocido como *lake ageing*) que ocurre virtualmente en todos los cuerpos de agua (Laws, 1993). Según este concepto, el estado original de los lagos debe asumirse como oligotrófico y con el paso del tiempo al haber una acumulación de sedimentos, el lago irá cambiando hacia eutrófico. Los primeros parámetros en modificarse serán la cantidad y el tipo de fitoplancton, las curvas de oxígeno y la profundidad media, por último cambiará la fauna del fondo. El lago eutrófico desaparecerá como lago cuando la vegetación litoral logre enraizarse en sus sedimentos y se transforme en un pantano bajo. No obstante, este proceso tiene lugar a tasas muy diferentes en los distintos lagos (Welch, 1952); por ejemplo, para la mayoría de los grandes lagos del hemisferio norte este proceso de maduración sería extremadamente largo y es más probable que los lagos permanezcan oligotróficos hasta ser destruidos por algún proceso catastrófico como el que les dio origen, a que alguna vez alcancen la comunidad climax (Horne & Goldman, 1994). Más aún, la evidencia paleolimnológica sugiere que algunos lagos profundos han pasado de oligotróficos a eutróficos y luego nuevamente a oligotróficos, pudiendo este ciclo ocurrir muchas veces durante la existencia de un lago, ligado a cambios climáticos regionales (Mori, 1974; Horie, 1981).

En la mayoría de los casos, los principales nutrientes causantes de la progresión de oligotrofia al estado más productivo son el fósforo y el nitrógeno. Normalmente los lagos oligotróficos están limitados por el fósforo y contienen un exceso relativo de nitrógeno. Cuando los lagos se hacen más productivos, el principal causante es el aumento en la entrada de fósforo (Wetzel, 1981). La “eutrofización cultural” (también llamada “artificial”, “antropogénica” o “provocada por el hombre”) es simplemente la aceleración de la eutrofización como consecuencia de la actividad humana. Ella puede causar serios inconvenientes si el sistema no es manejado adecuadamente y especialmente si el incremento en la productividad y sus efectos asociados hacen imposible el uso del recurso (Laws, 1993).

Entre las principales causas que contribuyen a la eutrofización de embalses encontramos factores relacionados con la cuenca de drenaje, tanto naturales como antrópicos. Los primeros incluyen la localización geográfica, la hidrología, la geología y la fisiología geoquímica de dicha cuenca y el clima. Estos factores pueden influir significativamente en la entrada de nutrientes a la masa de agua y por lo tanto en su productividad biológica global. Los factores antrópicos comprenden fuentes localizadas, como por ejemplo el vertido de líquidos provenientes de plantas de tratamiento de residuos y fuentes no localizadas, tales como la utilización de la tierra con fines agrícola-ganaderos (Ryding & Rast, 1992).

La eutrofización ha sido reconocida como un problema de contaminación en lagos y reservorios de Europa y Norteamérica desde mediados del siglo XX, desde entonces el problema se ha generalizado. Aproximadamente un 54% de los lagos en Asia son eutróficos, lo mismo ocurre en un 53 % de los lagos de Europa, en un 48 % en Norteamérica, en un 41 % en Sudamérica y en un 28 % en África (Chorus & Bartram, 1999).

Entre los principales síntomas de la eutrofización encontramos (Margalef, 1983):

- Altos niveles de productividad y biomasa en todos los niveles tróficos.
- Frecuentes proliferaciones algales.
- Altas cantidades relativas de algas verdes y verde-azuladas.
- Algas distribuidas, por lo general, sólo en las aguas superficiales, con limitada migración diaria.
- Aguas profundas (hipolimnion) anóxicas durante el período de estratificación térmica.
- Menor número de especies animales y vegetales.
- Crecimiento intenso de macrófitas en la zona litoral.
- Aguas turbias.
- Sustitución de especies ícticas.

Las categorías conocidas como estado trófico son en realidad divisiones artificiales de un continuo; numerosos autores han desarrollado índices y modelos que intentan establecer, en forma numérica, el estado trófico de los diferentes cuerpos de agua, dichos índices emplean parámetros químicos, físicos y biológicos. Un índice frecuentemente usado es el índice de Carlson (Carlson, 1977), el cual se basa en la clorofila, la profundidad de visión del disco de Secchi y la concentración de fósforo total.

Según Margalef (1983), la estructura de las comunidades fitoplanctónicas puede ser empleada como un buen indicador de los cambios en la calidad de agua, ya que los organismos actúan como indicadores muy sensibles a las propiedades del medio en el que se encuentran.

3.1. La situación en Argentina

En nuestro país existen más de 100 embalses (Tabla 1, página 16) con una capacidad total en torno a los 186 km³. Los grandes embalses, es decir aquellos cuya capacidad es superior a los 1000 hm³, almacenan el 96% de la capacidad total (FAO AQUASTAT, 2002). Asimismo, Argentina posee una gran variedad de lagos, tanto en lo referente a su origen, como a su tamaño, forma, características químicas de sus aguas y fertilidad natural. Los lagos más profundos están situados en la Patagonia Andina y su estado trófico va de ultraoligotrófico a oligotrófico; generalmente se trata de ambientes poco perturbados, aunque en ocasiones se han registrado problemas de calidad de agua en lagos situados cerca de concentraciones urbanas de mediano tamaño (por ejemplo, Lago Lacar y Lago Nahuel Huapi). Los lagos y embalses de la Planicie Patagónica varían entre mesotróficos y eutróficos y también pueden considerarse como poco perturbados, los problemas de eutrofización que presentan en ocasiones se deben a su uso para actividades de riego semi-intensivo y/o cría de peces. Los embalses y lagos ubicado en las regiones áridas del centro-oeste y noroeste de Argentina varían entre mesotróficos y eutróficos y están altamente impactados por la agricultura bajo riego, el manejo pecuario en alta pendiente, la erosión del suelo, la minería, la descarga de efluentes domésticos no tratados, los molinos de cañan de azúcar y otras industrias alimenticias; en algunos de estos reservorios se han registrado densas proliferaciones de cianobacterias. Los lagos de la llanura Chaco–Pampeana son lagos poco profundos y naturalmente eutróficos o hipereutróficos; además, estos lagos están altamente expuestos a la agricultura, a la ganadería y a diferentes tipos de actividades industriales (Quirós, 1998; Quirós & Drago, 1999; Quirós, 2000).

La mayoría de los problemas de calidad de agua en lagos y embalses argentinos están relacionados con las descargas de fuentes puntuales no tratadas provenientes de áreas urbanas y con contaminantes provenientes de fuentes difusas resultantes de las diversas actividades que tienen lugar en la cuenca de drenaje, tales como agricultura, producción animal, deforestación, minería, escurrimiento urbano, etc. (Quirós & Drago, 1999).

4. Proliferaciones masivas de cianobacterias

Una consecuencia especialmente indeseable de la eutrofización es el desarrollo masivo de cianobacterias, las que tienden a formar densos *blooms* superficiales (Lampert & Sommer, 1997). El término *bloom* no tiene una definición exacta, pero generalmente se lo emplea para describir una biomasa fitoplanctónica mayor al promedio del lago, que generalmente incluye a sólo una o dos especies (Oliver & Ganf, 2000).

Los *blooms* superficiales están formados por organismos que tiene la capacidad de modificar su posición en la columna de agua debido a la presencia de vacuolas de gas en el interior de sus células (Moss, 1998), entre ellas encontramos especies de los géneros: *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa*, *Coelosphaerium*, *Cylindrospermopsis*, *Gloeotrichia*, *Gomphosphaeria*, *Lyngbya*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena*, *Synechocystis*, *Synechococcus* (De León, 2002). No obstante, algunas proliferaciones masivas de cianobacterias, tales como *Planktothrix* spp., *Oscillatoria* spp, *Planktolyngbya* spp., no se acumulan en la superficie sino en niveles más profundos y menos iluminados (Reynolds *et al.*, 1983).

La presencia y dinámica de vacuolas de gas permite que las células migren verticalmente en la columna de agua: hacia la superficie durante las horas de más luz de la mañana para ir luego hacia las capas más profundas a medida que progresa el día, debido a que la producción de carbohidratos durante la fotosíntesis aumenta la densidad celular por el colapso de las vacuolas de gas. Durante la noche, se agotan sus reservas de carbohidratos y disminuye nuevamente su densidad por la reorganización de las vacuolas de gas. De este modo, estas algas pueden mantener una posición óptima en la columna de agua con respecto a la intensidad lumínica y a la disponibilidad de nutrientes. Los *blooms* superficiales pueden aparecer también repentinamente como resultado de la migración de una población existente dispersa en la columna de agua. Esta aparición repentina frecuentemente se encuentra asociada a condiciones de reducida turbulencia, las que permiten la migración por flotación hacia la superficie (Oliver & Ganf, 2000). Además de la estabilidad en la columna de agua, las condiciones que favorecen el desarrollo de proliferaciones masivas de cianobacterias incluirían altas temperaturas, incremento en la radiación fotosintéticamente activa y altas concentraciones de fósforo y carbono orgánico; a su vez una baja relación N:P podría también favorecer el desarrollo de cianobacterias fijadoras de nitrógeno (Paerl, 1988b).

Entre los inconvenientes más graves ocasionados por las proliferaciones algales en los reservorios destinados al consumo humano se destacan las alteraciones en el sabor, olor y color del agua, la obstrucción de filtros en plantas potabilizadoras, así como la producción de toxinas por algunas especies de cianobacterias (Dow & Swoboda, 2000). Además, la turbidez generada por las algas limita el uso recreativo y disminuyen el valor estético de los cuerpos de agua (Chorus & Bartram, 1999).

El número de ambientes en riesgo de sufrir proliferaciones algales masivas parece estar aumentando a medida que se altera su estado trófico. En Argentina se han registrado proliferaciones de cianobacterias desde 1950, la mayoría de ellas en embalses destinados al consumo humano, siendo *Anabaena* y *Microcystis* los géneros más conspicuos (Pizzolon *et al.* 1999).

5. El fitoplancton

Los organismos fitoplanctónicos son los principales productores primarios de los ecosistemas acuáticos. Incluyen diferentes algas y cianobacterias en un rango de tamaños que va de 0,5 μm hasta más de 2 mm.

La característica principal de las comunidades fitoplanctónicas es la coexistencia simultánea de numerosas poblaciones en un mismo hábitat lacustre. Cada especie tiene un nicho basado en sus necesidades fisiológicas en relación con las variaciones de los factores del hábitat (Wetzel, 1981). Según las características del ecosistema entero, el plancton puede aparecer dominado por unas pocas especies o bien por muchas (Margalef, 1983). Según Hutchinson (1961) la coexistencia de numerosas especies en el fitoplancton de un mismo lago constituye una paradoja (“la paradoja del plancton”), pues va contra una de las teorías ecológicas más importantes, el principio de exclusión competitiva de Hardin (1960), según el cuál en un mismo ambiente podrían coexistir sólo tantas especies como factores limitantes haya.

Las comunidades fitoplanctónicas sufren cambios en su estructura que siguen un ciclo estacional; estos cambios están influenciados por factores físicos (mecanismos alogénicos) que destruyen o modifican el ambiente en favor de las especies tolerantes o por la acción de los propios organismos que alteran el ambiente

haciéndolo apto para el establecimiento de individuos de otras especies (mecanismos autogénicos) (Reynolds, 1988). Según Reynolds (1984b) el término “sucesión” debería utilizarse sólo para la respuesta autogénica de la comunidad. En las regiones templadas y polares hay un mayor contraste entre las comunidades fitoplanctónicas de invierno y verano, mientras que en los trópicos la mayor diferencia se da entre la estación lluviosa y seca (Horne & Goldman, 1994).

Por otra parte, el aumento en la concentración de nutrientes no sólo provoca cambios en la cantidad de fitoplancton sino que también afecta su composición y periodicidad, provocando un aumento en la abundancia de cianobacterias y dinoflagelados (Smith, 1990). Reynolds (1998), no obstante, advierte sobre el uso de clases e incluso órdenes o géneros para caracterizar exclusivamente a una parte del espectro trófico, ya que puede ocurrir que distintas especies de un mismo orden o género sean características de ambientes con concentraciones de nutrientes muy diferentes. Dicho autor, en cambio, propone el empleo de asociaciones funcionales de especies, que son grupos polifiléticos de organismos que comparten atributos adaptativos y que por lo tanto son indicativas de un hábitat limnético particular (por ejemplo de lagos templados mesotróficos, etc.). El esquema de clasificación funcional propuesto por Reynolds ha sido aplicado con éxito tanto en ambientes marinos como dulceacuícolas (Huszar & Caraco, 1998; Padisák & Reynolds, 1998; Kruk *et al.*, 2002; Smayda & Reynolds, 2001, 2003; Moura *et al.*, 2007; Alves-de-Souza *et al.*, 2006, 2008; Fonseca & Bicudo, 2008) y ha resultado ser un indicador más preciso que los grupos taxonómicos (Huszar & Caraco, 1998; Kruk *et al.*, 2002).

5.1 Factores que afectan la estructura de las comunidades fitoplanctónicas

La biomasa planctónica en todos los niveles es el resultado de la interacción entre fuerzas ascendentes (“*bottom-up*”) y descendentes (“*top-down*”) (McQueen *et al.*, 1986). La regulación *top-down* ocurre cuando la estructura de la comunidad (composición de especies y abundancia) depende de la actividad de niveles tróficos superiores (consumidores), mientras que la regulación *bottom-up* ocurre cuando la estructura depende de la disponibilidad de nutrientes.

Según McQueen *et al.* (1986) la regulación *bottom-up* es más fuerte en la base de la cadena trófica, mientras que el control *top-down* es más fuerte en los niveles tróficos superiores. Por ejemplo, el zooplancton estaría controlado más por los peces zooplanctívoros que por los nutrientes, mientras que la biomasa fitoplanctónica estaría controlada principalmente por la disponibilidad de nutrientes.

Elser & Goldman (1990) y Carney & Elser (1990) desarrollaron la hipótesis del control intermedio, que argumenta que la presión de pastoreo sobre el fitoplancton es (a) baja en lagos oligotróficos debido a la baja disponibilidad de nutrientes y a que el zooplancton está dominado principalmente por pequeños copépodos, consumidores menos eficientes en comparación a los cladóceros de gran tamaño; (b) alta en lagos mesotróficos, en los cuales el zooplancton se encuentra dominado por consumidores eficientes tales como diferentes especies del género *Daphnia* y (c) baja en lagos eutróficos en los cuales el fitoplancton se encuentra dominado típicamente por cianobacterias, las cuales son poco palatables.

Jeppesen *et al.* (1997, 1999) observaron una dominancia de especies zooplanctónicas de pequeño tamaño y por lo tanto una presión de pastoreo potencialmente baja en lagos eutróficos independientemente de las especies que dominaron el fitoplancton, sugiriendo así principalmente un control *top-down* por parte del zooplancton. Esto coincide con el concepto de biomanipulación propuesto

por Shapiro *et al.* (1975) que se basa en el postulado general de que cambios en la biomasa de los niveles tróficos superiores en la cadena trófica acuática (peces piscívoros) influyen en los niveles tróficos más bajos (fitoplancton).

5.2 Patología de las poblaciones fitoplanctónicas

Entre los factores que impactan negativamente sobre las poblaciones fitoplanctónicas, la herbivoría es el que más atención ha recibido. Mucho menos se conoce acerca de los efectos causados por organismos patógenos tales como virus, bacterias y hongos.

Se han descrito y caracterizado una gran variedad de virus infectando algas fitoplanctónicas, incluyendo *Synechococcus* spp., (Suttle & Chan, 1993) *Chrysochromulina* spp. (Suttle & Chan, 1995), *Emiliana* sp. (Wilson *et al.*, 2002), *Heterosigma* sp. (Nagasaki *et al.*, 1994), *Aureococcus* sp. (Gastrich *et al.*, 1998), entre otras. Las infecciones virales afectan la producción primaria y posiblemente también la composición específica del fitoplancton (Suttle & Chan, 1995). Se han observado infecciones virales en las etapas finales de algunas proliferaciones masivas, lo que sugiere que los virus podrían ser importantes reguladores de las mismas (Gastrich *et al.*, 1998; Wommack & Colwell, 2000). No obstante aún queda mucho por descubrir acerca del rol de los virus sobre la dinámica del fitoplancton (Reynolds, 2006).

Asimismo, se han aislado numerosas bacterias que atacan a una amplia variedad especies de algas (Shilo, 1970; Tyagi & Beri, 1977). La mayoría de las especies identificadas son mixobacterias gram-negativas que producen diferentes enzimas hidrolíticas, tales como celulasas (Shilo, 1970; Daft *et al.*, 1975; Atlas & Bartha, 1993).

Uno de los fenómenos más comunes en los ambientes dulciacuícolas de todo el mundo son las infecciones de microalgas planctónicas por hongos (Sparrow, 1960). Los hongos parásitos del fitoplancton se ubican en dos divisiones diferentes, Chytridiomycota y Oomycota, comúnmente conocidos como quitridios uniflagelados y hongos biflagelados, respectivamente (Van Donk, 1984). Estos parásitos se dispersan por medio de zoósporas. En los Chytridiomycota las zoósporas uniflageladas se adhieren a las células algales y luego forman un sistema rizoidal en su interior, por medio del cual se nutren, y una porción vesicular externa a la célula parasitada. Ésta crece y se convierte luego en esporangio que produce nuevas zoósporas (Canter & Lund, 1995). Los esporangios de los hongos biflagelados por su parte se localizan completamente dentro de la célula hospedadora. En muchas especies, cuando el esporangio está completamente desarrollado sale de la célula algal contenido en una vesícula, vía un tubo de salida, y es dentro de esa vesícula donde las zoósporas alcanzan su maduración final, liberándose cuando ésta se abre (Van Donk, 1984).

En ambos grupos se producen esporas de resistencia con paredes engrosadas que les proporcionan una capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales letales para el organismo en otro estado de su desarrollo (Sussman, 1966).

Numerosos estudios han descrito hongos parasitando diferentes especies fitoplanctónicas (Canter & Lund, 1969; Canter & Heaney, 1984; Canter, 1985; Canter & Jaworski, 1986; Shin *et al.*, 2001, etc.). En nuestro país se ha registrado la presencia de quitridios en algas, entre ellos podemos mencionar: *Rhizophyidium globosum*, *Rhizophyidium subangulosum* (Malacalza, 1968), *Chytridium olla* y *Olpidium entophyllum* (López & Mac Carthy, 1985); así como también de Oomycetes

como *Aphanomycoopsis peridinellan* (Boltovskoy, 1984); *Lagenisma coscinodisci* y *Myzocytium proliferum* (López & Mac Carthy, 1985).

El parasitismo selectivo sobre determinadas especies podría terminar drásticamente con proliferaciones masivas de fitoplancton y favorecer el desarrollo de otras especies que compiten por el mismo recurso; por lo tanto constituiría un factor decisivo en la dinámica y la sucesión del fitoplancton y en la estructura de las cadenas tróficas en los ambientes acuáticos (Ibelings *et al.*, 2004). Van Donk & Bruning (1992) han señalado que probablemente el parasitismo sea tan importante como otros procesos de pérdida. Sin embargo, la mayoría de los modelos de cadenas tróficas sólo incorporan como factores de pérdida a la tasa de remoción por herbivoría y por sedimentación y no a la tasa de pérdida por hongos parásitos, debido a que ésta es difícil de cuantificar dada la complejidad de los procesos de infección.

Sommer (1987) señaló, además, que el parasitismo por hongos puede ser un factor particularmente importante para aquellas algas resistentes a la herbivoría, como por ejemplo las diatomeas de gran tamaño.

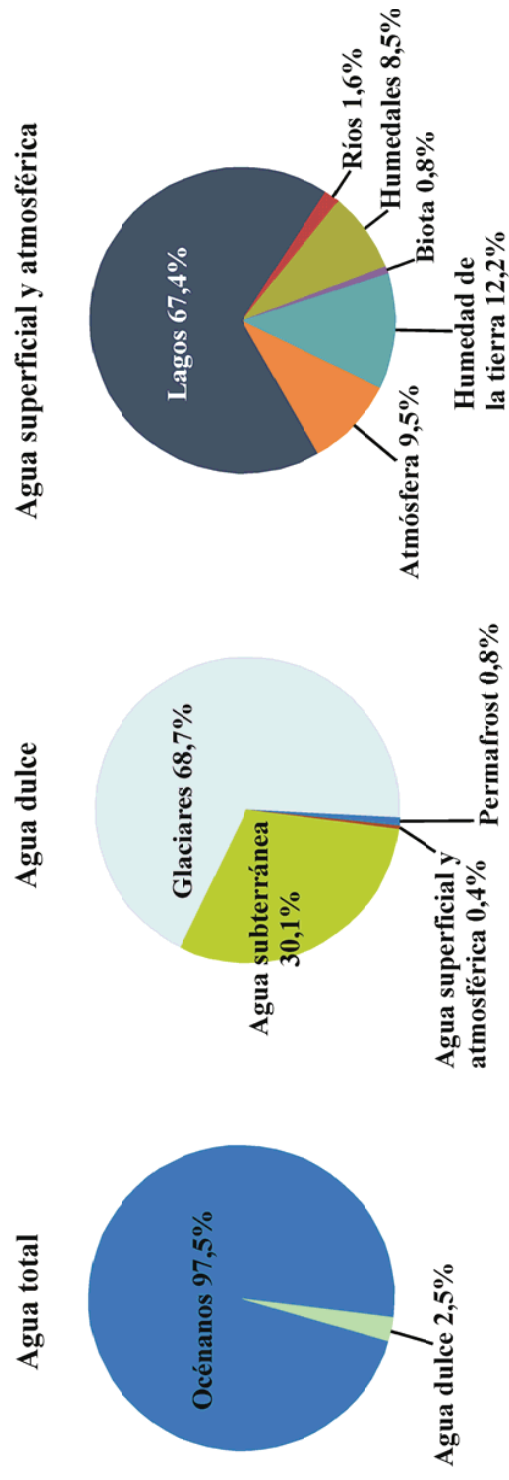


Figura 1. Reservas de agua de la Tierra (datos tomados de Korzun, 1978).

Tabla 1. Embalses de la Argentina

Provincia	Embalse	Usos	Superficie (km²)	Volumen (hm³)
Misiones	Uruguay-I	H	88,44	1193
Misiones - Corrientes	Yaeyretá	I, H, C	1600	21000
Entre ríos - Corrientes	Salto Grande	I, H, S	783	5500
Jujuy	Los Alisos	I, C, S	1,42	19
	La Ciénaga	I	2,75	26
	Las Maderas	I, H	9,6	300
Salta	Campo Alegre	I, S	3,15	44
	Cabra Corral	I, H, C	113,6	3100
	De Ampascachi	**	**	**
	El Tunal	I, H, C, S	38	310
	Los Saucés	**	**	**
	Coronel Moldes	I	0,08	1,5
	Itiyuro	I, S	3,9	80
	Las Lomitas	I	0,53	7
	Peñas Blancas	H, C	0,67	1,86
Tucumán	El Cadillal	I, H, C, S	13,5	240,8
	El Mollar	I, C, S	8	70
	Escaba	I, H, C	5,35	142,5
	Los Pizarros	I	0,4	3
	Batiruana	C	**	0,44
	La Angostura	I, C, S	8	70
	Los Cardones	I	**	**
	Los Zazos	I, C	**	**
Tucumán - Santiago del Estero	Río Hondo	I, H, C, S	330	1740

Provincia (cont.)	Embalse	Usos	Superficie (km ²)	Volumen (hm ³)
Santiago del Estero	Figueroa	I	**	**
	Los Quiroga	H	**	**
Catamarca	Sumampa	I	2,15	16,3
	La Cañada	I	1,07	11
	Las Pirquitas	I, H, C	2,2	65
	Collogasta	I	1,05	9
	Ipizca	I	1,03	9,4
	Motegasta	I	1,2	7,2
	El Jumeal	I, S	0,11	1
	Sauce Mayo	I	0,05	0,44
	Los Sauces	I, S	1,6	18,6
	El Cisco	I	0,08	3,5
La Rioja	Anzulón	I, S	6,1	36
	El Portezuelo	I	1,88	6,5
	Olta	I, C	0,88	10
	El Saladillo	I	2,3	12
	Chañarmuyo	I	0,8	6
	Villa Unión	I	0,45	2,81
	La Aguadita	S	0,3857	1,91
	Cuesta del Viento	H	**	**
	Los Cauquenes	I	5,8	30
	Ullum	I, H, C	32	440
San Juan	Bello	**	**	**
	Valle Fértil	I	0,18	0,8
	El Carrizal	I, H, C	31,5	350
Mendoza	Los Reyunos	I, H	8	260

Provincia (cont.)	Embalse	Usos	Superficie (km²)	Volumen (hm³)
Mendoza	Agua del Toro	I, H, C	10,5	432
	Valle Grande	I, H	5,08	160
	El Nihuil	I, H, C	96	387,5
	Zanjón Maure	C	0,07	0,35
	Aisol	H	0,08	0,7
	Tierras Blancas	H	0,08	0,885
	El Tigre	H	0,65	7
	Zanjón Frías	C	**	2,3
	Potrerosillos	I, H, C	9	450
	La Huertita	I, C	4,3	470
	San Felipe	I, H	15,43	81
	Villa General Roca	I, S	**	**
	La Florida	I, H	5,25	105
	Paso de las Carretas	I, C, S	7,56	63,3
Potrero de los Funes	I, H, S	1,03	6,6	
San Luis	Cruz de Piedra	I, H, S	2,1	12,5
	El Gato	I, H, S	1,8	**
	Piedra Blanca	C, S	**	**
	Luján	I	0,3	6
	Antonio Esteban			
	Agüero	I, S	1,07	19,3
	Nogolí	I, S	1,7	25,8
	Pichanas	I, C	4,4	68
	Cruz del Eje	I, H, C, S	12,8	129
	El Cajón	C, S	1,47	8
Córdoba	San Roque	I, H, C, S	16	201

Provincia (cont.)	Embalse	Usos	Superficie (km²)	Volumen (hm³)
Córdoba	Los Molinos	I, H, C, S	21,1	307
	Piedras Moras	I, H	8,32	90
	Río Tercero	I, H, C	54,3	735
	Cerro Pelado	I, H, C	12,4	371
	Los Alazanes	S	0,03	0,2
	La Viña	I, H, S	10,5	230
	La Quebrada	S	0,3	3,3
	La Falda	C, S	0,145	0,6
	Boca del Río	I, H, C	0,21	**
	Pisco Huasi	I, S	0,032	0,1
	Mal Paso	I	**	**
	San Jerónimo	S	0,18	0,15
	Portecelo	S	0,034	0,12
	Paso de las Campanas	I	0,2	0,5
	José de la Quintana	I, H	0,5	**
	Arroyo corto	H	3,95	35
	Ing. Benajmín Reolín	H	2,93	26
Buenos Aires	Ing. Roggero	C	**	120
	Paso de las Piedras	S	36	201
	Langueyu	C	**	0,3
La Pampa - Río Negro	Casa de Piedra	I, H, C	360	4000
	Portezuelo Grande	H, C	**	10
Neuquén	El Chañar	H	10	34,5
	Ezequiel Ramos Mexia	I, H, C	816	20155
Neuquén - Río Negro	Piedra del Águila	H, C	292	12400
	Alicurá	H	65	3215

Provincia (cont.)	Embalse	Usos	Superficie (km ²)	Volumen (hm ³)
Neuquén - Río Negro	Arroyito	H	38,6	296
	Los Barreales	C	413,1	27750
	Mari Menuco	H, C	173,9	13800
	Ing. Ballester	I, C	**	**
	El Chocón	H, C	820	22000
Chubut	Pichi Picún Leufú	H	18	197
	Amutui Quimey	H	86,7	8370
	Florentino Ameghino	I, H, C	74	1855
	Futaleufú	H	87	6800

I = riego

H = generación hidroeléctrica

C = regulación de crecidas

S = servicios de abastecimiento

** = información no disponible

OBJETIVOS

En el embalse Paso de las Piedras se han registrado proliferaciones masivas de cianobacterias desde 1982 (Echenique *et al.*, 2001; Echenique *et al.*, 2003; Parodi *et al.*, 2005; Fernández *et al.*, 2009) y de dinoflagelados en 1997 (Guerrero & Echenique, 1997; Echenique *et al.*, 1999), dichas proliferaciones ocasionan serios inconvenientes ya que interfieren con el proceso de potabilización confiriendo sabor y olor desagradable al agua. Teniendo en cuenta la concentración de células, la recurrencia de las proliferaciones y el número de habitantes potencialmente afectados, el embalse Paso de las Piedras, junto con los embalses El Cadillal, Río Hondo y San Roque, han sido considerados como ambientes de alto riesgo (Pizzolon *et al.*, 1999).

1. Objetivo general

Evaluar las características limnológicas y biológicas del embalse Paso de las Piedras con el fin de analizar la estructura y la dinámica de las poblaciones fitoplanctónicas, evaluar el estado trófico actual del embalse y establecer las poblaciones de algas causantes de proliferaciones masivas.

2. Objetivos específicos

- Determinar la composición y la estructura de la comunidad fitoplanctónica presente en el embalse.
- Identificar los grupos funcionales y evaluar la factibilidad de su aplicación para el estudio de la dinámica del fitoplancton.

- Determinar la dinámica de especies de algas planctónicas y la influencia de las variables fisicoquímicas, hidrológicas y climáticas sobre la misma.
- Precisar el estado trófico actual del embalse Paso de las Piedras mediante el empleo de diferentes indicadores.
- Detectar la ocurrencia de proliferaciones masivas de especies potencialmente tóxicas.
- Precisar el estado sanitario de las poblaciones de algas planctónicas y el impacto sobre las poblaciones huésped de agentes patógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Caracterización del área de estudio

El embalse Paso de las Piedras (38-39 °S y 61-62 °O) se encuentra ubicado al sur de la provincia de Buenos Aires, en el límite de los partidos de Tornquist y Coronel Pringles, a 58 kilómetros de la ciudad de Bahía Blanca (Figura 2, página 42). Fue construido en 1978 sobre el cauce del río Sauce Grande, en su confluencia con el arroyo el Divisorio. El embalse tiene forma de horqueta, con una orientación NNO-SSE hacia la presa, correspondiendo los brazos de esta horqueta a los antiguos cauces originarios del río Sauce Grande y del arroyo El Divisorio. En la tabla 2 (página 43) se presentan las principales características morfométricas e hidrológicas del embalse.

Se encuentra emplazado en una región con clima semiárido templado, con veranos secos y calurosos, otoños lluviosos y templados, inviernos fríos y secos y primaveras ventosas y lluviosas, con heladas tardías. La temperatura promedio del mes más frío (julio) es de 7 °C y la del mes más caluroso (enero) es de 23,5 °C. Las precipitaciones anuales oscilan entre 650 y 950 mm; los vientos predominantes provienen del N-NO, con mayor intensidad en primavera y verano (Cacchiarelli *et al.*, 2004).

De acuerdo con el “Mapa de INTA de suelos de la Provincia de Buenos Aires”, escala 1:500000 (INTA, 1989), los suelos del área de estudio son una asociación de Hapludol lítico, franco fino, principalmente en las pendientes y Hapludol típico, somero, de buena aptitud agrícola, en los valles.

Según Manfredi (1968), geológicamente el vaso del embalse está compuesto por:

- a) Una base de roca paleozoica, las cuales afloran en los relieves altos.
- b) Sedimentos cenozoicos que ocupan el relieve medio e inferior del vaso, formaciones loesoides coronadas por manto de tosca, formaciones aterrazadas de limos areno-arcillosos y acumulaciones modernas de limos arcillosos y arenosos, arenas arcillosas, arenas finas a medianas, rodados de cuarcita y tosca y formaciones medanosas.

La cuenca alta del río Sauce Grande constituye el principal aporte de agua al embalse Paso de las Piedras; el uso de la tierra en dicha cuenca es predominantemente ganadero, no obstante hay que destacar que en el caso de la subcuenca de El Divisorio, aproximadamente el 50% de la tierra dedicada a ganadería tiene verdeos o pasturas, es decir que la actividad antrópica tanto de laboreo como de pisoteo sobre el suelo es importante en esa área (Aduriz *et al.*, 2003). Los fertilizantes más utilizados son fosfato diamónico y monoamónico y urea (UNS-ABSA-ORAB-ADA, 2004).

El agua de Paso de las Piedras es tratada parcialmente por microtamices emplazados en el embalse y tras correr por un único acueducto de 58 kilómetros, llega a dos plantas de tratamiento final para abastecer de agua potable a más de 400.000 habitantes de las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta y para proveer agua cruda al amplio sector industrial allí asentado.

2. Muestras

El período de estudio se extendió desde enero de 2004 hasta junio de 2005. Se establecieron 4 estaciones de monitoreo dentro del embalse:

- S1: en la torre de toma de agua de la planta potabilizadora
- S2: en una zona del lago próxima a la desembocadura del río Sauce Grande
- S3: debajo del puente de la ruta 51, en una zona del lago próxima a la desembocadura del arroyo El Divisorio
- S4: en una zona de transición entre la cola del embalse y la presa

Las estaciones S2 y S4 se muestrearon desde la orilla, a una profundidad superior a 1 metro y pasando el cinturón de vegetación, mientras que la estación S1 se muestreó desde la torre de toma de la planta potabilizadora y la estación S3 desde el puente ubicado sobre la ruta 51 (Figura 2, página 42).

La frecuencia de los muestreos fue de dos veces por semana entre enero y abril de 2004, semanal entre mayo y diciembre de 2004 y quincenal entre enero y junio de 2005. Las estaciones S2 y S4 fueron muestreadas más irregularmente debido a que en algunas ocasiones las condiciones climáticas hicieron imposible el acceso.

Las muestras para el análisis cualitativo del fitoplancton se tomaron a una profundidad de 0,5 m con red de plancton de 30 μm de apertura de malla. Una parte de cada muestra se fijó con formaldehído al 4% y la otra se mantuvo sin fijar para la observación de los organismos vivos. Las muestras destinadas al análisis cuantitativo se tomaron con botella tipo Van Dorn y se fijaron con solución Lugol. Parte de las muestras que se transportaron vivas al laboratorio, se concentraron por centrifugación y luego se fijaron con glutaraldehído al 2,5% a 4°C para su posterior procesamiento y observación al microscopio electrónico de barrido.

También se recolectaron muestras con botella tipo Van Dorn para la determinación de clorofila *a* y nutrientes.

Durante cuatro muestreos complementarios realizados en embarcación se tomaron muestras de sedimento empleando una draga tipo Ekman.

Las muestras fueron depositadas bajo las siglas DPP-R30F-18/12/03- DPP-R30F-05/02/04.

3. Variables climáticas

Se registraron: temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$), precipitaciones (mm), velocidad y dirección del viento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), nivel del embalse (m.s.n.m.), volumen del embalse (hm^3) y datos fragmentados del caudal de los principales tributarios ($\text{m}^3\cdot\text{seg}^{-1}$). Los datos meteorológicos fueron suministrados por el Laboratorio de Hidráulica del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, sobre la base de registros continuos (con una frecuencia horaria) obtenidos en dos estaciones meteorológicas ubicadas próxima a la desembocadura del arroyo El Divisorio y sobre la margen oeste del lago (Figura 2, página 42).

Los datos de volúmenes fueron registrados y brindados por el personal del Dique Paso Piedras (Autoridad del Agua) determinados con la toma de datos de cotas del lago y en función de la curva de “Volúmenes [Hm^3] vs. Cotas [metros]”.

4. Variables fisicoquímicas

En cada estación de muestreo se realizaron mediciones *in situ* de conductividad eléctrica, temperatura y pH mediante la utilización de un sensor multiparamétrico Horiba U10 Multisensor (HORIBA Ltd. Miyanohigashi, Kisshoin, Minami-Ku, Kyoto, Japan).

En las estaciones S1 y S3 se midió la transparencia del agua con un disco de Secchi de 40 cm de diámetro. A partir de los datos de profundidad de visión de disco de Secchi se calculó la profundidad de la zona eufótica como:

$$Z_{eufótica} = 2,7Z_s \text{ (Margalef, 1983)}$$

La concentración de nutrientes en el agua (nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amonio, fósforo total (TP), fósforo reactivo soluble (SRP) y silicatos) fue determinada en el Laboratorio de la Autoridad del Agua de la Provincia de Bs. As. (ADA) siguiendo la metodología descrita en American Public Health Association (1992), mientras que los sólidos suspendidos totales (TSS) fueron determinados por PROFERTIL S.A, también siguiendo la metodología descrita en American Public Health Association (1992).

Las muestras del sedimento se enviaron al Laboratorio Nacional de Investigaciones y Servicios de Nitrógeno 15 (*LANAIS N-15*) CONICET – UNS, donde se determinó la concentración de carbono total (CT), nitrógeno total (NT), nitrógeno de nitratos (N- NO_3^-), nitrógeno de amonio (N- NH_4^+) y fósforo total (TP). El nitrógeno fue determinado por el método Kjeldahl, utilizado por Bremner & Mulvaney (1982), el fósforo por el procedimiento ICP espectrométrico usado por Bray & Kurtz (1945) y el CT por combustión seca utilizando un analizador automático de carbono marca LECO, modelo CR-12.

5. Variables biológicas

5.1. Análisis cualitativo del fitoplancton

Los ejemplares fueron observados bajo un microscopio óptico Nikon Eclipse TE 300 provisto de una cámara fotográfica Nikon FDX-35 y Nikon Eclipse 80i provisto de una cámara fotográfica digital Nikon DXM1200F.

5.2. Aspectos taxonómicos

El término algas como tal no representa un concepto filogenético ya que no constituye un grupo de organismos taxonómico formal, sino más bien una colección de divisiones o *phyla* con representantes que comparten ciertas características en común (acuáticos, fotosintéticos, con estructuras vegetativas simples, sin sistema vascular y con estructuras reproductivas no protegidas por una capa de células estériles). Las divisiones se distinguen unas de otras sobre la base de una combinación de características incluyendo: pigmentos fotosintéticos, productos de reserva, cubiertas celulares y otros aspectos de la organización celular (Sheath & Wher, 2003).

Existe poco consenso entre los ficólogos acerca del número de divisiones de algas que existen, los textos más modernos reconocen entre 8 y 11 (Van den Hoek *et al.*, 1995; Sze, 1998; Graham & Wilcox, 2000).

Para el ordenamiento general en divisiones y clases se siguió la clasificación de Van den Hoek *et al.* (1995), mientras que para las categorías inferiores se utilizó la siguiente bibliografía:

División Cyanoprocariota (=Cyanophyta, =Cyanobacteria):

- Orden Chroococcales: Komárek & Anagnostidis (1998).
- Orden Oscillatoriales: Komárek & Anagnostidis (2005).
- Orden Nostocales: Komárek & Anagnostidis (1989).

División Chlorophyta:

Clase Chlorophyceae:

- Orden Chlorococcales: Hindák (1988b) para los género Oocystis y Oocystella y Komárek & Fott (1983) para los restantes géneros.
- Volvocales: Huber-Pestalozzi (1961).

Clase Zygnemaphyceae (=Conjugatophyceae, =Zygophyceae): Mix (1972).

División Heterocontophyta:

Clase Chrysophyceae: Starmach (1985).

Clase Xanthophyceae: Ettl (1978).

Clase Bacillariophyceae (=Diatomophyceae): Simonsen (1979).

División Cryptophyta: Huber–Pestalozzi (1950).

División Dinophyta: Sarjeant (1974).

División Euglenophyta: Tell & Conforti (1986).

Además de la bibliografía citada, también se consultaron los trabajos de:

Hustedt (1930, 1957); Desikachary (1959); Randdhawa (1959); Bourrelly (1968, 1970, 1972); Komárková – Legnerová (1969); Sodomkova (1972); Hegewald (1977, 1978, 1989); Hindák (1977, 1984, 1988a); Hegewald *et al.* (1978); Komárek & Perman (1978); Tell & Mosto (1982); Sala & Intartaglia (1985); Komárek & Anagnostidis (1986, 1989); Krienitz *et al.* (1986); Guarrera *et al.* (1987); Hegewald & Schmidt (1987); Werner (1988); Anagnostidis & Komárek (1988); Gómez, 1988; Hindák & Moustaka (1988); Vinocur & Tell (1989); Komárek (1989, 1991); Sala (1990a, 1990b, 1994, 1996a, 1996b, 1996c, 1997); Izaguirre *et al.* (1991); Guarrera

& Echenique (1992); Komárek & Komárková-Legnerová (1992); Echenique & Arenas (1994); Rott & Lenzenweger (1994); Komárková-Legnerová & Cronberg (1994); Komárek & Novelo (1994); Martinez, 1996; Silva (1999); Zalocar (1999); Echenique (2001); Tell (2001); Alvarez (2003); Alvarez *et al.* (2004); Sant' Anna *et al.* (2004); Echenique *et al.* (2004); Fernandes (2008).

5.3. Análisis cuantitativo del fitoplancton

Para la cuantificación de las microalgas se aplicó el método de Utermöhl (1958). Las muestras se homogeneizaron agitándolas suavemente 10 veces y se colocaron en cilindros de sedimentación de 10 y 30 ml, una vez lleno el cilindro se tapó la parte superior para evitar pérdida de material por la parte inferior debido a la presión hidrostática y se dejó sedimentar por un período de al menos 24 horas. Transcurrido el tiempo de sedimentación se separó el cilindro de la base, se tapó la muestra que contenía el fitoplancton con un vidrio cuadrado y se descartó el sobrenadante. Las muestras se contaron con un microscopio invertido Wild bajo un aumento de 400 X.

Se eligió el sistema de conteo por campos ya que la densidad de células en las muestras fue siempre relativamente elevada, los campos se seleccionaron siguiendo transectas diametrales cruzadas. Cuando el volumen sedimentado fue de 10 ml se contó un total de 40 campos y 30 campos cuando se sedimentaron 30 ml; de este modo se aseguró que el error de recuento fuese inferior al 10% con un nivel de significación del 95% (Hasle, 1978; Villafañe & Reid, 1995). Se contaron todos los organismos presentes en cada campo de observación como así también aquellos que se encontraban cruzando el límite superior y derecho.

Finalmente, los valores obtenidos en el conteo se extrapolaron a número de células por mililitro utilizando las siguientes ecuaciones:

$$C = \frac{N}{V_b} \qquad V_b = \frac{A_b \times V}{A_t}$$

Donde:

C = concentración de células (células por ml)

N = número de células contadas en el “volumen barrido” (V_b)

A_b = “área barrida” obtenida multiplicando el área del campo por el número de campos contados

V = volumen de muestra sedimentado (ml)

A_t = área total de la cámara de conteo

Para cada muestra de agua se contaron tres submuestras y luego se promediaron los valores.

5.4. Estimación de la biomasa fitoplanctónica a partir de los biovolúmenes

Se calculó multiplicando la densidad de cada especie por su respectivo volumen celular (μm^3) calculado como la media aritmética de los biovolúmenes de al menos 30 ejemplares. Los valores obtenidos en $\mu\text{m}^3 \cdot \text{ml}^{-1}$ se transformaron en $\text{mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$.

Las especies fueron aproximadas a formas geométricas conocidas (esferas, cilindros, conos, paralelepípedos, etc.). Las mediciones de las dimensiones lineares se realizaron bajo microscopio óptico Nikon Eclipse TE 300 y Nikon Eclipse 80i con una magnificación de 1000X (Smayda, 1978; Hillebrand *et al.*, 1999; Sun & Liu, 2003). No se tuvieron en cuenta espinas, flagelos ni vainas y tractos mucilaginosos.

Sólo en el caso de las especies de muy baja ocurrencias se realizaron menos de 30 mediciones o se emplearon biovolúmenes calculados por otros autores.

En el Anexo 1 se muestran los valores de biovolumen y la forma geométrica de las especies registradas en el análisis cuantitativo.

5.5. Estimación de la biomasa fitoplanctónica a partir de la concentración de clorofila *a*

Las muestras fueron transportadas hasta el laboratorio en botellas oscuras y refrigeradas y fueron procesadas inmediatamente.

Mediante el empleo de una bomba de vacío se filtraron volúmenes variables de muestra, entre 0,5 y 2 litros, dependiendo de la concentración de fitoplancton y de la cantidad de sedimento. Se utilizaron filtros Whatman GF/C cubiertos de una suspensión acuosa de $MgCO_3$ para mejorar la retención de material y evitar la degradación de los pigmentos por acidificación.

Los filtros se envolvieron en papel de aluminio y fueron guardados a $-70^{\circ}C$ en oscuridad por un período no mayor a dos meses.

Para la extracción de los pigmentos fotosintéticos se utilizó acetona al 90 % como solvente. Los filtros se colocaron en tubos de centrifuga con 2 ó 3 ml de acetona y se maceraron, luego se completó hasta 10 ml con acetona y se dejaron reposar 60 minutos en heladera, transcurrido este tiempo se centrifugaron y se procedió a la lectura en un espectrofotómetro Beckman DU 530, donde se midió la absorbancia a 750 y 665 nm antes y después de la acidificación con dos gotas de HCL 1N.

Finalmente, para calcular la concentración de clorofila *a* corregida por feopigmentos se aplicó la ecuación de Lorenzen (1967):

$$Chla(mg/m^3) = \frac{A \times K \times (665_o - 665_a) \times v}{V_f \times l}$$

Donde:

A = coeficiente de absorción de la clorofila $a = 11,0$

K = factor para igualar la reducción en la absorbancia a la concentración inicial de la clorofila = 2,43

665_o = absorbancia del extracto antes de la acidificación, corregida por la lectura a 750 nm

665_a = absorbancia del extracto después de la acidificación, corregida por la lectura a 750 nm

v = volumen de acetona utilizado para la extracción (ml)

V_f = volumen de muestra filtrado (litros)

l = camino óptico de la celda (cm)

R = máxima proporción de $665_o : 665_a$ en ausencia de feopigmentos = 1,7

5.6. Frecuencia de ocurrencia (%)

La frecuencia de ocurrencia se calculó de acuerdo a Lobo & Leighton (1986), utilizando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{P_a}{P} \times 100$$

Donde:

P_a = número de muestras en que la especie "a" está presente.

P = número total de muestras.

Se consideraron especies **constantes** a aquellas donde $F > 50\%$, **comunes** cuando $10\% > F < 50\%$ y **raras** cuando $F < 10\%$.

También siguiendo el criterio de Lobo & Leighton (1986), se consideraron **especies abundantes** a aquellas cuya densidad/biovolumen fue superior a la densidad/biovolumen medio de la muestra, **especies dominantes** a aquellas cuya

densidad/biovolumen se encontró por encima del 50% de la densidad/biovolumen total de la muestra y **especies descriptoras** a aquellas que fueron dominantes o abundantes en al menos un muestreo considerando el biovolumen y/o la densidad.

6. Índices biológicos

6.1. Diversidad (H') de Shannon (Shannon, 1948)

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2 p_i$$

Donde:

$$p_i = n_i/n$$

n_i = número total de individuos de cada taxón

n = número total de individuos en la muestra

6.2. Equitatividad (E) (Pielou, 1969)

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

H' : índice de diversidad de Shannon

H'_{\max} : máxima diversidad teórica ($H'_{\max} = \log_2 s$).

6.3. Dominancia (D) (Simpsons, 1949):

$$D = \sum p_i^2$$

7. Determinación del estado trófico

Para establecer el estado trófico del embalse Paso de las Piedras se emplearon cuatro clasificaciones diferentes:

- Esquema de clasificación de “límite fijo” de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) (Tabla 3, página 43).
- Esquema de clasificación de “límite abierto” de la OECD. Con este sistema una masa de agua puede considerarse correctamente clasificada si no hay más de un parámetro que se desvíe de su valor medio geométrico por un valor de desviación de ± 2 (OECD, 1982). En ausencia de valores tróficos absolutos el solapamiento de una serie de valores en la tabla confirma la naturaleza todavía subjetiva de los esquemas de clasificación trófica (Tabla 4, página 44).
- Índice de estado trófico de Carlson (TSI), basado en la profundidad de visión del disco de Secchi TSI (SD), en la concentración de clorofila *a* TSI (CHL) y en la concentración de fósforo total TSI (TP), calculados según las siguientes fórmulas (Carlson, 1977):

$$TSI(SD) = 60 - 14,41[\ln(SD)]$$

$$TSI(CHL) = 9,81[\ln(CHL) + 30,6]$$

$$TSI(CHL) = 14,42[\ln(TP) + 4,15]$$

El índice TSI de Carlson está basado en una escala global que va de 0 a aproximadamente 100, aunque teóricamente no tiene límites superior ni inferior. Un valor <40 comúnmente se considera indicativo de condiciones oligotróficas; valores entre 40 y 50 se consideran indicativo de condiciones mesotróficas; entre 50 y 70 de condiciones eutróficas y >70 de condiciones hipertróficas (Carlson & Simpson, 1996) (Tabla 5, página 45).

- Coeficientes simple (Q_s), compuesto (Q_c) y de diatomeas (Q_d) de Nygaard (1949) teniendo en cuenta la riqueza específica de los distintos grupos, donde:

Q_s : clorococales/desmidiales

si $Q_s < 1$: oligotrófico

si $Q_s > 1$: eutróficos

Q_d : centrales/pennales

si Q_d : 0 - 0,2: oligotrófico

si Q_d : 0,2 - 3 eutróficos

Q_c : cianófitas + clorococales + centrales + euglenales/desmidiales

si $Q_c < 1$: oligotrófico

si $1 > Q_c > 3$: mesotróficos

si $Q_c > 3$ eutrófico

8. Análisis de los datos

Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron los programas InfoStat (versión estudiantil 2009), XLSTAT versión 7.5.2 (Addinsoft Inc., Paris, France) y Canoco for Windows versión 4.51.

8.1. Caracterización del embalse

Se hicieron análisis de varianza y comparaciones de medias entre estaciones de monitoreo y meses de muestreo.

Para las variables pH, profundidad de visión del disco de Secchi, sólidos suspendidos totales (TSS), relación N:P, concentración de clorofila *a*, riqueza específica, densidad y biovolumen del fitoplancton se realizaron análisis de varianza paramétricos (ANOVA simple y doble) y comparaciones de medias con el test de Bonferroni, mientras que para las variables conductividad eléctrica y nutrientes (nitrato, nitrito, fósforo total, fósforo reactivo soluble y sílice) se empleó un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis) y comparación de medias aplicando el test de Dunn ya que los datos no cumplían los supuestos de normalidad e igualdad de las varianzas. En el caso de los parámetros TSS, relación N:P, concentración de clorofila *a*, densidad y biovolumen del fitoplancton se aplicó una transformación logarítmica de los datos ($\text{Log}_{10} \text{dato}+1$).

Para analizar la correlación entre variables se empleó el coeficiente de correlación de Spearman.

8.2. Caracterización y ordenamiento de los sitios y fechas de muestreo sobre la base de las variables fisicoquímicas

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) sobre los datos abióticos con el fin de evaluar la correlación entre variables y de resumir las características ambientales de los sitios de muestreo en un diagrama de ordenación. Los datos fueron previamente centrados y estandarizados y se partió de una matriz de correlación ya que los datos presentaban diferentes unidades. Debido a que la frecuencia de muestreo no fue la misma en todos los meses ni en todas las estaciones de monitoreo se decidió trabajar con los promedios mensuales.

8.3. Análisis de la estructura de tamaño de la comunidad y clasificación funcional del fitoplancton

Las algas se agruparon según su máxima dimensión axial lineal (MDAL) (Lewis, 1976), los grupos de tamaño se seleccionaron siguiendo a Zalocar de Domitrovic (2003): >1-20 μm (G1), >20-40 μm (G2), >40 – 100 μm (G3) y >100 μm (G4).

Las especies descriptoras fueron clasificadas en grupos funcionales de acuerdo al criterio de Reynolds (1997, 2006) y Reynolds *et al.* (2002). Según este esquema el fitoplancton se agrupa en 31 grupos funcionales basados en su morfología, sus estrategias de supervivencia y la tolerancia y/o sensibilidad a factores ambientales (Tabla 6, página 46). Aquellas especies que no estaban consideradas en el esquema original fueron asignadas a un determinado grupo, teniendo en cuenta sus características morfológicas y ecológicas y las condiciones prevalentes durante el período de mayor ocurrencia.

8.4. Análisis de la secuencia temporal y espacial de la abundancia y biomasa de la comunidad fitoplanctónica

Para determinar la asociación entre el fitoplancton y las variables ambientales estudiadas se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC). Con el fin de reducir las posibilidades de un incremento artificial de la varianza explicada las variables que tuvieron mayor contribución a la explicación de la densidad y del biovolumen fueron seleccionadas utilizando una selección paso a paso con el test de Monte Carlo basado en 999 permutaciones. En algunos casos, por efecto de multicolinealidad, algunas variables debieron ser eliminadas del análisis con el objeto de reducir el factor de inflación de la varianza; en el modelo final se controló

que este último fuese inferior a cinco, valor indicativo de una baja correlación entre las variables independientes. Los datos de densidad y biovolumen del fitoplancton fueron previamente transformados logarítmicamente ($\text{Log}_{10} \text{ dato}+1$).

8.5. Evaluación de las diferencias en los valores de los índices de Carlson

Se empleó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal – Wallis y comparación de medias aplicando el test de Dunn para evaluar las diferencias entre estaciones de monitoreo y entre los tres índices.

8.6. Cálculo de la prevalencia de infección

Entre los meses de enero y julio de 2004 se calculó la prevalencia de infección de *R. couchii* sobre la población de *Closterium aciculare*, según Ibelings *et al.* (2004), como:

$$P_r = N_i \times 100 / (N_i + N_u)$$

Donde:

N_i : número de células infectadas

N_u : número de células sanas dentro de la población huésped (.

9. Microscopía electrónica de barrido

9.1. Acondicionamiento y fijación del material

El material se concentró por centrifugación y se fijó en glutaraldehído al 2,5% a 4°C durante al menos una hora. Seguidamente se realizaron 3 lavados sucesivos,

centrifugando y resuspendiendo cada vez, utilizando como medio de lavado el agua del embalse filtrada y esterilizada en autoclave.

Una gota de muestra se colocó sobre un pequeño trozo de acetato o cubreobjetos recubierto con poly-D-Lysina al 0,5% y se dejó sedimentar. En el caso de muestras con alta densidad de *Anabaena circinalis*, debido a que sus células presentan vesículas de gas lo cual dificultaba la sedimentación en poly-D-Lysina, se procedió a filtrarlas; todos los pasos posteriores se realizaron con el material adherido al papel de filtro, obteniéndose muy buenos resultados.

9.2. Deshidratación

El material fue deshidratado mediante pasajes sucesivos de 10-15 minutos cada uno en una serie de concentraciones crecientes de acetona (10%, 20%, 40%, 60%, 60%, 80%, 80%, 100%, 100%, 100%) con el objetivo de reemplazar toda el agua de las células por este solvente a fin de obtener condiciones favorables para el secado sin deformaciones.

9.3. Secado

Se empleó el método de secado por punto crítico debido a que el material que se prepara para su examen con el MEB debe estar completamente seco, tanto para permitir el proceso de metalización como para evitar que las células colapsen al ser sometidas al vacío.

9.4. Metalizado

El metalizado se realizó con oro – paladio en un Sputter coater 9100 mod. 3. ya que antes de su examen con el MEB, el material debe ser recubierto con una película metálica de 10 a 30 nm. El motivo de este procedimiento es conferir conductividad eléctrica a la superficie de las muestras para que pueda ocurrir una descarga a tierra a través del taco, además el metalizado permite obtener una mejor imagen debido a que la superficie metalizada emite mayor cantidad de electrones secundarios por cada uno de los electrones primarios incidentes; disminuye la probabilidad de efectos secundarios indeseables de la incidencia de los electrones como calentamiento y penetración del haz de electrones dentro del material y confiere mayor estabilidad mecánica (mayor adhesión al sustrato y resistencia) a los especímenes.

9.5. Montado y observación

El acetato conteniendo la muestra ya metalizada se adhirió a un taco metálico y el material se observó con un microscopio Jeol 35 CF.



Figura 2. Área de estudio mostrando la ubicación de las estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4) y de las estaciones meteorológicas (✦).

Tabla 2. Principales características morfométricas e hidrológicas del embalse Paso de las Piedras (modificado de Schefer, 2004).

Área de la cuenca de drenaje (km ²)	1620
Perímetro (km)	60
Superficie del embalse (km ²)	36
Profundidad máxima (m)	28
Profundidad media (m)	8,2
Volumen (hm ³)	328
Tiempo de retención (años)	4
Nivel máximo (m.s.n.m.)	165

Tabla 3. Valores límites de la OECD para un sistema concreto de clasificación trófica (modificado de OECD, 1982).

Categoría	TP	Cla media	Cla máxima	Media Secchi	Mínimo Secchi
Ultraoligotrófico	<4	<1	<2,5	>12	>6
Oligotrófico	<10	<2,5	<8	>6	>3
Mesotrófico	10-35	2,5-8	8-25	6-3	3-15
Eutrófico	35-100	8-25	25-75	3-1,5	1,5-0,7
Hipertrófico	>100	>25	>75	<1,5	<0,7

TP: media anual de la concentración de fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Cla media: media anual de la concentración de clorofila *a* en aguas superficiales ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Cla máxima: pico anual de la concentración de clorofila *a* en aguas superficiales ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Media Secchi: media anual de profundidad de visión del disco de Secchi (m)

Mínimo Secchi: mínimo anual de profundidad de visión del disco de Secchi (m)

Tabla 4. Valores límites de la OECD para un sistema abierto de clasificación trófica (modificado de OECD, 1982).

Parámetro		Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipertrófico
Fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	X	8,0	26,7	84,4	
	X \pm 1 SD	4,85-13,3	14,5-49	48-189	
	X \pm 2 SD	2,9-22,1	7,9-90,8	16,8-424	
	Rango	3,0-17,7	10,9-95,6	16,2-386	750-1200
	n	21	19 (21)	71 (72)	2
Nitrógeno total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	X	661	753	1875	
	X \pm 1 SD	371-1180	485-1170	861-4081	
	X \pm 2 SD	208-2103	313-1816	395-8913	
	Rango	307-1630	361-1387	393-6100	
	n	11	8	37 (38)	
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	X	1,7	4,7	14,3	
	X \pm 1 SD	0,8-3,4	3,0-7,4	6,7-3,1	
	X \pm 2 SD	0,4-7,1	1,9-11,6	3,1-66	
	Rango	0,3-4,5	3,0-11	2,7-78	100-150
	n	22	16 (17)	70 (71)	2
Valor máximo de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	X	4,2	16,1	42,6	
	X \pm 1 SD	2,6-7,6	8,9-29	16,9-107	
	X \pm 2 SD	1,5-13	4,9-52,5	6,7-270	
	Rango	1,3-10,6	4,9-49,5	9,5-275	
	n	16	12	46	
Profundidad de Secchi (m)	X	9,9	4,2	2,45	
	X \pm 1 SD	5,9-16,5	2,4-7,4	1,45-4	
	X \pm 2 SD	3,6-27,5	1,4-13	0,9-6,7	
	Rango	5,4-28,3	1,5-8,1	0,8-7,0	0,4-0,5
	n	13	20	70 (72)	

*Las medias geométricas (después de transformarse a logaritmos decimales) se calcularon tras eliminar valores superiores o inferiores a dos veces la desviación estándar obtenida (donde fue posible) en un primer cálculo.

X: media geométrica

SD: desviación estándar

() : los valores entre paréntesis se refieren al número de variables (n) utilizadas en el primer cálculo.

Tabla 5. Categorías según los valores del índice de estado trófico de Carlson (1977) modificado por Carlson & Simpson (1996)

TSI	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Profundidad de Secchi (m)	Fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Estado trófico
0 – 30	<0,95	>8	<6	Oligotrófico
30 – 40	0,95 – 2,6	8 – 4	6 – 12	
40 - 50	2,6 – 7,3	4 – 2	12 – 24	Mesotrófico
50 – 60	7,3 – 20	2 – 1	24 – 48	Eutrófico
60 – 70	20 – 56	0,5 - 1	48 – 96	
70 – 80	56 – 155	0,25 – 0,5	96 – 192	Hipertrófico
> 80	>155	<0,25	192 - 384	

Tabla 6. Esquema de clasificación funcional del fitoplancton (tomado de Reynolds *et al.* 2002)

Grupo	Hábitat	Representantes típicos	Tolerancia	Sensibilidad
A	Lagos claros, ácidos, frecuentemente bien mezclados	<i>Urosolenia</i> , <i>Cyclotella comensis</i>	Deficiencia de nutrientes	Incrementos de pH
B	Lagos mesotróficos, de tamaño medio, verticalmente mezclados	<i>Aulacoseira subarctica</i> , <i>Aulacoseira islandica</i>	Deficiencia de luz	Incrementos de pH, depleción de sílice, estratificación
C	Lagos eutróficos, de tamaño medio, mezclados	<i>Asterionella Formosa</i> , <i>Aulacoseira ambigua</i> , <i>Stephanodiscus rotula</i>	Deficiencia de luz y C	Depleción de sílice, estratificación
D	Aguas poco profundas, enriquecidas, incluyendo ríos	<i>Synedra acus</i> , <i>Nitzschia spp.</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Flujo de agua	Depleción de nutrientes
N	Epilimnion de lagos mesotróficos	<i>Tabellaria</i> , <i>Cosmarium</i> , <i>Staurodesmus</i>	Deficiencia de nutrientes	Incrementos de pH, estratificación
P	Epilimnion de lagos eutróficos	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Closterium aciculare</i> , <i>Staurastrum pingue</i>	Baja intensidad lumínica, deficiencia de C	Depleción de sílice, estratificación
T	Epilimnion profundo y bien mezclado	<i>Geminella</i> , <i>Mongeotia</i> , <i>Tribonema</i>	Deficiencia de luz	Depleción de nutrientes
S1	Capas de mezcla turbias	<i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>Pseudanabaena</i>	Marcada deficiencia de luz	Flujo de agua
S2	Capas de mezcla turbias y poco profundas	<i>Spirulina</i> , <i>Arthrospira</i> , <i>Raphidiopsis</i>	Deficiencia de luz	Flujo de agua

Grupo (cont.)	Hábitat	Representantes típicos	Tolerancia	Sensibilidad
S _N	Capas de mezcla cálidas	<i>Cylindrocapsa</i> , <i>Anabaena minutissima</i>	Deficiencia de luz y nitrógeno	Flujo de agua
Z	Capas de mezcla claras	<i>Synechococcus</i> , picoplankton procarionota	Deficiencia de nutrientes	Deficiencia de luz, herbivoría
X3	Capas de mezcla claras y poco profundas	<i>Koliella</i> , <i>Chrysochromulina</i> , picoplankton eucariota	Acidificación	Mezcla, herbivoría
X2	Capas de mezcla claras y poco profundas de lagos meso-eutróficos	<i>Plagioselmis</i> , <i>Chrysochromulina</i>	Estratificación	Mezcla, herbivoría
X1	Capas de mezcla poco profundas en ambientes enriquecidos	<i>Chlorella</i> , <i>Ankara</i> , <i>Monoraphidium</i>	Estratificación	Deficiencia de nutrientes, herbivoría
Y	Lagos pequeños, enriquecidos	<i>Cryptomonas</i>	Deficiencia de luz	Herbivoría
E	Lagos oligotróficos pequeños y ácidos o lagos heterotróficos	<i>Dinobryon</i> , <i>Mallomonas</i> (<i>Synura</i>)	Deficiencia de nutrientes (por mixotrofia)	Deficiencia de CO ₂
F	Epilimnion claro	Clorofitas coloniales (por ejemplo: <i>Botryococcus</i> , <i>Pseudosphaerocystis</i> , <i>Coenochloris</i> , <i>Oocystis lacustris</i>)	Deficiencia de nutrientes, turbidez	?Deficiencia de CO ₂
G	Agua poco profundas ricas en nutrientes	<i>Eudorina</i> , <i>Volvox</i>	Elevada intensidad lumínica	Deficiencia de nutrientes
J	Lagos, lagunas y ríos enriquecidos y poco profundos	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Golenkini</i> ,		Deficiencia de luz
K	Agua poco profundas ricas en nutrientes	<i>Aphanathece</i> , <i>Aphanocapsa</i>		Mezcla profunda

Grupo (cont.)	Hábitat	Representantes típicos	Tolerancia	Sensibilidad
H1	Nostocaceas fijadoras de nitrógeno	<i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Aphanizomenon</i>	Deficiencia de nitrógeno y C	Mezcla, deficiencia de luz y de fósforo
H2	Nostocaceas fijadoras de nitrógeno de grandes lagos mesotróficos	<i>Anabaena lemmermanni</i> , <i>Gloeotrichia echinulata</i>	Deficiencia de nitrógeno	Mezcla, deficiencia de luz
U	Epilimnion de verano	<i>Uroglena</i>	Deficiencia de nutrientes	Deficiencia de CO ₂
L ₀	Epilimnion de verano en lagos mesotróficos	<i>Peridinium</i> , <i>Woronichinia</i> , <i>Merismopedia</i>	Deficiencia de nutrientes	Mezcla prolongada o profunda
L _M	Epilimnion de verano en lagos eutróficos	<i>Ceratium</i> , <i>Microcystis</i>	Deficiencia de C	Mezcla, deficiencia de luz
M	Lagos eutróficos pequeños, de bajas latitudes, con mezcla diaria	<i>Microcystis</i> , <i>Sphaerocavum</i>	Alta intensidad luminica	Flujo de agua, deficiencia de luz
R	Metalimnion de lagos mesotróficos estratificados	<i>Planktothrix rubescens</i> , <i>P. mougeotii</i>	Deficiencia de luz	Inestabilidad
V	Metalimnion de lagos eutróficos estratificados	<i>Chromatium</i> , <i>Chlorobium</i>	Deficiencia de luz	Inestabilidad
W1	Pequeñas lagunas orgánicas	Euglenoides, <i>Synura</i> , <i>Gonium</i>	Elevada demanda bioquímica de oxígeno	Herbivoría
W2	Lagos mesotróficos poco profundos	<i>Trachellomonas</i>	?	?
Q	Lagos húmicos pequeños	<i>Gonyostomum</i>	Elevada turbidez	?

RESULTADOS

1. La comunidad fitoplanctónica

1.1. Composición específica

En el fitoplancton del embalse Paso de las Piedras se identificaron un total de 162 taxones, los cuales se describen a continuación en forma detallada, incluyendo datos morfométricos, ilustraciones y fotografías.

CYANOPROCARIOTA (=Cyanophyta, =Cyanobacteria)

Orden Chroococcales

Familia Synechococcaceae Komárek *et* Anagnostidis 1995

Subfamilia Aphanotecoideae

Aphanothece Nägeli 1849 *nom. cons.*

Aphanothece smithii Komárková-Legnerová *et* Cronberg

Figs. 3a (página 119) y 13e (página 129)

Komárková-Legnerová, J. & Cronberg, G. Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. Arch. Hydrobiol. Suppl.102 (Algol. Stud. 72), p. 25, pl. 2, fig. 5 y pl. 6, figs. 3-5. 1994.

Colonias microscópicas, esféricas o irregulares, con células distribuidas poco apretadamente. Mucílago incoloro, difluente. Células ovoides o cilíndricas, de color verde-grisáceo pálido, sin aerotopos.

Dimensiones: células 1,4 (1 – 1,5) μm de ancho x 2,45 (1,75 – 3,5) μm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua dulce mesotróficos o levemente eutróficos; usualmente en cuerpos de agua grandes (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Subfamilia Synechococcoideae

Synechococcus Nägeli 1849

Synechococcus epigloicus Hindák

Fig. 3b (página 119)

Hindák, F. Cyanophytes colonizing mucilage of chroococcal water blooms. *Nova Hedwigia* 112, p. 77, figs. 25-29. 1996.

Células solitarias o formando cortos filamentos de 2 a 4 células, cilíndricas, con extremos redondeados, de color verdoso claro, sin aerotopos.

Dimensiones: células 1,6 (1,3 – 2,4) µm de ancho x 3,5 (1,5 – 5) µm de largo.

Libres en el plancton de lagos eutróficos o adheridas a la superficie de las colonias de *Microcystis aeruginosa* (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Rhabdogloea Schröder 1917

Rhabdogloea scenedesmoides (Nygaard) Komárek *et* Anagnostidis

Fig. 3c (página 119)

Komárek, J. & Anagnostidis, K. Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. *Presalia* 67, p. 15-23. 1995.

Basónimo: *Dactylococcopsis scenedesmoides* Nyg.

Nygaard, G. 1949. Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. II. Det Kong. Danske Vidensk. Selskab, Biolog. Skrifter 7, p. 185, fig. 113.

Colonias formadas por 2 a 4 células paralelas, a veces levemente alternadas o cruzadas. Células con forma de bastón, alargadas, levemente curvadas, con extremos redondeados, de color verde claro y contenido granuloso.

Dimensiones: células 1,5 (1 – 2) µm de ancho x 9 (7 – 11) µm de largo.

Planctónica en grandes lagos, usualmente registrada a temperaturas relativamente bajas. Ocurrencia muy esporádica (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Familia Merismopediaceae Elenkin 1933

Subfamilia Merismopedioideae

Synechocystis Sauvageau 1892

Synechocystis aquatilis Sauvageau

Fig. 3d (página 119)

Sauvageau, C. Sur les algues d'eau douce recoltées en Algérie pendant le session de la société botanique en 1892. B. Soc. Bot. Fr. 39, p. 111-116, pl. 7, fig. 2. 1892.

Células solitarias o reunidas de a dos; esféricas, de color verdoso pálido, con contenido homogéneo, sin aerotopos.

Dimensiones: 4,5 (3 - 5) μm de diámetro.

Planctónica y metafítica en cuerpos de agua pequeños y levemente contaminados o con contenido de nutrientes relativamente alto; probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Synechocystis* sp.**

Fig. 3e (página 119)

Células solitarias o reunidas de a pares; esféricas, de color verdoso, con contenido homogéneo, sin aerotopos.

Dimensiones: 8 (7 – 10) μm de diámetro.

***Synechocystis fuscopigmentosa* Kováčik**

Figs. 3f (página 119) y 13 n (página 129)

Kováčik, L. Cell division in simple coccal cyanophytes. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 149-190. 1988.

Colonias microscópicas, irregulares, con células poligonales densamente dispuestas. Células de color verde-grisáceo con contenido granular.

Dimensiones: células 6 (4,5 – 7) μm de diámetro.

Planctónica. Citada para pantanos tropicales (Cuba, SE de Asia, etc.) (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Aphanocapsa* Nägeli 1849**

***Aphanocapsa delicatissima* W. West et G.S. West**

Figs. 3g (página 119) y 13d (página 129)

West, W. & West, G. S. On the periodicity of the phytoplankton of some British Lakes. J. Linn. Soc. London, Bot. 40, p. 431, pl. 19, figs 2-3. 1912.

Colonias esféricas, elípticas o irregulares con células dispuestas laxamente en un mucílago difuso. Células esféricas, sin aerotopos, de color verdoso o azul-verdoso claro.

Dimensiones: células 1,2 (<1 – 1,5) µm de diámetro; colonias 12 - 67 µm de diámetro.

Planctónica en lagos, probablemente cosmopolita, pero registrada principalmente en regiones templadas (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Merismopedia Meyen 1839

Merismopedia trolleri Bachmann

Fig. 3h (página 119)

Bachmann, H. *Merismopedia trolleri* nov. spec. Aquat. Sci. 1, p. 350. 1920.

Colonias planas, pequeñas, formadas por hasta 24 células regular y densamente distribuidas en un mucílago incoloro. Células esféricas u ovoides, con contenido azul-verdoso pálido, con aerotopos.

Dimensiones: células 1,6 (1 -2,5) µm de ancho x 2,3 (1,5 – 3) µm de largo.

Planctónica, en cuerpos de agua dulce de regiones templadas, no muy común (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Merismopedia tenuissima Lemmermann

Fig. 3i (página 119)

Lemmermann, E. Beiträge zur Kenntniss der Planktonalgen II, Beschreibung neuer Formen. Bot. Centralb. 76, p. 154. 1898.

Colonias planas, rectangulares, formadas por hasta 100 células regular y densamente distribuidas en un mucílago incoloro. Células esféricas u ovoides, con contenido homogéneo azul-verdoso pálido.

Dimensiones: células < 1 µm de diámetro.

Planctónica, común en cuerpos de agua estancados, también presente en cuerpos de agua salobre particularmente durante la estación cálida; probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Merismopedia elegans A. Braun *ex* Kützing

Fig. 3j (página 119)

Kützing, F.T. Species algarum. Leipzig, p. 472. 1849.

Colonias planas, formadas por hasta 64 células regularmente distribuidas bastante densamente. Mucílago distinguible. Células esféricas, con contenido finamente granuloso de color azul-verdoso pálido.

Dimensiones: células 4,5 (4 – 5) μm de ancho x 5,25 (5 – 5,5) μm de alto.

Metafítica y epipélica en el bentos de arroyos, lagos, ríos, ocasionalmente ticoplanctica. Usualmente en lagos levemente ácidos; probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Subfamilia Gomphosphaeriidae

Coelosphaerium Nägeli 1849

***Coelosphaerium aerugineum* Lemmermann**

Figs. 4b (página 120) y 13m (página 129)

Lemmermann, E. Beiträge zur Kenntniss der Planktonalgen. Bot. Centralb. 76, p. 154. 1898.

Colonias esféricas con células densamente distribuidas, aunque nunca hacen contacto unas con otras, inmersas en una capa de mucílago homogéneo e incoloro. Células esféricas, de color verdoso y contenido homogéneo, sin aerotopos.

Dimensiones: células 2 μm de diámetro; colonias 64 - 120 μm de diámetro.

Principalmente planctónica en cuerpos de agua levemente eutróficos o mesotróficos, nunca en masas. Registrada principalmente en la zona templada del hemisferio norte (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Coelosphaerium dubium* Grunow ex Rabenhorst**

Fig. 4a (página 120)

Rabenhorst, L. Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio II. Algae phycochromaceae complectens, Leipzig, p. 55. 1865.

Colonias esféricas u ovals, a veces compuestas de subcolonias. Células esféricas, densamente distribuidas en un mucílago difluente pero claramente distinguible; con aerotopos.

Dimensiones: células 6 (5 – 7) μm de diámetro; colonias 50 – 150 μm de diámetro.

Planctónica en ambientes dulciacuícolas y en biotopos levemente salobres, en las regiones templadas (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Coelosphaerium punctiferum* Komárek et Komárková-Legnerová**

Fig. 4c (página 120)

Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. Variability of some planktic gomphosphaerioid cyanoprokaryotes in northern lakes. Nord. J. Bot. 12, p. 515. 1992.

Colonias esféricas con células irregularmente distribuidas en un mucílago homogéneo e incoloro, a veces dispuestas en pequeños grupos. Células esféricas, muy pequeñas, con contenido verdoso pálido, sin aerotopos.

Dimensiones: células 1 (0,9 – 1,5) μm de diámetro; colonias 35 - 65 μm de diámetro. Planctónica en lagos de regiones tropicales y subtropicales (en verano); probablemente pantropical (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Snowella Elenkin 1938

Colonias esféricas con células poco distantes unas de otras, unidas por un sistema de finos tractos mucilaginosos generalmente visibles sin tinción, que irradian desde el centro de la colonia. Células elípticas u ovoides, unidas por el extremo más angosto al sistema de tractos de mucílago.

Snowella lacustris (Chodat) Komárek *et* Hindák

Figs. 4d (página 120) y 13i (página 129)

Komárek, J. & Hindák, F. Taxonomic review of natural populations of the cyanophytes from the *Gomphosphaeria*-complex. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 203-225. 1988.

Basónimo: *Gomphosphaeria lacustris* Chodat

Chodat, R. 1898. Études de biologie lacustre. Bull. Herb. Boiss. 6, p. 180, fig. 1.

Células de color verde claro y contenido granular, sin aerótopos.

Dimensiones: células 2,2 (1,5 – 3) μm de ancho x 3 (2 – 3,5) μm de largo; colonias 25 - 60 μm de diámetro.

Planctónica en cuerpos de agua eutróficos o mesotróficos, común pero nunca en masas. Probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Snowella fennica Komárek *et* Komárková-Legnerová

Figs. 4e (página 120), 13j (página 129) y 13k (página 129)

Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. Variability of some planktic gomphosphaerioid cyanoprokaryotes in northern lakes. Nord. J. Bot. 12, p. 516, fig. 4. 1992.

Células de color verde claro y contenido granular, con uno o varios aerótopos.

Dimensiones: células 3 μm de ancho x 4,5 μm de largo; colonias 50 μm de diámetro. Planctónica (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Woronichinia Elenkin 1933

Woronichinia elorantae Komárek *et* Komárková-Legnerová

Figs. 4f (página 120) y 13l (página 129)

Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. Variability of some planktic gomphosphaerioid cyanoprokaryotes in northern lakes. Nord. J. Bot. 12, p. 519, fig. 5. 1992.

Colonias esféricas, compactas, ocasionalmente formadas por subcolonias. Dentro de la colonia las células se encuentran unidas a un sistema de tractos de mucílago visible sólo con tinción, densamente empaquetadas y presentan una disposición radial. Alrededor de la colonia se puede observar una envoltura mucilaginosa. Células ovoides, con contenido verde-azulado, sin aerotopos.

Dimensiones: células 2,3 (1,5 – 3,5) µm de ancho x 3,2 (2,5 x 4) µm de largo; colonias 20 - 40 µm de diámetro.

En el plancton y metafiton de pequeños cuerpos de agua y en el litoral de lagos con plantas acuáticas, en el norte de la región templada (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Familia Microcystaceae Elenkin 1933

Microcystis Kützing *ex* Lemmermann 1907 *nom. cons.*

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing

Figs. 4g (página 120), 13f (página 129) y 13g (página 129)

Kützing, T. F. Tabulae Phycologicae oder Abbildungen der Tange I, p. 8, pl. 8, fig. 1. 1846.

Basónimo: *Micraloa aeruginosa* Kütz.

Kützing, F.T. 1833. Synopsis diatomacearum oder Versuch einer systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. Linnaea 8, p. 371, pl. 8, fig. 23.

Colonias esféricas, elipsoidales o irregulares, en ocasiones macroscópicas, usualmente con perforaciones o formadas por subcolonias; con gran número de células densamente distribuidas. Mucílago incoloro, difluente. Células esféricas, de color verde oscuro, con numerosos aerotopos.

Dimensiones: células 3,8 (3 – 5) µm de diámetro.

Planctónica en cuerpos de agua eutróficos, dulces o salobres, en ocasiones formando densos *blooms*. Cosmopolita, con excepción de las regiones polares y subpolares (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Microcystis flos-aquae* (Wittrock) Kirchner**

Figs. 4h (página 120) y 13o (página 129)

Kirchner, O. Beiträge zur Algenflora von Wüttemberg. Wüttemb. Naturw. Jahreshfte 36 (1880). En: Engler & Prantl. Natürlichen Pflanzenfamilia I. 1^a, p.56, fig. 49(N). 1898.

Basónimo: *Polycystis flos-aquae* Wittr. et Nordst.

Wittrock, V. B & Nordst, O. 1879. Algae aquae dulcis exsiccatae. Bot. Notiser. Lund 244, p. 20-27.

Colonias microscópicas, raramente macroscópicas, irregulares, con células densamente distribuidas, raramente con perforaciones. Células esféricas, con aerotopos.

Dimensiones: células 3,1 (2,7 – 4) µm de diámetro.

Planctónica, de agua dulce, usualmente junto con otras algas y cianobacterias planctónicas; a veces formando parte de proliferaciones masivas en cuerpos de agua mesotróficos o levemente eutróficos. Registrada principalmente en regiones templada, aunque probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Microcystis natans* Lemmermann ex Skuja**

Figs. 4i (página 120) y 13h (página 129)

Skuja, H. Beitrag zur Algenflora Lettlands I. Act. Hort. Bot. Univ. Latv. 7, p. 25-86. 1934.

Colonias microscópicas, esféricas o irregulares, con células no muy densamente agrupadas. Mucílago incoloro y homogéneo. Células esféricas, de color verdoso, con un aerotopo central.

Dimensiones: células 2,1 (1,4 – 2,5) µm de diámetro; colonias 30 - 400 µm de diámetro.

Planctónica en lagos y grandes cuerpos de agua. Citada para el norte de Europa, pero probablemente distribuida en las regiones frías de zonas templadas (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Microcystis protocystis* Crow**

Fig. 4j (página 120)

Crow, W. B. The taxonomy and variation of the genus *Microcystis* in Ceylon. New Phytol. 22, p.62, pl. 1, fig. d. 1923.

Colonias irregulares, con células dispuestas poco densamente en un mucílago incoloro, difluente. Células esféricas, de color verdoso, con numerosos aerotopos.

Dimensiones: células 4 µm de diámetro.

Citada para el plancton de Srí Lanka, pero probablemente una de las especies pantropicales más comunes (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Familia Chroococcaceae Nägeli 1849

Chroococcus Nägeli 1849

***Chroococcus limneticus* Lemmermann**

Figs. 3k (página 119), 13a (página 129) y 13b (página 129)

Lemmermann, E. Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen II. Beschreibung neuer Formen. Bot. Centralb. 76, p. 153. 1898.

Colonias microscópicas formadas por hasta 20 células distantes unas de otras, inmersas en un amplio mucílago homogéneo, poco coloreado y difluente. Células esféricas, con contenido granuloso y verdoso, sin aerotopos; luego de la división celular reunidas de a dos y rodeadas por una fina capa de mucílago no lamelada.

Dimensiones: células 6 (4 – 7) μm de diámetro.

Planctónica en lagos, lagunas, embalses y pantanos; secundariamente en ríos. Presente durante todo el año, usualmente con máximos en verano y otoño pero nunca en gran cantidad. Cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

***Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli**

Figs. 3l (página 119) y 13c

Nägeli, C. Gattungen einzelliger Algen. Neue Denkschr. Allg. Schweiz. Natur. Ges. 10, p. 46. 1849.

Basónimo: *Protococcus minutus* Kütz.

Kützing, T. F. 1843. Phycologia Generalis, oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange. Leipzig. p.168.

Células solitarias o reunidas de a dos, rodeadas por una amplia capa de mucílago homogénea, claramente delimitada. Células esféricas, con contenido verdoso, granuloso, sin aerotopos.

Dimensiones: células 7,5 (6,5 – 8,2) μm de diámetro.

Planctónica, ticoplanctónica o metafitica en lagos, lagunas, embalses y pantanos oligotróficos o levemente eutróficos; frecuentemente en el litoral, nunca en grandes concentraciones. Encontrada también en aguas salobres. Registrada principalmente en regiones templadas, pero probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 1998).

Orden Oscillatoriales

Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis *et* Komárek 1988

Subfamilia Pseudanabaenoideae

Pseudanabaena Lauterborn 1915

Pseudanabaena mucicola (Naumann *et* Huber-Pestalozzi) Schwabe

Figs. 5a (página 121) y 14h (página 130)

Schwabe, G. H. Grundprobleme der Cyanophytentaxonomie. Gewässer und Abwässer, H. 36:7-39. 1964.

Basónimo: *Phormidium mucicola* Naum. *et* Hub.-Pest.

Huber-Pestalozzi & Naumann. 1929. Ber. Deutsch bot. Ges. 47, p. 86, figs 1-6

Tricomas rectos y cortos (3 a 6 células), de color verde pálido, sin vaina, claramente constrictos a nivel de las paredes transversales, no atenuados. Células cilíndricas, generalmente con el largo igual al diámetro o hasta dos veces más largas que anchas; las apicales, con extremos cónico-redondeados. Contenido celular homogéneo, sin aerotopos.

Dimensiones: células 1,5 (1,3 – 2) μm de ancho x 3,5 (1,5 – 4,5) μm de largo.

Endogloeicas, epiplancónicas; principalmente dentro o sobre el mucílago de cianoprocarotas planctónicas, de los géneros *Microcystis*, *Woronichinia*, *Chroococcus* y *Aphanothece*. Ampliamente distribuida en cuerpos de agua dulce y salados de la región templada y tropical (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Limnothrix Meffert 1988

Limnothrix guttulata (Van Goor) Umezaki *et* M. Watanabe

Figs. 5b (página 121) y 14b (página 130)

Umezaki, I & Watanabe, M. Enumeration of the Cyanophyta (blue-green algae) of Japan. 1. Chroococcales and Oscillatoriales. Jap. J. Phycol. 42(2): 175-219. 1994.

Basónimo: *Oscillatoria guttulata* Van Goor

Van Goor, A. C. J. 1918. Zur Kenntnis der Oscillatoriaceae. Rec. Trav. Bot. Néerl. 15, p. 255, pl. 2, fig. 1.

Tricomas de color verde pálido, no constrictos a nivel de las paredes transversales. Paredes transversales poco visibles. Extremos no atenuados ni capitados. Célula apical cilíndrica, redondeada, sin caliptra. Células con el largo igual al diámetro o más largas que anchas. Numerosos aerotopos esparcidos por todo el citoplasma.

Dimensiones: célula 3 (2 – 5) μm de ancho x 7 (6 – 8) μm de largo; filamento 16 – 80 μm de largo.

Bentónica, en el sedimento de lagos con alto contenido de sulfuro; secundariamente planctónica (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Jaaginema Anagnostidis *et* Komárek 1988

Jaaginema minimum (Gicklhorn) Anagnostidis *et* Komárek

Fig. 5c (página 121)

Anagnostidis, K. & Komárek, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3- Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 396. 1988.

Basónimo: *Oscillatoria minima* Gicklhorn

Gicklhorn, V. J. 1921. Über den Blauglanz zweier neuer Oscillatorien. Österr. bot. Zeitschr., p. 4, fig. 1.

Tricomas rectos o levemente curvados, no constrictos a nivel de las paredes transversales ni atenuados hacia los extremos. Células cilíndricas, más largas que anchas; las apicales con el extremo libre redondeado.

Dimensiones: células 2 μm de ancho x 5 μm de largo; filamento 300 μm de largo.

Dulciacuícola, bentónica o sapropélica (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Subfamilia Spirulinoideae

Spirulina Turpin *ex* Gomont 1892

Spirulina major Kützing *ex* Gomont

Figs. 5d (página 121) y 14f (página 130)

Gomont, M. 1892. Monographie des Oscillariées (Nostocacées homocystées). Ann. Sci. Nat., Bot Series 7, 16, p. 250-251, pl. 7, fig. 29.

Tricomas solitarios, de color verde brillante, regularmente espiralados; las espiras no se tocan unas con otras. Paredes transversales no visibles al microscopio óptico. Célula terminal con extremo libre redondeado.

Dimensiones: filamento 2 µm de ancho x 40 – 100 µm de largo; distancia entre espiras 4 – 5 µm.

En aguas dulces o salobres, también en aguas termales y en humedales costeros. Generalmente individuos solitarios entre o sobre otras algas; también ha sido registrada sobre paredes húmedas, rocas y suelo. Probablemente cosmopolita (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Familia Phormidiaceae Anagnostidis *et* Komárek 1998

Subfamilia Phormidioideae

Planktothrix Anagnostidis *et* Komárek 1988

Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis *et* Komárek

Fig. 5e (página 121) y 14c (página 130)

Anagnostidis, K. & Komárek, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3- Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 416. 1988.

Basónimo: *Oscillatoria agardhii* Gom.

Gomont, M. 1892. Monographie des Oscillariées (Nostocacées homocystées). Ann. Sci. Nat., Bot Series 7, 15, p. 205.

Tricomas rectos; sin vaina, de color verde oliva, no constrictos a nivel de las paredes transversales ni atenuados. Contenido celular homogéneo, granuloso, a veces con granulaciones a nivel de las paredes transversales. Célula apical con el extremo libre redondeado, sin caliptra. Células con el largo igual al diámetro o más cortas que anchas.

Dimensiones: filamento 5,4 (5 – 5,5) µm de ancho x 115 - 400 µm de largo.

Planctónica en ambientes dulciacuícolas, frecuentemente formando proliferaciones; ampliamente distribuida en las regiones templadas (Komárek & Anagnostidis, 2005).

***Planktothrix* sp.**

Fig. 5f (página 121)

Tricomas rectos, de color gris pálido, sin vaina, no atenuados, sin constricción a nivel de las paredes transversales, las cuales son poco visibles. Célula apical con el extremo libre ampliamente redondeado, sin caliptra. Granulos refringentes ubicados a lo largo de las paredes laterales. Células más largas que anchas.

Dimensiones: células 4 µm de ancho x 5,5 µm de largo.

Phormidium Kützing *ex* Gomont 1892

Phormidium hamelii (Frémy) Anagnostidis *et* Komárek

Fig. 5g (página 121)

Anagnostidis, K. & Komárek, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3- Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 405. 1988.

Basónimo: *Oscillatoria hamelii* Frémy

Frémy, P. 1930. Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. Arch. Bot. Mémoires 3, p. 218, fig. 187.

Tricomas solitarios, sin vaina, claramente constrictos a nivel de las paredes transversales. Células cilíndricas, 1,5 a 2 veces más largas que anchas, con contenido granular de color verde oscuro. Ápices no atenuados ni capitados, célula apical con el extremo libre redondeado, sin caliptra.

Dimensiones: filamentos 3,5 (5 – 8) μm de ancho.

Dulciacuícolas, principalmente en el litoral de aguas estancadas. Probablemente ampliamente distribuida en las zonas cálidas de la región templada (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Phormidium aerugineo-caeruleum (Gomont) Anagnostidis *et* Komárek

Figs. 5h (página 121) y 14d (página 130)

Anagnostidis, K. & Komárek, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3- Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 407. 1988.

Basónimo: *Lyngbya aerugineo-coerulea* Gom.

Gomont, M. 1892. Monographie des Oscillariées (Nostocacées homocystées). Ann. Sci. Nat., Bot Series 7, 16, p. 156.

Tricomas de color verde pálido, no constrictos a nivel de las paredes transversales ni atenuados hacia los ápices. Vaina delgada, firme, hialina, no lamelada. Célula apical con extremo libre redondeado, sin caliptra. Contenido celular homogéneo, granuloso. Células con el largo igual al diámetro o más anchas que largas.

Dimensiones: células 6 μm de ancho x 3 – 6 μm de largo.

Bentónica y epipélica en aguas dulces estancadas y corrientes. Ampliamente distribuida (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Phormidium tergestinum (Kützing) Anagnostidis *et* Komárek

Fig. 5i (página 121)

Anagnostidis, K. & Komárek, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3- Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud. 50-53, p. 406. 1988.

Basónimo: *Oscillatoria tergestina* Kütz.

Kutzing, F.T. 1836. *Algarum Aquae Dulcis Germanicarum*. Decas XIII. Collegit Fridericus Traugott Kutzing, Societ. Bot. Ratisbon. Sodalis. Halis Saxonum in Commissis C.A. Schwetschkii et Fil., Vol. 13, p. 3.

Tricomas de color verde oscuro, constrictos a nivel de las paredes transversales, no atenuados hacia los ápices; sin vaina. Célula apical con extremo libre redondeado, sin caliptra. Contenido celular homogéneo, granuloso, a veces con gránulos en las paredes transversales. Células más anchas que largas.

Dimensiones: células 5,6 (3,5 – 9) μm de ancho x 3,75 (2 – 5) μm de largo.

Bentónica en aguas dulces estancadas y corrientes; también en aguas contaminadas. Probablemente cosmopolita, con excepción de las regiones polares (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Tychonema Anagnostidis *et* Komárek 1988

***Tychonema* sp.**

Figs. 5j (página 121) y 14a (página 130)

Tricomas rectos, de color gris-verdoso pálido, sin vaina, no constrictos a nivel de las paredes transversales ni atenuados hacia los extremos. Células cilíndricas, más largas que anchas, célula apical con extremo libre redondeado, sin caliptra. Contenido celular sin aerotopos.

Dimensiones: células 1,75 (1,5 – 2) μm de ancho x 8 (7 – 9) μm de largo.

Observaciones: El ancho de los tricomas de los ejemplares observados es menor al de las tres especies incluidas dentro de este género.

Familia Oscillatoriaceae (S. F. Gray) Harvey *ex* Kirchner 1898

Subfamilia Oscillatorioideae

Oscillatoria Vaucher *ex* Gomont 1892 *pro parte typico*

Oscillatoria foreaui (Frémy) Umezaki *et* M. Watanabe

Fig. 5k (página 121)

Umezaki, I & Watanabe, M. Enumeration of the Cyanophyta (blue-green algae) of Japan. 1. Chroococcales and Oscillatoriales. *Jap. J. Phycol.* 42, p. 144. 1994.

Basónimo: *Oscillatoria foreaui* Frémy

Frémy, P. 1942. Cyanophycées de l'Inde Meridionale, *Blumea*, Suppl. II, Jubilee Vol., p. 23, fig. 2.

Tricomas solitarios, sin vaina, claramente constrictos a nivel de las paredes transversales, con extremos no atenuados ni capitados. Célula apical cónico-redondeada sin caliptra.

Dimensiones: células 2,5 µm de ancho x 1-3 µm de largo; filamento 122 µm de largo. En aguas estancadas (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Orden Nostocales

Familia Nostocaceae Dumort. 1829

Subfamilia Anabaenoideae

Anabaena Bory ex Bornet et Flahault 1886

Anabaena circinalis Rabenhorst ex Bornet et Flahault

Figs. 5l (página 121) y 14g (página 130)

Bornet, E. & Flahault, J. Revision des Nostocacées hétérocystées. Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 7, p.230. 1888.

Tricomas moniliformes, solitarios o agregados formando masas macroscópicas, sin vaina distinguible. Células doliiformes, algo más cortas que anchas, con vacuolas de gas. Heterocistos esféricos, intercalares. Acinetas cilíndricas con extremos redondeados.

Dimensiones: células 5,6 (4,7 – 7,2) µm de diámetro; heterocistos 7 (5,1 – 8) µm de diámetro; acinetas 5,6 (4,5 – 7,8) µm de ancho x 8,1 (7,3 – 12,3) µm de largo. Planctónica en aguas quietas (Komárek & Anagnostidis, 2005).

Anabaena sphaerica Bornet et Flahault

Figs. 5m (página 121) y 14e (página 130)

Bornet, E. & Flahault, J. Revision des Nostocacées hétérocystées. Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 7, p.228. 1888.

Tricomas moniliformes, rectos, de color verde-azulados, con vaina mucilaginosa indistinguible sin tinción. Células doliiformes, más cortas que anchas, las apicales atenuadas. Heterocistos subesféricos, intercalares.

Dimensiones: células 4,3 (3,75 – 5,5) µm de diámetro; heterocistos 6,3 (5 – 8) µm de diámetro.

Observaciones: nunca se observaron acinetas.

Planctónica en cuerpos de aguas quietas y en lagos salobres, también en ríos (Komárek & Anagnostidis, 2005).

CHLOROPHYTA

Clase Chlorophyceae

Orden Chlorococcales

Familia Palmellaceae Lemmermann 1915

Subfamilia Palmelloideae

Spaherocystis Chodat 1897

Sphaerocystis schroeteri Chodat

Figs. 6a (página 122) y 15c (página 131)

Chodat, R. Etudes de biologie lacustre. A. Recherches sur les algues pélagiques de quelques lacs suisses et français. Bull. Herb. Boiss., Genève, 5, p. 119. 1897.

Colonias formadas por hasta 16 células inmersas en una amplia matriz de mucílago poco estructurado. Células esféricas, dispuestas en grupos de a 4; cloroplasto cupuliforme con un pirenoide.

Dimensiones: células 7 (5 – 9) μm de diámetro; colonias 23 – 34 μm de diámetro
Planctónica, cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Planaktosphaeria Smith 1918

Planktosphaeria gelatinosa Smith

Figs. 6b (página 122) y 15f (página 131)

Smith, G.M. A second list of algae found in Wisconsin lakes. Trans. Wisc. Acad. Sci. Arts. Lett., Madison 19, p. 627, pl. 10, figs. 8-11. 1918.

Células solitarias, esféricas, rodeadas por una amplia matriz mucilaginosa compacta y esférica; numerosos cloroplastos piramidales dispuestos en la periferia celular con la base hacia el exterior, cada uno con un pirenoide.

Dimensiones: células 18 (7 – 25,9) μm de diámetro
Planctónica en lagos y lagunas (Komárek & Fott, 1983).

Familia Characiaceae (Nägeli) Wille *ex* Warming 1884

Subfamilia Schroederioideae

Ankyra Fott 1957

Ankyra judayi (Smith) Fott

Figs. 6c (página 122) y 15i (página 131)

Fott, B. Taxonomie drobnohledné flory nasich vod. (Taxonomie der mikroskopischen Flora einheimischer Gewässer). Preslia 29, p. 303. 1957.

Basónimo: *Schroederia judayi* Smith

Smith, G. M. 1916. New or interesting algae from the lakes of Wisconsin. Bull. Torr. Bot. Club 43, p. 474, pl. 24, figs. 9-11.

Células solitarias, fusiformes, rectas o levemente arqueadas, con los extremos terminados en una larga proyección acicular, una de dichas proyecciones termina en una corta bifurcación. Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: células 2,4 (2 – 3) μm de ancho x 22,7 (16 – 35) μm de largo.

Planctónica en lagos y lagunas (Komárek & Fott, 1983).

Korshikoviella Silva 1959

Korshikoviella limnetica (Lemmermann) Silva

Fig. 6d (página 122)

Silva, P.C. Remarks on algal nomenclature II. Taxon 8, p. 63. 1959.

Basónimo: *Characium limneticum* Lemm.

Lemmermann, E. 1903. Beitrage zur Kenntniss der Planktonalgen, XVI. Bot. Not. p.81, pl.3, figs.7-10.

Células cilíndricas, alargadas, levemente arqueadas, aguzadas hacia ambos extremos y terminadas en cortas sedas puntiagudas. Tanto el protoplasma como el cloroplasto se encuentran divididos en 3 segmentos cada uno con un pirenoide.

Dimensiones: 3 – 7 μm de ancho x 25 – 80 μm de largo.

Epizoica sobre microcustráceos planctónicos, raramente libres en el plancton (Komárek & Fott, 1983).

Schroederia Lemmerman 1898

Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann

Figs. 6e (página 122) y 15o (página 131)

Lemmerman, E. Beiträge zur Kenntniss der Planktonalgen. I. *Golenkinia* Chodat, *Richteriella* Lemm., *Franceia* nov. gen., *Phythelios* Frenzel, *Lagerheimia* Chodat, *Chodatella* nov. gen., *Schroederia* nov. gen. Hedwigia 37, p. 311. 1898.

Basónimo: *Reinschiella setigera* Schröd.

Schröder, B. 1897. *Attheya*, *Rhisolenia* and andere Planktonorganismen im Teiche des botanischen Gartens zu Breslau. Ber. Dtsch. Bot. Ges. Stuttgart 15, p. 492, pl. 25, fig. 4.

Células solitarias, alargadas, fusiformes, rectas o levemente curvadas, con cada extremo terminado en una espina o seta larga y fina. Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: células 5 (4 – 6) µm de ancho x 72 (65 – 80) µm de largo.

Común en el plancton de lagos y lagunas, aunque probablemente muchas veces se la confunde con *Monoraphidium* (Komárek & Fott, 1983).

Familia Golenkiniaceae (Koršikov) Komárek 1979

Golenkinia Chodat 1894

Golenkinia radiata Chodat

Fig. 6f (página 122)

Chodat, R. *Golenkinia*, genere nouveau des Protococcoidées. Journ. Bot. 8, p. 305, pl. 3. 1894.

Células solitarias, esféricas, con un número variable de largas y delicadas sedas hialinas distribuidas uniformemente en toda la superficie celular. Cloroplasto parietal cupuliforme con un pirenoide.

Dimensiones: células 8,4 (7 – 10) µm de diámetro; sedas 19 – 28 µm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua pequeños. Probablemente cosmopolita aunque no muy frecuente (Komárek & Fott, 1983).

Familia Hydrodictyaceae Cohn 1880

Pediastrum Meyen 1829

Pediastrum boryanum var. ***cornutum*** (Raciborski) Sulek

Fig. 6g (página 122)

Sulek, J. Taxonomische Übersicht der Gattung *Pediastrum* Meyen. En Fott, B. (ed.) Stud. Phycol, Praha. p. 218. 1969.

Basónimo: *Pediastrum duplex* var. *cornutum* Racib.

Raciborski, M. 1889. Przegląd gatunków rodzaju *Pediastrum*. Rozpr. Spraw. Posiedz. Wydz. mat.-przyr. Akad. Umiej., Kraków, 20, p. 111, pl. 2, fig. 38.

Cenobios planos con forma de disco; compuesto de hasta 64 células. Células periféricas con 2 lóbulos o procesos relativamente largos en las paredes marginales. Células internas isodiamétricas, tetra o pentagonales, con escaso espacio intercelular. Paredes celulares con granulaciones. Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: cenobios 100 µm de diámetro; células 12 (5 – 22) µm de ancho.

Planctónica, cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

***Pediastrum duplex* var. *duplex* Meyen**

Fig. 6h (página 122)

Meyen, F. I. F. Beobachtungen über einige niedere Algenformen. Nova Acta Leop. Carol., Norimbergae, 14, p. 772, pl. 43, figs. 6-20. 1829.

Cenobios planos, discoides, compuestos de hasta 64 células. Células periféricas con dos procesos en la cara marginal, células internas con forma de H, con amplios espacios intercelulares. Cloroplastos parietales con un pirenoide.

Dimensiones: cenobios 90 – 115 µm de diámetro; células internas 19,6 (13,5 – 28) µm de ancho x 14 (11,2 – 17,9) µm de largo; células periféricas 15,4 (12,3 – 22,4) µm de ancho x 18,2 (15,7 – 22,4) µm de largo.

Planctónica, cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

***Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs**

Figs. 6i (página 122) y 16b (página 132)

Ralfs, J. On the British Desmidiaceae. Ann. Mag. Nat. Hist. 14, p. 469. 1844.

Basónimo: *Micrasterias tetras* Ehrenb.

Ehrenberg, C. G. 1838. Infusionsthierchen als vollkommene Organismen, Leipzig, p. 155, pl. 11, fig. 10.

Cenobios planos, pequeños, cuadrangulares o circulares, compuestos por 4, 8 ó 16 células dispuestas sin separación alguna entre ellas. Células poligonales con una fuerte hendidura en la cara marginal, lo que da lugar a la formación de dos lóbulos laterales gruesos. Cada célula presenta un cloroplasto parietal con un pirenoide basal.

Dimensiones: cenobios 13 – 27 µm de diámetro; células 7,5 (6,3 – 8,3) µm de ancho x 7,8 (6,3 – 10) µm de largo.
Planctónica (Komárek & Fott, 1983).

Familia Micractiniaceae (Brunnthaler) G. M. Smith 1950

Micractinium Fresenius 1858

Micractinium pusillum Fresenius

Fig. 6j (página 122)

Fresenius, G. Beiträge zur Kenntnis mikroskopischer Organismen Abh. Senckenberg Naturf. Gesell. Frankfurt, 2, p. 236, pl. 11, figs. 46-49. 1858.

Colonias formadas por un número variable de células esféricas dispuestas de a 4. Cada célula presenta de 2 a 8 largas y finas sedas orientadas hacia el exterior de la colonia. Cloroplasto parietal cupuliforme con un pirenoide.

Dimensiones: células 6 (3 – 11) µm de diámetro; sedas 40 – 60 µm de largo.

Planctónica en lagos y estanques, más raramente en pequeños cuerpos de agua eutróficos. Probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Familia Botryococcaceae Wille 1909

Subfamilia Dictyosphaerioideae

Quadricoccus Fott 1948

Quadricoccus ellipticus Hortobágyi

Figs. 6k (página 122) y 15b (página 131)

Hortobágyi, T. Neue Chlorococcalen aus den Absetz- und Grundwasseranreicherungsbecken der Budapest Wasserwerke. Acta Bot. Acad. Sci. Hung. Budapest. 18, p. 126, fig. 19. 1973.

Colonias formadas por 4 células unidas por su parte media a los restos de la pared de la célula madre. Células elipsoidales con un cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: células 2,9 (2 – 4,5) µm de ancho x 6,1 (4 – 8,5) µm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua eutróficos (Komárek & Fott, 1983).

Dictyosphaerium Nägeli 1849

Colonias compuestas por hasta 32 células ovoides o esféricas reunidas de a 4 en el extremo de finas hebras mucilaginosas ramificadas.

Dictyosphaerium ehrenbergianum Nägeli

Figs. 6l (página 122) y 15e (página 131)

Nägeli, C. Gattungen einzelliger Algen. Neue Denkschr. Allg. Schweiz. Natur. Ges. Zurich. 10, p. 73, pl. 2, fig. E. 1849.

Celulas ovoides. Cloroplasto parietal cupuliforme con un pirenoide.

Dimensiones: colonias 9 – 19 µm de diámetro; células 3,3 (2,8 – 3,6) µm de ancho x 6,3 (5,9 – 6,7) µm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua pequeños y pantanos con vegetación, más raramente en lagos y ríos. Usualmente en ambientes levemente eutrofizados. Frecuente pero no muy abundante (Komárek & Fott, 1983).

Dictyosphaerium pulchellum Wood

Figs. 6m (página 122) y 15h (página 131)

Wood, H. C. A contribution to the history of the fresh-water algae of North America. Smithsonian Contrib. to Knowledge 19, p. 84. 1872.

Células esféricas con cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: colonias 27 – 50 µm de diámetro; células 4,9 (3 – 6,75) µm de diámetro.

Planctónica en aguas eutróficas; frecuente y a veces abundante (Komárek & Fott, 1983).

Subfamilia Botryococcoideae

Botryococcus Kützing 1849

Botryococcus braunii Kützing

Figs. 6n (página 122) y 15k (página 131)

Kützing, F. T. Species algarum. Leipzig, p. 892. 1849.

Colonias globosas, irregulares, de color pardo amarillento. Células ovoides, cada una rodeada por una vaina mucilaginosa cupuliforme, reunidas en una masa gelatinosa compacta común. Cloroplasto parietal.

Dimensiones: células 3,7 (3 – 4,5) μm de ancho x 6,4 (5 – 7,5) μm de largo.

Planctónica, frecuentemente formando proliferaciones (Komárek & Fott, 1983).

Familia Radiococcaceae Fott *ex* Komárek 1979

Subfamilia Radiococcoideae

Coenocystis Koršikov 1953

Coenocystis planctonica var. *planctonica* Koršikov

Figs. 6o (página 122) y 15n (página 131)

Koršikov, O. A. Pidklas Protokokovi (Protococcineae) Vzn. prsnovodn. vodor. URSS, 5, p. 328, fig. 302. 1953.

Colonias aproximadamente esféricas, formadas por 4 a 8 células esférico-ovoides rodeadas por una capa de mucílago laxo. Cada célula presenta un cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: colonias 20 – 50 μm de diámetro; células 7 (5 – 10) μm de diámetro.

Planctónica en lagunas y pequeños lagos artificiales. No muy frecuente (Komárek & Fott, 1983).

Coenocystis planconvexa (Hindák) Hindák

Figs. 6p (página 122) y 16d (página 132)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 55, pl. 17, fig. 2. 1988.

Basónimo: *Coenochloris planconvexa* Hind.

Hindák, F. 1977. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) I. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 23, p. 22, pls. 5-7.

Células solitarias o en colonias de 2 a 4 células, inmersas en una amplia matriz de mucílago. Restos de la pared de la célula madre visibles dentro de dicho mucílago. Células ovoides con uno cloroplastos parietal con pirenoide, a veces con forma de H.

Dimensiones: células 4,6 (2,7 – 8) μm de ancho x 7,1 (5 – 9) μm de largo.

Observaciones: El cloroplasto a veces se observó dividido en dos, probablemente antes de la autosporulación.

Planctónica en lagos, lagunas y ríos (Komárek & Fott, 1983).

Thorakochloris Pascher 1932

Thorakochloris nygaardii Komárek

Fig. 6q (página 122)

Komárek, J. Änderungen in der Taxonomie der Chlorokokkalalgen. Arch. Hydrobiol. 56/Algolog. Stud. 24, p. 252. 1979.

Colonias esféricas formadas por hasta 64 células reunidas en grupos de a 4 e inmersas en un mucílago poco estructurado donde se pueden observar los restos de pared de la célula madre. Células esféricas con cloroplasto parietal cupuliforme con un pirenoide.

Dimensiones: células 2,5 µm de diámetro.

Planctónica, principalmente estival (Komárek & Fott, 1983).

Familia Oocystaceae Bohlin 1901

Subfamilia Lagerheimioideae

Lagerheimia Chodat 1895

Células ovoides o elipsoidales. De cada polo divergen 2 a 10 finas proyecciones a modo de espinas o sedas incoloras.

Lagerheimia citrifomis (Snow) Collins

Fig. 6r (página 122)

Collins, F. S. The green algae of North America. Tufts Coll. Stud. (Sc.) 4, p. 33. 1918.

Basónimo: *Chodatella citrifomis* Snow

Snow, J.W. 1903. The plankton algae of Lake Erie, with special reference to the Chlorophyceae. U. S. Fish Comm. Bull. Washington 1902, 22, p. 381, 389, pl. 2, fig. 8.

Células con una papila en cada polo, lo cual le da una apariencia citriforme. De cada polo divergen 4 a 8 finas sedas incoloras ligeramente curvadas hacia el plano ecuatorial de la célula.

Dimensiones: células 11,2 (5 – 13,3) µm de ancho x 13,5 (9 – 20,2) µm de largo; sedas 4,5 – 31,4 µm.

Observaciones: frecuentemente se observaron 4 autósporas dentro de la célula madre.

Planctónica en aguas eutróficas (Komárek & Fott, 1983).

Lagerheimia subsalsa Lemmerman

Figs. 6s (página 122) y 16g (página 132)

Lemmerman, E. Beiträge zur Kenntniss der Planktonalgen. I. *Golenkinia* Chodat, *Richteriella* Lemm., *Franceia* nov. gen., *Phythelios* Frenzel, *Lagerheimia* Chodat, *Chodatella* nov. gen., *Schroederia* nov. gen. Hedwigia 37, p. 303-312, pl. 10. 1898.

De cada polo divergen 2 a 5 finas sedas incoloras, rectas o levemente curvadas ligeramente curvadas hacia el plano ecuatorial de la célula.

Dimensiones: células 5,7 (4 – 8) µm de ancho x 8,9 (7 – 12) µm de largo; sedas 3 – 15 µm.

Planctónica en cuerpos de agua mesotróficos (Komárek & Fott, 1983).

Lagerheimia balatonica (Scherffel *ex* Kol) Hindak

Fig. 6t (página 122)

Hindak, F. The genus *Lagerheimia* Chodat and *Lagerheimia*-like unicells in the genus *Scenedesmus* Meyen (Chlorophyceae). Biologia, Bratislava, 33, p. 800. 1978.

Basónimo: *Chodatella balatonica* Scherff. *ex* Kol

Kol. E. 1938. Die Algenvegetation des Balaton-Sees. Arb. d. Ung. Biol. Forsch.-Inst. 10, p. 168, fig. 3.

Células con extremos redondeados, con 2 ó 3 sedas rectas en el polo apical y 1 ó 2 en el extremo inferior (nunca 3).

Dimensiones: 5,9 (5 – 8) µm de ancho x 8,6 (7,5 – 11) µm de largo; sedas 7,8 – 14 µm.

Planctónica (Komárek & Fott, 1983).

Lagerheimia ciliata (Lagerheim) Chodat

Fig. 6u (página 122)

Chodat, R. Sur le genre *Lagerheimia*. Nuova Notarisia 6, p. 90. 1895.

Basónimo: *Oocystis ciliata* Lagerh.

Lagerheim, G. 1882. Bidrag till kannedomen om Stockholmstraktens Pediastréer, Protococcacéer och Palmellacéer. Öfv. Kgl. Vetensk. Akad. Förh., Stockholm 39, p. 76, pl. 3, figs. 33-37.

De cada polo divergen 4 a 10 sedas incoloras ligeramente curvadas hacia el plano ecuatorial de la célula. Sedas largas aunque nunca superan 2 veces la longitud del eje mayor de la célula.

Dimensiones: células 9,8 (8 – 17) μm de ancho x 13 (11 – 18) μm de largo; sedas 14 - 36 μm .

Planctónica en aguas moderadamente eutróficas (Komárek & Fott, 1983).

Subfamilia Oocystoideae

Oocystis Braun 1855

Oocystis naegelii Braun

Figs. 7a (página 123) y 16c (página 132)

Braun, A. Algae unicellularium genera nova vel minus cognita I-III. W. Engelmann. Leipzig, p. 94. 1855.

Células elipsoidales u ovoides, con engrosamientos polares (nódulos) redondeados; solitarias o (2 – 8) reunidas dentro de la pared de la célula madre dilatada. Cada célula posee 1 ó 2 cloroplastos parietales sin pirenoide.

Dimensiones: células 8,3 (5 – 12) μm de ancho x 11,9 (8,5 – 15) μm de largo.

Planctónica, en pequeños cuerpos de agua (Komárek & Fott, 1983).

Oocystella Lemmermann 1903

Células ampliamente ovoides, con extremos redondeados con o sin engrosamientos. Células 2-24, reunidas dentro de la pared de la célula madre dilatada, raramente solitarias. Cada célula posee 1 a 4 (20) cloroplastos parietales, cada uno con un pirenoide.

Oocystella rhomboidea (Fott) Hindák

Figs. 7b (página 123) y 15j (página 131)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 128. 1988.

Basónimo: *Oocystis rhomboidea* Fott

Fott, B. 1933. Die Schwebeflora des Ohrid Sees. Bull. Inst. Jard. Bot. Univ. Beograd, 2, p. 169, pl. 3, fig. 2.

Células elipsoidales, con extremos sin engrosamientos polares y un glóbulo refringente en cada polo. Un cloroplasto parietal. Células reunidas de a dos, levemente desplazadas, dispuestas con sus ejes longitudinales paralelos, lo cual le da un aspecto romboidal a la colonia.

Dimensiones: células 4,5 (3 – 6,5) μm de ancho x 9,5 (7,5 – 12) μm de largo.
Observaciones: los tamaños son mayores a los citados por Komárek & Fott (1983). No se observaron colonias con más de dos células en su interior aunque dichos autores lo mencionan.
En el plancton de lagos poco enriquecidos (Komárek & Fott, 1983).

Oocystella marssonii (Lemmermann) Hindák

Figs. 7c (página 123) y 16a (página 132)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 125. pl. 43, fig. 2. 1988.

Basónimo: *Oocystis marssonii* Lemm.
Lemmermann, E. 1898. Beiträge zur Kenntniss der Planktonalgen. Bot. Centralbl. 76, p.151.

Células solitarias ó 2 – 8. Células a veces con engrosamientos polares pequeños; 2 a 4 cloroplastos parietales.

Dimensiones: células 8,1 (6 – 10) μm de ancho x 11,3 (10 – 14) μm de largo.
Ampliamente distribuida en el plancton de agua dulce y en la región litoral de diferentes cuerpos de agua (lagos, lagunas, ríos, etc.) (Komárek & Fott, 1983).

Oocystella borgei (Snow) Hindák

Fig. 7d (página 123)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 123, pl. 43, fig. 1. 1988.

Basónimo: *Oocystis borgei* Snow
Snow, J.W. 1903. The plankton algae of Lake Erie, with special reference to the Chlorophyceae. U. S. Fish Comm. Bull. Washington 1902, 22, p. 379-381, pl.2, fig.7.

Células ampliamente ovoides, sin engrosamientos. Células 2 -8, raramente solitarias; 1 a 4 cloroplastos parietales.

Dimensiones: células 9,4 (8,5 – 10,3) μm de ancho x 11,8 (10 – 13,7) μm de largo.
En el plancton de aguas relativamente claras, probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Oocystella lacustris (Chodat) Hindák

Fig. 7e (página 123)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 113. 1988.

Basónimo: *Oocystis lacustris* Chodat

Chodat, R. 1897. Étude sur biologie lacustre. A. Recherches sur les algues pélagiques de quelques lacs suisses et français. Bull. Herb. Boiss. Genève, 1(5), p.119, pl.10, fig.1-7, 13.

Células 2 - 24, raramente solitarias. Células elipsoidales, a veces con pequeños nódulos polares; 1 a 4 cloroplastos parietales.

Dimensiones: células 5,4 (4 – 7,8) µm de ancho x 8,5 (7 – 10,8) µm de largo.

Ampliamente distribuida en aguas dulces estancadas y corrientes levemente eutróficas. Principalmente en grandes sistemas acuáticos, lagos y embalses; ocasionalmente registradas en ambientes salobres (Komárek & Fott, 1983).

***Oocystella parva* (W. West et G.S. West) Hindák**

Fig. 7f (página 123)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 110-112, pl. 37, fig. 1-9. 1988.

Basónimo: *Oocystis parva* W. et G.S. West

West, W. & West, G.S. 1898. Notes on freshwater algae. I. Journal of Botany 36, p. 335.

Células elipsoidales, sin nódulos polares. Células solitarias ó 2 - 8; 1 a 3 cloroplastos parietales.

Dimensiones: células 6 (4 – 8,2) µm de ancho x 9,2 (6 – 11,8) µm de largo.

Planctónica, generalmente en cuerpos de agua pequeños. Cosmopolitas (Komárek & Fott, 1983).

***Oocystella solitaria* (Wittrock ex Wittrock et Nordstedt) Hindák**

Figs. 7g (página 123) y 15g (página 131)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 127, pl. 44. 1988.

Basónimo: *Oocystis solitaria* Wittr. ex Wittr. et Nordst.

Wittrock, V. B. En: Wittrock, V. B. & Nordstedt, C. F. O. 1879. Algae aquae dulcis exsiccatae. Bot. Notiser. Lund., p. 24, figs. 1-5.

Células ovoides, con engrosamientos polares frecuentemente atravesados por un pequeño canal. Generalmente solitarias, más raramente de 2 – 8. Cada célula presenta más de 20 cloroplastos.

Dimensiones: células 27,6 (19,3 – 35,3) µm de ancho x 34,5 (26,5 – 42,6) µm de largo.

Según Komárek & Fott (1983) suele habitar pantanos, pantanos ácidos y lagos pequeños con turba, a pH de 3,5-6,9. En el embalse Paso de las Piedras el pH del

agua se encuentra entre 7 - 9.75. Comas (1996) también lo ha citado para aguas alcalinas y eutróficas.

Oocystella submarina (Lagerheim) Hindák

Fig. 7h (página 123)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 34, p. 128. 1988.

Basónimo: *Oocystis submarina* Lagerh.

Lagerheim, G. 1886. Algologiska bidrag. I Contributiones algologiques a la flore de la Suede. Bot. Notiser. Lund., p. 45, fig. 1.

Células elipsoidales alargadas, con nódulos polares. Raramente solitarias, generalmente 2 – 16, a veces las colonias están formadas por subcolonias. Cloroplastos 1 a 4. *Dimensiones*: células 5,8 (5,3 – 6) µm de ancho x 12,9 (10,6 – 15,5) µm de largo. *Observaciones*: Las poblaciones estudiadas se corresponden con la variedad submarina (*Oocystis submarina* var. *submarina*) de Komárek & Fott (1983).

Planctónicas, en estanques de agua dulce y salobre (Komárek & Fott, 1983).

Oocystella ecballocystiformis (Iyengar) nov. comb. var. ***americana*** Komárek

Fig. 7i (página 123)

Komárek, J. Contribution to the chlorococcal algae of Cuba. Nova Hedwigia 37, p. 65-180. 1983. (Como *Oocystis ecballocystiformis* Iyeng.)

Células elipsoidales, (4) muy próximas, en dos filas de 2 células cada una. Cloroplastos 2 a 4.

Dimensiones: células 3,5 (3 – 4) µm de ancho x 6,5 µm de largo.

Observaciones: Se trata como *Oocystella* debido a la presencia de pirenoides (Hindak 1988)

En el perifiton de cuerpos de agua contaminados, entre otras algas (Komárek & Fott, 1983).

Familia Chlorellaceae Brunthaler 1915

Subfamilia Chlorelloideae

Chlorella Beijerinck 1890, *nomen cons*

Células solitarias, elipsoidales con extremos redondeados o esféricas. Cloroplasto parietal, cupuliforme, a veces con forma de H, ocupando casi toda la periferia de la célula, con o sin pirenoide.

Chlorella homosphaera Skuja

Figs. 7j (página 123) y 15a (página 131)

Skuja, H. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Symb. Bot. Upsaliensis 9, p. 130, pl. 15, fig. 13. 1948.

Células solitarias, esféricas. Cloroplasto cupuliforme, sin pirenoide.

Dimensiones: células 5 µm de diámetro.

Planctónica, en aguas quietas (Komárek & Fott, 1983).

Chlorella oocystoides Hindák

Fig. 7k (página 123)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) II. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 26, p. 65, pl. 24, fig. 3. 1980.

Células elipsoidales, con extremos redondeados. Cloroplasto a veces en forma de H, con un pirenoide.

Dimensiones: células 4 µm de ancho x 8 µm de largo.

Planctónica en lagos (Komárek & Fott, 1983).

Subfamilia Ankistrodesmoideae

Monoraphidium Komárková-Legnerova 1969

Células solitarias, cilíndricas o fusiformes adelgazándose hacia los extremos. Cloroplasto parietal que ocupa casi todo el volumen celular, sin pirenoide.

Monoraphidium circinale (Nygaard) Nygaard

Figs. 7l (página 123) y 16f (página 132)

Nygaard, G. Freshwater phytoplankton from the Narssaq Area, South Greenland. Bot. Tidsskr., Lund. 73, p. 212. 1979.

Basónimo: *Monoraphidium capricornutum* (Printz) Nyg. var. *circinale* Nyg.

Nygaard, G. 1977. New or interesting plankton algae. Kongl. Dansk. Vid. Selskab. Biol. Skr., København, 21, p. 60, fig. 53: 1-13.

Células fusiformes, adelgazándose hacia los extremos. Presentan forma variable, de media luna, espiraladas o sigmoidales, a veces con los extremos superpuestos.

Dimensiones: células 3,7 (2,9 – 6,3) μm de ancho; diámetro del espiral 12,6 (10 – 16) μm .

Planctónica en lagos eutróficos, según Komárek & Fott (1983) a temperaturas de 0,4 a 21°C y pH de 7,9 a 9,6.

Monoraphidium dybowskii (Woloszynska) Hindák *et* Komárková-Legnerová

Fig. 7m (página 123)

Komárková-Legnerová, J. The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* Gen. nov. En: Fott, B. (ed.): Studies in Phycology, Academia, Praha, p. 108, pl. 21. 1969.

Basónimo: *Keratococcus dybowskii* Wolosz.

Woloszynska, J. 1917. Beiträge zur Kenntnis der Algenflora Liauens. Bull. Acad. Sci. Cracovie (Ser. B), p. 127, pl. 14, fig. 29.

Células cilíndricas, alargadas, rectas o levemente curvas, con extremos redondeados.

Dimensiones: células 2,9 (2 – 4) μm de ancho x 10,3 (7 – 13) μm de largo.

Planctónica en lagos y lagunas, raras. Según Komárek & Fott (1983) sólo han sido citadas para la región templada y subtropical del hemisferio norte.

Monoraphidium tortile (W. West *et* G.S. West) Komárková-Legnerová

Fig. 7n (página 123)

Komárková-Legnerová, J. The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* Gen. nov. En: Fott, B. (ed.): Studies in Phycology, Academia, Praha, p. 103, pl. 17. 1969.

Basónimo: *Ankistrodesmus tortilis* W. *et* G.S. West

West, W. & West, G.S. 1912. On the periodicity of the phytoplankton of some British Lakes. J. Linn. Soc. Bot. 40, p. 431, pl. 19, figs 9-10.

Células ampliamente fusiformes, delgadas y rectas, más de 5 veces más largas que anchas, con extremos setiformes y rectos.

Dimensiones: células 0,9 (0,5 – 1) μm de ancho x 15,4 (11 – 33) μm de largo.

Planctónica y metafítica en cuerpos de agua mesotróficos y eutróficos (Komárek & Fott, 1983).

Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová

Fig. 7o (página 123)

Komárková-Legnerová, J. The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* Gen. nov. En: Fott, B. (ed.): Studies in Phycology, Academia, Praha, p. 104, pl. 18. 1969.

Basónimo: *Ankistrodesmus contortus* Thur. ex Breb.

Brébisson, A. 1856. Liste des Desmidiées, observées en Basse Normandie. Mem. Soc. imper. Sci. nat. Cherbourg 4, p. 158, pl. 1, fig. 31.

Células ampliamente fusiformes, con extremos puntiagudos; irregularmente curvadas, sigmoideas o en espiral.

Dimensiones: células 2,7 (1,3 – 4,5) μm de ancho x 25,5 (17,5 – 35) μm de largo.

Planctónica y metafitica en cuerpos de agua leve a fuertemente eutróficos. Probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Monoraphidium komarkovae Nygaard

Fig. 7p (página 123)

Nygaard, G. Freshwater phytoplankton from the Narssaq Area, South Greenland. Bot. Tidsskr., Lund, 73(3-4), p. 212. 1979.

Células solitarias, ampliamente fusiformes, delgadas y rectas, más de 20 veces más largas que anchas, con extremos setiformes y rectos.

Dimensiones: células 3,2 (2,5 – 4) μm de ancho x 85,9 (72 - 94) μm de largo.

Hábitat: planctónicas en ambientes acuáticos oligotróficos, mesotróficos y distróficos, principalmente en verano. Probablemente común, aunque muchas veces se lo confunde con *Monoraphidium griffithii* (Komárek & Fott, 1983).

Kirchneriella Schmidle 1893

Células reunidas formando pequeñas colonias de (2-3) 4 - 16 células, más raramente solitarias. Células flexionadas en forma de media luna, con extremos progresivamente atenuados. Cloroplasto parietal con un pirenoide o sin pirenoide.

Kirchneriella irregularis (G. M. Smith) Koršikov var. *irregularis* Koršikov

Fig. 7q (página 123)

Koršikov, O. A. Pidklas Protokokovi (Protococcineae). Vyzn. Prsnovodn. Vod. URSR, 5, p. 319, fig. 293. 1953.

Basónimo: *Kirchneriella lunaris* var. *irregularis* G. M. Smith

Smith, G. M. 1920. Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin. I. Wisc. Geol. & Nat. Hist. Surv. Bull. 57, p. 142, pl. 35: fig. 1.

Células reunidas formando pequeñas colonias de 4 - 16 células, más raramente solitarias. Células vermiformes, delgadas, flexionadas en forma de media luna, con extremos progresivamente atenuados y redondeados. Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: células 2,7 (2 – 3) μm de ancho x 7,5 (6,5 – 8) μm de largo.

Planctónica, junto a otras algas y plantas acuáticas. Probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Kirchneriella irregularis (G. M. Smith) Koršikov var. ***spiralis*** Koršikov

Fig. 7r (página 123)

Koršikov, O. A. Pidklas Protokokovi (Protococcineae). Vyzn. Prsnovodn. Vodor. URSR, 5, p. 319, fig. 293. 1953.

Basónimo: *Kirchneriella lunaris* var. *irregularis* G. M. Smith

Smith, G. M. 1920. Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin. I. Wisc. Geol. & Nat. Hist. Surv. Bull. 57, p. 142, pl. 35: fig. 1.

Células reunidas formando pequeñas colonias de 4 - 16 células, más raramente solitarias. Células vermiformes, delgadas, flexionadas en forma circular y/o helicoidal, con extremos progresivamente atenuados y a veces curvados. Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: células 2,9 (2 – 3) μm de ancho x 7,8 (6,5 – 8) μm de largo.

Planctónica, junto a otras algas y plantas acuáticas. Probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

***Kirchneriella* sp.**

Figs. 7s (página 123) y 15d (página 131)

Células solitarias, robustas, con forma de medialuna y extremos redondeados. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 3 (2 – 4) μm de ancho x 7,4 (5 – 9,5) μm de largo.

Kirchneriella subcapitata Koršikov

Fig. 7t (página 123)

Koršikov, O. A. Pidklas Protokokovi (Protococcineae). Vyzn. Prsnovodn. Vodor. URSR, 5, p. 319, fig. 293. 1953.

Organismos solitarios o formando pequeñas colonias de no más de 4 células. Células cilíndricas, con forma de media luna o sigmoideas, con extremos redondeados y levemente capitados. Cloroplasto parietal sin pirenoide.

Dimensiones: células 1,9 (1,5 – 2) μm de ancho x 6,6 (6 – 7,5) μm de largo.

Planctónicas en cuerpos de agua mesotróficos y eutróficos, no muy frecuente (Komárek & Fott, 1983).

Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohlin var. ***contorta*** Bohlin

Fig. 7u (página 123)

Bohlin, K. Die Algen der ersten Regnell'schen Expedition. I. Protococcoideen. Bih. K. Svenska Vet.-Akad. Handl. Afd.III 23, p. 20. 1897.

Basónimo: *Kirchneriella obesa* var. *contorta* Schmidle
Schmidle, W. 1894. Aus der Chlorophyceenflora der Torfstiche zu Viernheim. Flora 78, p. 44, pl. 7, fig. 2.

Colonias formadas por 4 - 16 células dispuestas irregularmente en una matriz de mucílago laxo, difluente. Células vermiformes, alargadas, irregularmente flexionadas en forma de arco, espiral o sigmoidales, con extremos redondeados. Un cloroplasto parietal sin pirenoide.

Dimensiones: células 1,3 (1 – 2) μm de ancho x 5,8 (5 – 7) μm de largo.

Planctónica en lagos, estanques y ríos, probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohlin var. ***elegans*** (Playfair) Komárek

Fig. 7v (página 123)

Komárek, J. Änderungen in der Taxonomie der Chlorokokkalalgen. Archiv für Hydrobiologie Suppl. 56/Algol. Stud. 24, p. 256. 1979.

Basónimo: *Kirchneriella obesa* var. *contorta* Schmidle
Schmidle, W. 1894. Aus der Chlorophyceenflora der Torfstiche zu Viernheim. Flora 78, p. 44, pl. 7, fig. 2.

Colonias formadas por 4 - 16 células inmersas en una masa de mucílago laxo, difluente. Células cilíndricas, en forma de media luna, con extremos redondeados. Un cloroplasto parietal sin pirenoide.

Dimensiones: células 2,15 (2 – 2,5) μm de ancho x 5,5 (5 – 7) μm de largo.

Planctónica en lagos, estanques y ríos, probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Pseudoquadrigula Lacoste de Díaz 1973

Pseudoquadrigula lacustris (G. M. Smith) Lacoste de Díaz

Fig. 8a (página 124)

Lacoste de Díaz, E. N. Algunas algas dulciacuícolas interesantes de Brasil. Darwiniana 18, p. 119. 1973.

Basónimo: *Quadrigula lacustris* (Chod.) G. M. Smith

Smith, G. M. 1920. Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin. I. Wisc. Geol. & Nat. Hist. Surv. Bull. 57, p. 139.

Células fusiformes, con extremos puntiagudos; solitarias o reunidas en pequeños grupos de dos o tres individuos inmersos en una matriz de mucílago estructurado y con límites definidos. Cloroplasto parietal con 1 ó 2 pirenoides.

Dimensiones: células 2,7 (2 – 3) μm de ancho x 15,9 (9,5 – 22,5) μm de largo.

Planctónica, en aguas claras (Komárek & Fott, 1983).

Subfamilia Tetraedronoideae

Tetraedron Kützing 1845

Células solitarias, triangulares o cuadrangulares, con las paredes laterales cóncavas.

Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Tetraedron minimum (Braun) Hansgirg

Fig. 8b (página 124)

Hansgirg, A. Über die Süswassergattungen *Trochiscia* Kütz., (*Acanthococcus* Lagerh., *Glochiococcus* De Toni) und *Tetraedron* Kütz. (*Astericium* Corda, *Polyedrium* Nägeli, *Cerasterias* Reinsch.). Hedwigia, Dresden 27, p. 126-131. 1888.

Basónimo: *Polyedrium minimum* Braun

Braun, A. 1855. Algarum unicellularium genera nova vel minus cognita I-III. W. Engelmann. Leipzig, 111 pp.

Células solitarias, planas, cuadrangulares, con una pequeña papila en cada vértice. Pared celular con finas granulaciones. Cloroplasto parietal que ocupa casi todo el volumen celular, con un gran pirenoide.

Dimensiones: células 10,8 (9 – 12,5) μm de ancho x 9 (8 – 10) μm de largo.

Planctónica o perifítica, cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Tetraedron hemisphaericum Skuja

Fig. 8c (página 124)

Skuja, H. Zur Süswasseralfgenflora Burmas. Nova Acta R. Soc. Sci. Upsal., Ser. IV, Uppsala, 14, p. 64, pl. 10, figs. 28-31. 1949.

Células solitarias, de sección triangular, con los lados levemente cóncavos y extremos ampliamente redondeados. Pared celular relativamente espesa, con finas granulaciones. Cloroplasto parietal, estrellado, con un pirenoide central.

Dimensiones: células 12,6 (10 – 17) μm de lado.

Observaciones: Los tamaños celulares según Komárek & Fott (1983) oscilan entre 42-49 μm de diámetro x 20-30 μm de ancho; según Fernández (2008) entre (15-)29-50 μm de diámetro x (18-)31-55 μm largo.

Según Komárek & Fott (1983) no se conocen detalles acerca de su ecología ya que hasta el momento había sido citada sólomente para Burma; posteriormente fue citada por Fernández (2008) para San Pablo, en cuya descripción específica menciona que es planctónica y perifítica.

Familia Coelastraceae Wille 1909

Coelastrum Nägeli 1849

Cenobios esféricos, formados por 4 a 32 células esféricas u ovoides. Cada célula presenta un cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Coelastrum microporum Nägeli ex Braun

Figs. 8d (página 124) y 15l (página 131)

Nägeli, G. En: Braun, A. Algarum unicellularium genera nova vel minus cognita I-III. W. Engelmann. Leipzig, p. 70. 1855.

Cenobios formados por 4 a 32 células esféricas, sin conexiones distinguibles entre ellas.

Dimensiones: células 6 (5 – 8,7) μm de diámetro; cenobios 13 – 31,4 μm de diámetro.

Planctónica, en ambientes eutróficos, cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Coelastrum astroideum De Notaris

Fig. 8e (página 124)

De Notaris, G. Elementi per lo studio delle Desmidiaceae italiane, Genova. p. 80-81, pl. 9, fig. 93. 1867.

Cenobios formados por 4 a 32 células. Células ovoides, a menudo con engrosamientos apicales, sin conexiones distinguibles entre ellas.

Dimensiones: células 5,1 (4 – 7,8) µm de diámetro; cenobios 13,4 (10 – 25,8) µm de diámetro.

Planctónica, en diferentes tipos de ambientes acuáticos, cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Coelastrum indicum Turner

Figs. 8f (página 124) y 16e (página 132)

Turner, W. B. Algae aquae dulcis Indiae Orientalis. The fresh-water algae (principally Desmidiaceae) of East India. Kgl. Svensk. Vet. - Akad. Handl., Stockholm, 25, p. 161, pl. 20, fig. 11. 1892.

Cenobios con 8 a 32 células. Células esféricas en el centro y ligeramente ovoides en la periferia, con proyecciones hialinas que conectan las paredes de las células adyacentes. *Dimensiones*: células 7 (4 – 12) µm de diámetro; cenobios 21,3 (12 – 45) µm de diámetro.

Planctónica, en pequeños cuerpos de agua y en aguas con vegetación (Komárek & Fott, 1983).

Familia Scenedesmaceae Oltmanns 1904

Subfamilia Crucigenioideae

Tetrastrum Chodat 1895

Cenobios planos, cuadrangulares o rómbicos, formados por cuatro células triangulares con la cara externa convexa, que pueden dejar un espacio central muy pequeño. Un cloroplasto parietal sin pirenoide.

Tetrastrum komárekii Hindák

Fig. 8g (página 124)

Hindák, F. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) I. Biol. Práce. Veda, Bratislava, 23, p. 157, pls. 63-67. 1977.

Cenobios cuadrangulares con espacio central muy pequeño o ausente, frecuentemente formando sincenobios de hasta 16 células.

Dimensiones: células 2,7 (2 – 3); cenobios 5 – 9,5 µm de diámetro.

Planctónica, frecuentemente en cuerpos de agua eutróficos (Komárek & Fott, 1983).

Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröder) Lemmermann

Figs. 8h (página 124) y 16i (página 132)

Lemmermann, E. Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. VI. Das Phytoplankton brackischer Gewässer. Ber. Deut. Bot. Ges., Stuttgart, 18, p. 95. 1900.

Basónimo: *Cohniella staurogeniaeformis* Schröd.

Schröder, B. 1897. Attheya, Rhizosolenia and andere Planktonorganismen im Teiche des botanischen Gartens zu Breslau. Ber. Dt. Bot. Ges., Stuttgart 15, p. 373, pl. 17, fig. 5.

Cenobios rómbicos, sin apertura en el área central. La cara externa de cada célula proyecta 3 a 5 finas sedas hialinas de largo variable.

Dimensiones: células 3,7 (2 - 5,5) μm de diámetro; cenobios 5 – 12 μm de ancho x 6 – 12 μm de largo; sedas 3 – 4 μm .

Planctónica, probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Subfamilia Tetrallantoideae

Rayssiella Edelstein *et* Prescott 1964

Rayssiella hemisphaerica Edelstein *et* Prescott

Figs. 8i (página 124) y 16h (página 132)

Edelstein, T. & Prescott, G. W. *Rayssiella*, a new genus of Oocystaceae, Chlorophyta, from Spring Lake, Michigan. Phycología 4, 120, figs. 1-9. 1964.

Cenobios formados por 4 a 8 células dispuestas con sus ejes longitudinales paralelos y rodeadas por la pared de la célula madre dilatada, a la cual están unidas por uno de sus extremos. Células cilíndricas, alargadas, rectas o levemente curvadas, con extremos redondeados. Cloroplasto parietal con un pirenoide. Varios cenobios unidos por los restos de la pared de la célula madre.

Dimensiones: células 3,75 μm de ancho x 10 μm de largo.

Según Komárek & Fott (1983), sólo ha sido citada para un lago de Michigan (USA).

Subfamilia Scenedesmoideae

Scenedesmus Meyen 1829

Cenobios compuestos por (2) 4-8 (16) células dispuestas en una hilera o en dos hileras de células alternas.

Scenedesmus arcuatus (Lemmermann) Lemmermann var. ***arcuatus*** Lemmermann

Fig. 8j (página 124)

Lemmermann, E. Das Phytoplankton sächsischer Teiche. Forschungsber. Biol. Stat. Plön. 7: 112. 1899.

Basónimo: *Scenedesmus bijugatus* var. *arcuatus* Lemm.

Lemmermann, E. 1898. Beiträge zur Kenntniss der Planktonalgen II, Beschreibung neuer Formen. Bot. Centralb. 76, p. 150.

Cenobios arqueados o semicirculares, formados por 8 células dispuestas en dos hileras de 4 células fuertemente alternas. Células cilíndrico-ovales, leve o marcadamente curvadas, con extremos redondeados, sin espinas u otro tipo de ornamentación; unidas por sus extremos subapicales dejando un espacio libre entre células vecinas. Mucílago poco coloreado y delgado alrededor del cenobio. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 3,2 (3 – 3,6) μm de ancho x 8,5 (6,5 – 10) μm de largo.

Frecuente y a veces abundante en el fitoplancton de ríos y lagos mesotróficos y/o eutróficos (Hindák, 1990).

Scenedesmus arcuatus (Lemmermann) Lemmermann var. ***platydiscus*** G. M. Smith.

Fig. 8k (página 124)

Smith, G.M. A monograph of the algal genus *Scenedesmus* based upon pure culture studies. Trans. Wisc. Acad. Sci., Arts & Letters 18: 451, pl. 30, figs. 101-105. 1916.

Cenobios planos compuestos de 8 células dispuestas en dos hileras alternas. Células cilíndrico-ovales, con extremos redondeados, ligeramente arqueadas, principalmente las más externas, sin espinas ni otro tipo de ornamentación. Células unidas sin dejar espacio tanto en sus caras laterales como en los polos. Cenobios rodeados por una capa de mucílago poco coloreado e invisible sin tinción. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 2,4 (1,8 – 3) μm de ancho x 7,7 (6,5 – 9,5) μm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua mesotróficos y/o eutróficos (Hindák, 1990).

Scenedesmus ellipticus Corda

Figs. 8l (página 124) y 15m (página 131)

Corda, A. J. C. Observations sur les animalcules microscopiques, qu'on trouve auprès des eaux thermales de Carlsbad. Alman. Carlsbad. 5, p. 208, pl. 4, figs. 48, 49. 1835.

Cenobios lineares, formados por 8 a 16 células de tamaño uniforme o disminuyendo regularmente su altura desde el centro del cenobio hacia ambos extremos. Células cilíndricas, rectas, con extremos ampliamente redondeados; en algunos ejemplares

las células más externas del cenobio presentaron la cara marginal levemente convexa. Las células se tocan unas con otras sólo en la porción subapical, dejando un intersticio linear de tamaño variable entre células contiguas. Sin espinas ni otro tipo de ornamentación. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 5,1 (5 – 5,5) μm de ancho x 16,1 (14,5 – 17,5) μm de largo.

Planctónica en diferentes cuerpos de agua (Hindák, 1990).

Scenedesmus obliquus (Turpin) Kützing

Fig. 8m (página 124)

Kützing, F.T. Synopsis diatomacearum oder Versuch einer systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. Linnaea 8, p. 609. 1833.

Basónimo: *Achnanthes obliqua* Turp.

Turpin, P. J. F. 1828. Aperçu organographique sur le nombre deux. Mem. Mus. Hist. Nat., Paris, 16, p. 312, pl. 13, fig. 9.

Cenobios formados por 2 a 8, generalmente 4, células alineadas, aunque a veces levemente alternadas. Células fusiformes o elípticas, con extremos cónicos o puntiagudos, rectas, excepto las marginales que a veces son levemente curvas. Sin espinas ni otro tipo de ornamentación. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 3 μm de ancho x 7 μm de largo.

Planctónica y perifítica en cuerpos de agua pequeños. Probablemente cosmopolita (Komárek & Fott, 1983).

Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat var. *acuminatus*

Fig. 8n (página 124)

Chodat, R. Algues vertes de la Suisse. Protococcoides et Chroolépides. Matér. pour la Flore Crypt. Suisse, 1, p. 211. 1902.

Basónimo: *Selenastrum acuminatum* Lagerh.

Lagerheim, G. 1882. Bidrag till kännedomen om Stockholmstraktens Pediastréer, Protococcacéer och Palmellacéer. Öfv. Kgl. Vetensk. Akad. Förh., Stockholm 39, p. 71, pl. 3, figs. 27-30.

Cenobios compuestos por 4 ó 8 células alineadas o algo alternas, contactando como máximo 1/5 de su longitud. Células fusiformes, con extremos agudos, las centrales son rectas y las marginales están arqueadas en forma semilunar, con la cara cóncava hacia afuera del cenobio. Sin espinas ni otro tipo de ornamentación. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 4,5 (3 – 6,5) μm de ancho x 17 (12,5 – 20) μm de largo.

Planctónica, en distintos cuerpos de agua. Cosmopolitas (Komárek & Fott, 1983).

Scenedesmus semipulcher Hortobágyi

Fig. 8o (página 124) y 16j (página 132)

Hortobágyi, T. Algen aus den Fischteichen von Buzsak II. *Scenedesmus*-Arten. Nova Hedwigia 1, p. 359, figs. 160-164. 1960.

Cenobios lineares compuestos por 4 células cilíndricas con extremos redondeados. Cada célula marginal presenta una espina en uno de sus polos, ambas espinas dispuestas en diagonal, y 1 ó 2 espinas más cortas en el otro polo de las células terminales y en ambos polos de las células centrales; a veces con una costilla central continua en el centro de la célula que se prolonga en las espinas de los polos. Cloroplasto parietal con un pirenoide.

Dimensiones: células 2,9 (2 – 4,5) μm de ancho x 10 (8 – 15,1) μm de largo; espinas 2 – 3,3 μm .

Observaciones: la longitud de las espinas es menor que la citada por Komárek & Fott (1983) (4 – 16,5 μm).

Planctónica en aguas eutróficas, no muy comunes (Komárek & Fott, 1983).

Scenedesmus bicaudatus (Hansgirg) Chodat

Fig. 8p (página 124)

Chodat, R. *Scenedesmus*. Z. Hydrol 3, p. 248. 1926.

Basónimo: *Scenedesmus quadricauda* var. *bicaudatus* Hansg.

Hansgirg, A. 1890. Über neue Süßwasser- und Meeres-Algen und Bacterien, mit Bemerkungen zur Systematik dieser Phycophyten und über den Einfluss des Lichtes auf die Ortsbewegungen des Bacillus pfefferi nob. Sitzungsber. Königl. Böhm. Ges. Wiss. Prag, Math.-Naturwiss. Cl. 1890, p. 9.

Cenobios lineares compuestos por 2 ó 4 células cilíndricas u oblongas, con extremos redondeados. Cada célula marginal posee una espina levemente curva, de tamaño aproximadamente igual al largo de la célula, en uno de sus polos; ambas espinas están dispuestas en diagonal.

Dimensiones: células 4,5 μm de ancho x 10 μm de largo.

Planctónica en lago y lagunas, no muy comunes (Komárek & Fott, 1983).

Scenedesmus aldavei Hegewald et Schnepf

Fig. 8q (página 124)

Hegewald, E. & Schnepf, E. Investigations on the lakes of Peru and their phytoplankton. 3. Three new taxa of *Scenedesmus* from Peru. Arch. Hydrobiol. 51/Algolog. Stud. 20, p. 309, figs. 1-5. 1978.

Cenobios lineares compuestos por 4 u 8 células cilíndricas u oblongas, con extremos redondeados. Cada célula marginal posee una pequeña espina en uno de sus polos; ambas espinas están dispuestas en diagonal. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 2 µm de ancho x 4,5 µm de largo.

Planctónica, descrita para un río de Perú (Komárek & Fott, 1983)

Scenedesmus lefevrii var. *manguinii* Lefèvre et Bourrelly

Fig. 8r (página 124)

Lefèvre & Bourrelly. Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. (Paris), ser.2. 13, p.136, figs. 22,24. 1941.

Cenobios lineares compuestos por 4 células cilíndricas con extremos redondeados y una espina en cada uno de los polos de las células marginales. Tanto las células marginales como las centrales presentan una banda longitudinal continua o incompleta de pequeños dientes que, en las células centrales, se prolonga en pequeñas espinas apicales.

Dimensiones: células 3,25 (3 – 3,5) µm de ancho x 13,5 (13 – 14) µm de largo.

Planctónica, en cuerpos de agua pequeños. Poco comunes (Komárek & Fott, 1983).

Scenedesmus intermedius Chodat

Fig. 8s (página 124)

Chodat, R. *Scenedesmus*. Z. Hydrol 3, p. 231. 1926.

Cenobios compuestos por 4 células alternantes. Células ovoides, con extremos ampliamente redondeados, las marginales presentan una espina en cada uno de sus polos. Un cloroplasto parietal con pirenoide.

Dimensiones: células 2 µm de ancho x 3,5 µm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua eutróficos (Komárek & Fott, 1983).

Scenedesmus communis Hegewald

Fig. 8t (página 124)

Hegewald, E. *Scenedesmus communis* Hegewald, a new species and its relation to *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. Arch. Hydrobiol. Suppl. 51 / Algol. Stud. 19, p. 151, figs. 12, 13. 1977.

Cenobios lineares compuestos de 2 a 8, generalmente 4, células cilíndricas con extremos redondeados. Células terminales con la pared marginal recta o levemente

convexa y provistas de una espina recta o levemente curva en cada polo, las células internas sin espinas.

Dimensiones: células 4 µm de ancho x 10 µm de largo.

Planctónica y en el litoral de cuerpos de agua mesotróficos y eutróficos.

Cosmopolitas (Komárek & Fott, 1983).

***Scenedesmus raciborski* Woloszyńska**

Fig. 8u (página 124)

Woloszyńska, J. Studien über das Phytoplankton des Victoria Sees. Hedwigia 55, p. 199, pl. 7, figs. 1, 1', 2. 1914.

Cenobios arqueados, compuestos de 4 células cilíndricas, con extremos cónicos y con la pared celular engrosada en los polos. Las células se contactan sólo en los polos, dejando una abertura oblonga entre ellas. Sin espinas ni otro tipo de ornamentación. Cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 3,2 (2 – 4) µm de ancho x 11,6 (10 – 13,1) µm de largo.

Planctónica en cuerpos de agua eutróficos (Hindák, 1990).

Orden Volvocales

Suborden Chlamydomonadineae

Familia Chlamydomonadaceae Stein 1878

Chlamydomonas Ehrenberg 1833

Células esféricas, elipsoidales u ovoidales, biflageladas isocontas; pared celular hialina. Cloroplasto cupuliforme con un pirenoide basal o central lateral.

Especies del género *Chlamydomonas* son comunes prácticamente en todos los tipos de ambientes, especialmente abundantes en cuerpos de agua pequeños altamente eutróficos y contaminados (John *et al.*, 2002).

***Chlamydomonas* sp1.**

Fig. 8v (página 124)

Células esféricas, pared delgada, con una papila pequeña; flagelos aproximadamente de igual longitud que el diámetro celular; pirenoide basal.

Dimensiones: células 7,3 (7 – 8) µm de diámetro.

Observaciones: se observaron especímenes solitarios y reunidos de a 4.

***Chlamydomonas* sp 2.**

Fig. 8ww (página 124)

Células esféricas, pared amplia, hialina, papila muy pequeña; flagelos más largos que el diámetro celular; pirenoide basal.

Dimensiones: células 7 µm de diámetro.

***Chlamydomonas* sp 3.**

Fig. 8x (página 124)

Células esféricas, sin papila apical; flagelos de longitud igual o mayor al diámetro de la célula; pirenoide basal.

Dimensiones: células 8,6 (6 - 10,8) µm de diámetro.

***Chlamydomonas peterfii* Gerloff**

Fig. 8y (página 124)

Gerloff, J. Beiträge zur Kenntnis der Variabilität und Systematik der Gattung Chlamydomonas. Arch. Protistenk. 94, p.462. 1940.

Células elipsoidales u ovoides, con ambos extremos redondeados, sin papila apical; pirenoide central lateral. Flagelos casi del mismo largo que la longitud de la célula.

Dimensiones: células 5 µm de ancho x 10 µm de largo.

Subfamilia Phacotaceae

Phacotus Perty 1852

***Phacotus lenticularis* (Ehrenberg) Stein**

Fig. 8z (página 124)

Stein, F. Der Organismus der Infusionsthier. III. Abt. 1. Hälfte, Leipzig, pl. 15, figs. 63-71. 1878.

Basónimo: *Cryptomonas lenticularis* Ehrenb.

Ehrenberg, C. G. 1832. Über die Entwicklung und Lebensdauer der Infusionsthier; nebst ferneren Beiträgen zu einer Vergleichung ihrer organischen Systeme. Abh. K. Akad. Wiss. Berlin 1831, Phys. K1. 57, p. 43, pl. 2, fig. 22.

Organismos unicelulares, biflagelados isocontos, ovoides, con un cloroplasto cupuliforme con pirenoide basal; rodeados por una lórica de color marrón, compuesta por dos valvas laterales que dejan un espacio en la parte anterior por

donde salen los flagelos. En vista valvar presentan forma discoide y en vista lateral forma lenticular biconvexa.

Dimensiones: células 6,1 (5 – 8) µm de ancho x 6,75 (6 – 8) µm de largo; lórica 15,3 (11,7 – 18,3) µm de diámetro.

Planctónica en aguas quietas (Huber-Pestalozzi, 1961).

Clase Zygnematophyceae (=Conjugatophyceae, =Zygophyceae)

Orden Desmidiiales

Suborden Archidesmidiinae

Familia Closteriaceae Bessey 1907

Closterium Nitzsch *ex* Ralfs 1848

Células solitarias, delgadas y alargadas, entre 5 a 84 veces más largas que anchas, adelgazándose progresivamente hacia los ápices, más o menos curvadas en forma semilunar, ocasionalmente sigmoidales. Pared celular lisa, poco coloreada. Dos cloroplastos que no se extienden hasta los ápices, cada uno con una hilera axial de pirenoides.

Closterium aciculare T. West

Figs. 9a (página 125) y 17g (página 133)

West, T. Remarks on some Diatomaceae new or imperfectly described and a new desmid. Trans. Micr. Soc. London, ser. 2, vol.8, p.153, pl.7, fig.16. 1860.

Células muy delgadas y alargadas, 45 a 84 veces más largas que anchas.

Dimensiones: células 5,8 (4,5 – 6,7) µm de ancho máximo x 368,6 (273,6 – 470,4) µm de largo.

Planctónica, en cuerpos de agua eutróficos. Cosmopolita (Gerrath, 2003).

Closterium acutum var. *variabile* (Lemmermann) Krieger

Figs. 9b (página 125) y 17f (página 133)

Krieger, W. Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der aussereuropaischen Arten Pt. 13 (1). In: Dr. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Conjugatae. Die Desmidiaceen. Leipzig. Akademische Verlagsgesellschaft, p. 262. 1937.

Basónimo: *Closterium pseudospirotaenium* var. *variabile* Lemm.

Lemmermann, E. 1896. Zur Algenflora des Riesengebirges. Forschungsber. Biol. Stat. Plön 4, p. 119, figs. 12-14.

Células entre 9 a 19 veces más largas que anchas, curvadas en forma semilunar, ocasionalmente sigmoidales.

Dimensiones: células 4,7 (3,3 – 10) μm de ancho máximo x 69,4 (56,7 – 108,4) μm de largo.

Planctónica, en cuerpos de agua eutróficos. Cosmopolita (Gerrath, 2003).

Closterium moniliferum (Bory de Saint-Vincent) Ehrenberg

Fig. 9c (página 125)

Ehrenberg, C. G. Infusionsthierchen als vollkommene Organismen, Leipzig, p. 91. 1838.

Basónimo: *Lumulina monilifera* Bory

Bory de Saint-Vincent, J. B. 1826. Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle, Paris, Vol. 9, p. 542.

Células robustas, entre 5 y 8 veces más largas que anchas, Células curvadas en forma semilunar, con la parte media de la cara cóncava levemente dilatada y extremos redondeados.

Dimensiones: células 39,2 (16,8 – 56) μm de ancho máximo x 240,7 (120 – 334,4) μm de largo; ancho de los ápices 7,9 (4,5 – 12,6) μm .

Suborden Desmidiinae

Familia Desmidiaceae Ralfs 1848

Cosmarium Corda *ex* Ralfs. 1848

Cosmarium botrytis (Bory de Saint-Vincent) Meneghini

Figs. 9d (página 125) y 17e (página 133)

Meneghini, G. Synopsis Desmidiearum hucusque cognitarum. Linnaea 14, p. 220. 1840.

Basónimo: *Heterocarpella botrytis* Bory

Bory de Saint-Vincent, J.B. 1825. Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle, Paris, Vol. 8, p. 180.

Células solitarias, con una constricción bien marcada en su parte media que define a un istmo central. Hemicélulas trapezoidales en vista frontal, anchas en la base y adelgazándose gradualmente hacia el ápice, el cual es truncado; elípticas en vista apical. Pared celular ornamentada con pequeñas granulaciones que le dan una apariencia denticulada a los bordes de la célula. Un cloroplasto en cada hemicélula.

Dimensiones: células 38,5 μm de ancho x 48 μm de largo.

Staurodesmus Teiling

Staurodesmus cuspidatus (Brébisson *ex* Ralfs) Teiling

Fig. 9e (página 125)

Teiling, E. The desmid genus *Staurodesmus*. A taxonomic study. Archiv für Botanik 6, p. 467-629. 1967.

Basónimo: *Staurastrum cuspidatum* Bréb. *ex* Ralfs

Ralfs, J. 1848. The British Desmidiaceae. Reeve, Benham & Reeve, London, p. 122, pl 21, fig. 1, pl. 33, fig. 10.

Células solitarias, con una constricción bien marcada en su parte media que define a un largo y angosto itsmo central entre las dos hemicélulas. Hemicélulas triangulares tanto en vista frontal como apical, con los vértices levemente dilatados y terminados, cada uno, en una espina robusta, levemente curva y divergente al itsmo. Cada hemicélula posee un cloroplasto axial con lóbulos que se proyectan dentro de los vértices.

Dimensiones: células 20,6 (18 – 24) µm de ancho x 30,2 (26 – 37) µm de largo; ancho del itsmo 4,9 (4 – 6) µm.

Planctónica, en cuerpos de agua oligotróficos (Coesel, 1983).

Staurastrum Meyen *ex* Ralfs 1848

Células solitarias, con una constricción bien marcada en su parte media que define a un itsmo central. Hemicélulas trapezoidales en vista frontal y bi o trirradiadas en vista apical generalmente con la proyección de 2 a 3 procesos de cada vértice.

Staurastrum chaetoceras (Schröder) G.M.Smith

Figs. 9f (página 125) y 17b (página 133)

Smith, G. M. Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin. II. Wisc. Geol. & Nat. Hist. Surv. Bull. 57, p. 99. 1924.

Basónimo: *Staurastrum polymorphum* var. *chaetoceras* Schröd.

Schröder, B. 1898. En: Dr. Zacharias' Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön, Stuttgart 6, p. 131, figs. a-c.

Procesos largos y delgados, cada uno terminado en 3 ó 4 pequeñas espinas. Pared celular rugosa debido a la presencia de pequeños gránulos, los cuales son más conspicuos en los procesos. Cada hemicélula posee un cloroplasto, que no se proyecta dentro de los procesos, con un pirenoide.

Dimensiones: células sin procesos 10,1 (15,7 – 13,2) μm de ancho x 16,8 (21,3 – 18,7) μm de largo; procesos 230 μm de largo; ancho del itsmo 4,5 (6,4 – 5,2) μm .
Observaciones: la cantidad de procesos así como su largo es afectada por las condiciones ambientales, en aguas profundas los procesos suelen ser más largos que en lagos poco profundos (Spijkerman & Coesel, 1998).

Frecuente en aguas alcalinas eutróficas (Coesel, 1983).

***Staurastrum gracile* Ralfs ex Ralfs**

Figs. 9g (página 125) y 17a (página 133)

Ralfs, J. The British Desmidiaceae. Reeve, Benham & Reeve, London, p. 136, pl. 22, fig. 12. 1848.

Procesos rectos, largos y delgados, cada uno terminado en pequeñas espinas, 5 a 10 veces más largos que anchos. Pared celular rugosa debido a la presencia de pequeños gránulos, los cuales son más conspicuos en los procesos. Cada hemicélula posee un cloroplasto con tres lóbulos escotados que penetran en la base de los procesos; un pirenoide central.

Dimensiones: células sin procesos 23,8 (14 – 32) μm de ancho x 47,6 (23 – 56) μm de largo; procesos 34 (12,8 – 45) μm de largo; ancho del itsmo 10,6 (5 – 21) μm .

***Staurastrum hexacerum* (Ehrenberg) Wittrock**

Figs. 9h (página 125) y 17d (página 133)

Wittrock, V.B. Om Gotlands och Ölands sötvattens-alger. Bihang. Kgl. Sv. Vet.-Akad. Handl. 1(1), p.51. 1872.

Basónimo: *Desmidium hexacerum* Ehrenb.

Ehrenberg, C.G. 1834. Dritter beitrug zur erkenntniss grosser organisation in der richtung des kleinsten raumes. Abh. Königl. Akad. Wiss. Berlin, Phys. Kl. 1833, p.293.

Hemicélulas 2 veces más anchas que largas; vista apical también triangular con los lados levemente cóncavos y los ángulos ligeramente dilatados. Cada vértice se proyecta en 3 pequeñas espinas rectas, sin procesos. Pared celular con gránulos dispuestos concéntricamente a los ángulos. Cada hemicélula posee un cloroplasto axial con un pirenoide central.

Dimensiones: células 28,2 (23 – 32) μm de ancho x 25,3 (21 – 30) μm de largo; ancho del itsmo 5,9 (4 – 7,8) μm .

***Staurastrum* sp.**

Figs. 9i (página 125) y 17c (página 133)

Procesos rectos, largos y delgados, cada uno terminado en pequeñas espinas. Procesos 2 a 5 veces más largos que anchos. Pared celular rugosa debido a la presencia de pequeños gránulos, más conspicuos en los procesos. Cada hemicélula posee un cloroplasto axial que penetra dentro de la base de los procesos, con un pirenoide central.

Dimensiones: células sin procesos 23,2 (19 – 28) μm de ancho x 32 (28 – 34) μm de largo; procesos 12,7 (11 – 15) μm de largo; ancho del istmo 6,5 (5,5 – 7,5) μm .

Orden Zygnematales

Familia Zygnemataceae Kützing 1843

Spirogyra Link 1820

Filamentos uniseriados constituidos por células cilíndricas, 1 a 15 veces más largas que anchas, cada una con un cloroplasto parietal acintado, espiralado, que da 2 – 6 vueltas, con numerosos pirenoides. Septos planos o replegados.

***Spirogyra* sp. 1**

Figs. 9j (página 125) y 17i (página 133)

Células 10 a 15 veces más largas que anchas, cada una con un cloroplasto parietal acintado, espiralado, que da 4 – 6 vueltas, con numerosos pirenoides. Septos replegados.

Dimensiones: células 12,3 (12 – 13) μm de ancho x 148,7 (116 – 205) μm de largo.

Observaciones: no se observaron estadios reproductivos.

***Spirogyra* sp. 2**

Figs. 9k (página 125) y 17j (página 133)

Células cilíndricas cortas, casi tan largas como anchas; cada una con un cloroplasto parietal acintado, espiralado, que da 2 – 4,5 vueltas, con 5 a 6 pirenoides. Septos planos.

Dimensiones: células 33 μm de ancho x 44 μm de largo.

Observaciones: no se observaron estadios reproductivos.

Zygnema Agardh 1824

***Zygnema* sp.**

Figs. 9l (página 125) y 17h (página 133)

Filamentos uniseriados constituidos por células cilíndricas de 1,2 a 3 veces más largas que anchas, cada una con dos cloroplastos axiales estrellados con un pirenoide central. Filamentos rodeados por una vaina mucilaginosa.

Dimensiones: células 28,5 (27 – 29) μm de ancho x 61,5 (36 – 85) μm de largo.

Observaciones: no se observaron estadios reproductivos.

HETEROCONTOPHYTA

Clase Chrysophyceae

Subclase Craspedomonadophycidae

Orden Monosigales

Familia Salpingoecaceae Bourrelly 1968

Salpingoeca Clark 1867

***Salpingoeca* sp.**

Figs. 12a (página 128) y 19a (página 135)

Organismos solitarios, gregarios, epífitos, adheridos al sustrato por un pedicelo muy corto. Protoplasto encerrados dentro de una lórica esférica, delgada, poco coloreada; con un único flagelo anterior rodeado por un collar hialino. Numerosas vacuolas contráctiles en la parte posterior.

Dimensiones: lórica 5,6 μm de ancho x 14,6 μm de largo.

Epífita sobre algas filamentosas, principalmente *Aulacoseira granulata* (Starmach, 1985).

Subclase Acontochrysophycidae

Orden Stylococcales

Familia Stylococcaceae Lemmermann 1899

Lagynion Pascher 1912

***Lagynion* sp.**

Figs. 12b (página 128) y 19b (página 135)

Células solitarias, epífitas, adheridas al sustrato por su base; lórica en forma de botella con un cuello por el cual asoma un pseudopodio hialino. Lórica con paredes gruesas, de color pardo.

Dimensiones: lórica 9 µm de ancho x 8,5 µm de largo.

Epífitas sobre algas filamentosas, principalmente *Aulacoseira granulata* (Starmach, 1985).

Clase Xanthophyceae

Orden Mischococcales

Familia Pleurochloridaceae Pascher 1937

Tetraplektron Fott 1957

***Tetraplektron torsum* (Skuja) Dedusenko-Shchegoleva**

Fig. 12c (página 128)

Dedusenko-Shchegoleva, N. T.; Gollerbakh, M. M. Zheltozelenye vodorosli. Opred. presnov. vodor. SSSR. 5, p. 117. 1962.

Basónimo: *Tetrakentron torsum* Skuja

Skuja, H. 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Symb. Bot. Upsaliensis 9, p. 333.

Células solitarias, tetraédricas, con cuatro brazos o procesos cónicos con extremos agudos, los dos procesos superiores torsionados con respecto a los inferiores en ángulo de 90°. Pared celular relativamente gruesa, lisa e incolora. Numerosos cloroplastos discoides.

Dimensiones: células 34,8 (27 – 41) µm de longitud total, ancho a nivel de la base de cada proceso 7 (5 – 10) µm.

Planctónica, no muy frecuente (Ettl, 1978).

Isthmochloron Skuja 1948

***Isthmochloron lobulatum* (Nägeli) Skuja**

Figs. 12d (página 128), 19e (página 135) y 19f (página 135)

Skuja, H. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Symb. Bot. Upsaliensis 9, p. 334. 1948.

Basónimo: *Polyedrium lobulatum* Nägeli

Nägeli, C. 1849. Gattungen einzelliger Algen. Neue Denkschr. Allg. Schweiz. Natur. Ges. 10, p. 84, pl. 4B, fig. 4.

Células solitarias, rectangulares, con las caras laterales levemente cóncavas mientras que la basal y la superior fuertemente escotadas; en cada ángulo poseen dos o tres procesos cortos y puntiagudos. Pared celular lisa e incolora. Numerosos cloroplastos parietales.

Dimensiones: células 16 (11,5 – 20) μm de ancho x 42,3 (32 – 55) μm de largo.

Plantónica, relativamente común (Ettl, 1978).

Orden Tribonematales

Familia Tribonemataceae Pascher 1912

Tribonema Derbès et Solier 1956

***Tribonema* sp.**

Fig. 12e (página 128)

Filamentos largos, uniseriados, formados por células cilíndricas. Cloroplasto parietal que ocupa casi todo el volumen celular, no se observa pirenoide. Polos celulares provistos, cada uno, de un gránulo refringente. Se observan piezas en H en los sitios donde se fragmentan los filamentos.

Dimensiones: células 2,8 (1,7 – 4) μm de ancho x 10 (7 – 14,5) μm de largo.

Clase Bacillariophyceae (=Diatomophyceae)

Orden Centrales

Suborden Coscinodiscineae

Familia Thalassiosiraceae Lebour 1930 *emend.*, Hasle 1974

Aulacoseira Thwaites 1848

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen

Figs. 10a (página 126) y 18a (página 134)

Simonsen, R. The Diatom System: Ideas on Phylogeny. Bacillaria 2, p. 58. 1979.

Basónimo: *Gaillonella granulata* Ehrenb.

Ehrenberg, C. G. 1843. Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd und Nord Amerika. Abhand. der Königl. Akad. der Wissen zur Berlin 1841, Theil 1. p. 415.

Frústulos reunidos por su cara valvar formando largos filamentos. Valvas con una hilera marginal de espinas cortas y una o más espinas largas. Manto valvar profundo con surcos longitudinales que alojan las espinas largas de las células adyacentes y con areolas dispuestas en hileras ligeramente helicoidales.

Dimensiones: eje perivalvar 38,4 (27 – 70) μm ; diámetro valvar 7 (6 – 8) μm .

Planctónica en aguas moderadamente eutróficas, con alcalinidad menor a 8 mg.L^{-1} , pH menor a 9, conductividad de 600 mS.cm^{-1} y contenido de sílice de 5-10 mg.L^{-1} ; preferentemente en cuerpos de agua bien mezclados (Kilham & Kilham, 1975).

Aulacoseira granulata var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen

Fig. 10b (página 126)

Simonsen, R. The Diatom System: Ideas on Phylogeny. Bacillaria 2, p. 58. 1979.

Basónimo *Melosira granulata* var. *angustissima* Müller

Müller, O. 1899. Bacillariaceen aus den Natronhälem von El Kab (Ober Aegypten). Hedwigia 38, p. 315, pl. 12, fig. 28.

Dimensiones: eje perivalvar 27 (26 – 27,5) μm ; diámetro valvar 3,3 (3 – 3,5) μm .

Observaciones: Esta variedad difiere de la variedad tipo por presentar un menor diámetro valvar.

Planctónica en cuerpos de agua lénticos, oligohalobia, alcalófila, en un rango de pH de 6,2 a 9, mesosapróbica (Gómez, 1988).

Cyclotella Kützing 1834

Cyclotella meneghiniana Kützing

Figs. 10c (página 126) y 18e (página 134)

Kützing, F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 50, pl. 30, fig. 68. 1844.

Células solitarias, frústulos cilíndricos con manto corto. Superficie valvar ondulada con una zona marginal bien diferenciada por costillas radiales. En el centro se distinguen dos porcosos o rimoportulas.

Dimensiones: diámetro valvar 11,1 (7,5 – 16) μm ; número de estrías en 10 μm 14.

Ticoplanctónica, en agua dulce y levemente salobre, con moderada a alta concentración de electrolitos; β -mesosapróbica; pH indiferente (Martinez, 1996).

Stephanodiscus Ehrenberg 1845

***Stephanodiscus* sp.**

Figs. 10d (página 126) y 18b (página 134)

Células solitarias, frústulos cilíndricos con manto corto. Superficie valvar ondulada, convexa en el centro y cóncava en la región marginal. Areolas formando fascículos uniseriados en el centro y biseriados hacia el margen, interfascículos levemente elevados con una espina en el margen valvar.

Dimensiones: diámetro valvar 25,75 (20 - 31) μm ; número de fascículos en 10 μm 8 – 9.

Observaciones: la morfología coincide con la dada por Sala (1994) para *Stephanodiscus tholiformis*, aunque el diámetro valvar difiere ampliamente.

Familia Melosiraceae Kützing 1844

Melosira Agarth *s. str.* 1824

Melosira varians C. Agardh

Figs. 10e (página 126) y 18d (página 134)

Agardh, C.A. Aufzählung einiger in der österreichischen Ländern gefundenen neuen Gattungen und Arten von Algen, nebst ihrer Diagnostik und beigefügten Bemerkungen. Flora 10, p. 628. 1827.

Frústulos cilíndricos con el eje perivalvar muy desarrollado, reunidos por finas espinas en su cara valvar formando cortos filamentos rectos. Sin ornamentación distinguible al microscopio óptico.

Dimensiones: diámetro valvar 16,5 (15 – 18) μm ; eje perivalvar 21,3 (20 – 22) μm .

Perifítica y ticoplanctónica en aguas eutróficas. Alcalófila, en un rango de pH de 6,4 a 9 (óptimo 8,5); β -mesosapróbica (Gómez, 1988).

Orden Pennales

Suborden Araphidineae

Familia Diatomaceae Dumortier 1822

Diatoma Bory 1790

Diatoma vulgare Bory de Saint-Vincent

Figs. 10f (página 126) y 18f (página 134)

Bory de Saint-Vincent, J. B. Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle. Volume 5, p. 461. 1824.

Frústulos reunidos formando cortos filamentos en zig-zag. Valvas linear-lanceoladas a elíptico-lanceoladas con extremos levemente atenuados, redondeados y rostrados; rectangulares en vista conectival. Esternum muy delgado. La superficie valvar está atravesada por costillas transapicales primarias que atraviesan toda la valva y secundarias, menos silificadas, que no atraviesan toda la valva.

Dimensiones: eje apical 37,5 μm ; eje transapical 11,5 μm ; número de costillas en 10 μm 7.

Planctónica, principalmente en aguas frías y en movimiento; frecuentemente en cuerpos de agua con alto contenido de nutrientes (Patrick & Reimer, 1966).

Fragilaria Lyngbye 1819

Fragilaria vaucheriae (Kützing) Petersen

Figs. 10g (página 126) y 18g (página 134)

Petersen, J. B. *Fragilaria intermedia* - *Synedra vaucheriae*. Bot. Notiser. p. 167, figs. 1 c-g. 1938.

Basónimo: *Exilaria vaucheriae* Kütz.

Kützing, F. T. 1833. Synopsis Diatomacearum oder Versuch einer systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. Linnæa 8, p. 560, pl. 15, fig. 38.

Valvas linear-lanceoladas, adelgazándose hacia los ápices; extremos redondeados y rostrados. Esternum delgado; área central unilateral, asimétricas y levemente dilatada en uno de sus lados. Estrías paralelas, algo más cortas en la región central.

Dimensiones: eje apical 24 (21,5 – 27,5) μm ; eje transapical 3,5 (3 – 4) μm ; número de estrías en 10 μm 12 -14.

Planctónica en ambientes dulceacuícolas; principalmente en aguas frías (Patrick & Reimer, 1966).

Tabularia (Kützing) Williams & Round 1986

***Tabularia fasciculata* (C. Agardh) Williams *et* Round**

Fig. 10h (página 126)

Williams, D. M. & Round, F. E. Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. Diatom Res. 1, p. 326, figs. 46-52. 1986.

Basónimo: *Diatoma fasciculata* C. Agardh

Agardh, C. A. 1812. Dispositio Algarum Sueciae. Litteris Berlingianus, Lund. p. 35.

Valvas lanceoladas, adelgazándose hacia los extremos; ápices redondeados y levemente capitados. Esternum ancho, de 1/3 a 1/2 del ancho de la valva. Área central ausente. Estrías paralelas, anchas.

Dimensiones: eje apical 108 µm; eje transapical 5 µm; número de estrías en 10 µm 14.

Bentónica (Germain, 1981), en aguas con alta conductividad; a veces en ambientes salobres (Patrick & Reimer, 1966).

Suborden Raphidineae

Familia Achnanthaceae Kützing 1844

Cocconeis Ehrenberg 1837

***Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck**

Figs. 10i (página 126) y 18c (página 134)

Van Heurck, H. Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. pl. 133. 1885.

Basónimo: *Cocconeis lineata* Ehrenb.

Ehrenberg, C. G. 1849. Passatstaub und Blutregen. Ein Grosses organisches unsichtbares Wirken und Leben in der Atmosphäre. Abh. K. Akad. Wiss. Berlin 1847. Phys., pl. 5 (1), fig. 10; pl. 5 (2), fig. 44.

Valvas elípticas; la valva con rafe presenta un área axial estrecha y un área central pequeña, rafe recto con terminaciones algo bulbosas y estrías radiales interrumpidas cerca del margen por un anillo silificado circunferencial. La valva sin rafe presenta un área axial linear-lanceolada y estrías en hilera longitudinales onduladas.

Dimensiones: eje apical 24 (19 – 30) µm; eje transapical 16,7 (10,5 – 19) µm; número de estrías en 10 µm 16 - 22.

Epipélica sobre plantas acuáticas y otros objetos sumergidos. Más comunmente encontrada en aguas circumneutrales a alcalina, aparentemente indiferente a la salobridad aunque no ha sido registrada en un gran número de ambientes salobres. Ampliamente distribuida (Patrick & Reimer, 1966).

Familia Naviculaceae Kützing 1844

Amphora Ehrenberg 1844

Amphora ovalis var. *pediculus* (Kützing) Van Heurck ex DeToni

Fig. 10j (página 126)

Van Heurck, H. En: DeToni, G. B. Sylloge algarum omnium hucusque cognitarum, vol. II, Bacillarieae. Sectio I, Raphideae, p. 412. 1891.

Basónimo: *Cymbella pediculus* Kütz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 80, pl. 5, fig. 8; pl.6, fig. 7.

Valvas con simetría dorsiventral, margen dorsal convexo y ventral recto a ligeramente convexo en la parte central. Ápices redondeados, levemente curvados hacia el margen ventral. Área axial angosta, dorsalmente curvada. Área central asimétrica, alcanzando el margen en la cara ventral y dorsalmente delimitada por el acortamiento de 1 a 3 estrías. Rafe filiforme, dorsalmente curvado como el área axial, extremos proximales curvados dorsalmente. Estrías ventrales radiales en el centro y convergentes hacia los ápices; estrías dorsales paralelas o ligeramente radiales.

Dimensiones: eje apical 25 (23 – 27) μm ; eje transapical 7 μm ; número de estrías en 10 μm 14 dorsales y 10 – 12 ventrales.

Epifítica en cuerpos de agua poco profundos bien aireados o en aguas corrientes, principalmente sobre filamentos de algas y diatomeas grandes. Oligohalobia, alcalófila. No reportada en grandes cantidades (Patrick & Reimer, 1966).

Gomphonema Ehrenberg 1832

Gomphonema olivaceum (Lyngbye) Kützing

Figs. 10k (página 126) y 18j (página 134)

Kützing, F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 85, pl. 7, figs. 13, 15. 1844.

Basónimo: *Ulva olivaceae* Lyngb.

Lyngbye, H. C. 1810. Flora Danica, pl. 1429.

Valvas claviformes con el ápice ampliamente redondeado y obtuso, adelgazándose hacia la base redondeada con helictoglosas notables. Área axial estrecha, área central

rectangular, delimitada por el acortamiento de algunas estrías. Estrías radiales, algo curvas en el área central, radiales a casi paralelas en el ápice y fuertemente radiadas hacia la base.

Dimensiones: eje apical 22,8 (21 – 24,5) μm ; eje transapical 7 (6 – 8) μm ; número de estrías en 10 μm 10 - 11.

Epifítica; preferentemente en aguas frías, corrientes, con dureza moderada; aunque ha sido hallada en aguas con contenido de calcio variable. No se desarrolla bien en aguas con bajo contenido de calcio (Patrick & Reimer, 1975).

Gyrosigma Hassall 1845

Gyrosigma spencerii (W. Smith) Griffith *et* Henfrey

Fig. 101 (página 126)

Griffith, J. W. & Henfrey, A. The Micrographic Dictionary; a guide to the examination and investigation of the structure and nature of microscopic objects. 1st edition. London, p. 303, pl. 11, fig. 17. 1856.

Basónimo: *Pleurosigma spencerii* W. Smith

Smith, W. 1852. Notes on the Diatomaceae; with descriptions of British species included in the genus *Pleurosigma*. Annals and Magazine of Natural History, ser. 2, 9, p. 12, pl. 2, figs. 15-16.

Valvas moderadamente sigmoidales, adelgazándose gradualmente hacia los ápices; extremos redondeados. Área axial y rafe también levemente sigmoidales. Extremos proximales del rafe curvados en direcciones opuestas. Área axial estrecha, área central pequeña. Estriación transversal y longitudinal conspicua.

Dimensiones: eje apical 94,2 (83 – 112) μm ; eje transapical 13,6 (12 – 15) μm ; número de estrías en 10 μm 16 – 20 transversales y 20 – 22 longitudinales.

Común en arroyos, ríos y lagos. Alcalófila, puede soportar una concentración levemente alta de sales, oligohalobia (Patrick & Reimer, 1966).

Navicula Bory 1824

Navicula cryptocephala Kützing var. *cryptocephala*

Figs. 11a (página 127) y 18i (página 134)

Kützing, F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 95, pl. 3, figs. 20-26. 1844.

Valvas lanceoladas con extremos rostrado-capitados. Área axial angosta, área central pequeña e irregular debido al acortamiento de algunas estrías. Estrías radiales en el centro y paralelas o levemente convergentes hacia los extremos. Rafe recto.

Dimensiones: eje apical 33,1 (30 – 36) μm ; eje transapical 7,3 (7 – 8) μm ; número de estrías en 10 μm 12 – 14.

Planctónica, ampliamente distribuida en ambientes dulceacuícolas o levemente salobres (Patrick & Reimer, 1966). Alcalófila, pH 5,4 - 9 (óptimo 8). β -mesosapróbica. Oligotermal a mesotermal (Gómez, 1988).

Navicula cryptocephala var. *veneta* (Kützing) Rabenhorst

Fig. 11b (página 127)

Rabenhorst, L. Flora Europaea Algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio I. Algas diatomaceae complectens, cum figuris generum omnium xylographice impressis. Apud Eduardum Kummerum, Lipsiae, p. 198. 1864.

Basónimo: *Navicula veneta* Kutz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 95, pl. 30, fig. 76.

Valvas lanceoladas, con extremos redondeados. Área axial angosta, área central pequeña e irregular debido al acortamiento de algunas estrías. Estrías radiales en casi toda la superficie de la valva y paralelas o levemente convergentes hacia los extremos. Rafe filiforme.

Dimensiones: eje apical 16,7 (12 – 20) μm ; eje transapical 6 (5 – 7) μm ; número de estrías en 10 μm 12 – 14.

Planctónica, preferentemente en aguas salobres, aunque también encontrada en aguas dulces con alto contenido mineral (Patrick & Reimer, 1966).

Navicula peregrina (Ehrenberg) Kützing

Fig. 11c (página 127)

Kützing, F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 97, pl. 28, fig. 52. 1844.

Basónimo: *Pinnularia peregrina* Ehrenb.

Ehrenberg, C. G. 1841. Über noch jetzt zahlreich lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien. Physikalische Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, for 1839. p. 421, pl. 1(1), figs. 5-6; pl. 2(4), fig. 1; pl. 2(6), fig. 22; pl. 3(1), fig. 3.

Valvas lanceoladas, con extremos redondeados. Área axial estrecha, área central transversal, redondeada a rectangular. Estrías radiales en casi toda la superficie de la valva y convergentes hacia los extremos. Rafe filiforme con extremos proximales y distales ligeramente curvados en la misma dirección.

Dimensiones: eje apical 73,1 (61,5 – 92) μm ; eje transapical 15,8 (15 – 18,5) μm ; número de estrías en 10 μm 6 - 8.

Planctónica, preferentemente en aguas con alto contenido mineral o salobres (Patrick & Reimer, 1966).

Navicula recens (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot

Fig. 11d (página 127)

Lange-Bertalot En: Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. Naviculaceae. Biblioth. Diatomol. 9, p. 91, pl. 29, figs. 5-6. 1985.

Basónimo: *Navicula cari* var. *recens* Lange-Bert.

Lange-Bertalot, H. 1980. Zur taxonomische Revision einiger ökologisch wichtiger "*Naviculae lanceolatae*" Cleve. Die Formkreise um *Navicula lanceolata*, *N. viridula*, *N. cari*. Cryptogamie Algol. 1, p. 37, pl. 6, fig. 8-14.

Valvas lanceoladas con extremos redondeados. Área axial angosta; área central irregular debido al acortamiento de 2 a 3 pares de estrías. Estrías radiales en el centro y paralelas o ligeramente convergentes hacia los ápices. Rafe filiforme sobre una costilla ensanchada en la parte media formando el nódulo central.

Dimensiones: eje apical 46,5 (46 – 47) μm ; eje transapical 8,3 (8 – 8,5) μm ; número de estrías en 10 μm 10.

Reófila, en aguas salobres o dulces con contenido electrolítico más o menos alto. Tolerante a la contaminación (Krammer & Lange-Bertalot, 1986).

Navicula exigua var. *capitata* Patrick

Figs. 11e (página 127) y 18h (página 134)

Patrick, R. A taxonomic and ecological study of some diatoms from the Pocono Plateau and adjacent regions. Farlowia 2, p. 179, pl. 1, fig. 8. 1945.

Valvas elípticas, con extremos rostrado-capitados. Área axial estrecha, área central amplia, rectangular, irregular debido a la alternancia de estrías cortas y largas. Estrías radiales en casi toda la superficie de la valva y paralelas hacia los ápices.

Dimensiones: eje apical 23,5 μm ; eje transapical 7,5 μm ; número de estrías en 10 μm 14 – 20.

En agua dulce con pH circumneutral y dureza moderada (Patrick & Reimer, 1966).

Navicula radiosa Kützing var. *radiosa*

Fig. 11f (página 127)

Kützing, F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 91, pl. 4, fig. 23. 1844.

Valvas lanceoladas con ápices redondeados. Área axial angosta, área central pequeña, romboidal. Estrías radiales en el centro y convergentes hacia los ápices. Rafe con extremos distales levemente curvados hacia el mismo lado.

Dimensiones: eje apical 80,5 (63 – 105) μm ; eje transapical 17,3 (16 – 20) μm ; número de estrías en 10 μm 6 – 7.

Es una especie muy común en cuerpos de agua dulce circumneutrales. Oligohalobia a indiferente a la concentración de sal (Patrick & Reimer, 1966).

Observaciones: el número de estrías es algo menor al citado por Patrick & Reimer (1966).

Navicula radiosa var. *tenella* (Brébisson ex Kützing) Grunow

Fig. 11g (página 127)

Grunow En: Van Heurck, H. Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. p. 84. 1885.

Basónimo: *Navicula tenella* Bréb ex Kütz.

Kützing, F. T. 1849. Species algarum. Leipzig, p. 74.

Valvas lanceoladas con ápices redondeados. Área axial angosta, área central pequeña, caracterizada por el alargamiento del par de estrías medias. Estrías radiales en el centro y paralelas hacia los ápices. Rafe recto.

Dimensiones: eje apical 26 μm ; eje transapical 7 μm ; número de estrías en 10 μm 12.

Observaciones: el número de estrías es algo menor al citado por Patrick & Reimer (1966).

Es una especie común en cuerpos de agua dulce circumneutrales. Oligohalobia a indiferente a la concentración de sal (Patrick & Reimer, 1966).

Navicula menisculus Schumann

Fig. 11h (página 127)

Schumann, J. Preussische Diatomeen. Zweiter Nachtrag. Hiezu Taf. I, II, III. Schriften der Königlichen Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg, Bd. 8, p. 56, pl. 2, fig. 33. 1867.

Valvas elíptico-lanceoladas con extremos subagudos y redondeados. Área axial estrecha, área central pequeña e irregular por la alternancia de estrías cortas y largas. Estrías radiales en el centro y paralelas hacia los polos. Rafe recto.

Dimensiones: eje apical 13,5 μm ; eje transapical 6 μm ; número de estrías en 10 μm 14.

Oligohalobia indiferente. Alcalófilas (Foged, 1980).

Diploneis Ehrenberg 1844

Diploneis puella (Schumann) Cleve

Fig. 11i (página 127)

Cleve, P. T. Synopsis of the Naviculoid diatoms. Part I. Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, Ny Foljd 26, p. 92. 1894

Basónimo: *Navicula puella* Schum.

Schumann, J. 1867. Preussische Diatomeen. Zweiter Nachtrag. Hiezu Taf. I, II, III. Schriften der Königlichen Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg, Bd. 8, p. 56, pl. 2, fig. 39.

Valvas elípticas con extremos redondeados. Canales longitudinales a cada lado del rafe, angostos, levemente ensanchados hacia el área central. Área central redondeada. Costillas radiales, entre las cuales hay una hilea de areolas.

Dimensiones: eje apical 17 (16,5 – 17,5) μm ; eje transapical 9,4 (9 – 10) μm ; número de estrías en 10 μm 12 – 13.

Epipélica en aguas con contenido de electrolitos mediano a alto. Oligosaprobia (Krammer & Lange-Bertalot, 1986).

Rhoicosphaenia Grunow 1860

Rhoicosphenia abbreviata (C. Agardh) Lange-Bertalot

Fig. 11j (página 127)

Lange-Bertalot, H. Ein Beitrage zur Revision der Gattungen *Rhoicosphenia* Grunow, *Gomphonema* Agardh, *Gomphoneis* Cleve. Bot. Notiser 133, p. 586. 1980.

Basónimo: *Gomphonema abbreviatum* C. Agardh

Agardh, C. A. 1831. Conspectus Criticus Diatomacearum. Lundae. Part 2, p. 34.

Valvas heteropolares, claviformes, con extremos redondeados en vista valvar y cuneiformes en vista conectival. Pseudosepto presente. La valva cóncava presenta un rafe filiforme completo y estrías radiales; la valva convexa presenta un rafe rudimentario sólo en los extremos y estrías paralelas.

Dimensiones: eje apical 38 – 40 μm ; eje transapical 6 – 7 μm ; número de estrías en 10 μm 10 – 14.

Planctónica en aguas dulces y salobres con conductividad moderada a alta; β -mesosaprobia, pH indiferente (Martinez, 1996).

Familia Epithemiaceae Grunow 1860

Epithemia Brébisson 1838

***Epithemia sorex* Kützing**

Figs. 11k (página 127) y 18k (página 134)

Kützing, F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 33, pl. 5, fig. 5 (a, b, c), 12. 1844.

Valvas con simetría dorsiventral, margen dorsal convexo y ventral ligeramente cóncavo. Ápices rostrado-capitados. Canal del rafe curvado en forma de “V” invertida hacia el margen dorsal, con un nódulo central cerca del borde. Costillas radiales separadas por 2 a 3 hileras de aréolas.

Dimensiones: eje apical 30,3 (24,5 – 34,5) μm ; eje transapical 8,4 (7 – 9) μm ; número de estrías en 10 μm 10 – 13; número de costillas en 10 μm 6 – 8.

Principalmente en aguas con alta conductividad y ricas en calcio (Patrick & Reimer, 1975).

***Epithemia adnata* var. *proboscidea* (Kützing) Hendey**

Figs. 11l (página 127) y 18l (página 134)

Hendey, N. I. A preliminary check-list on British marine diatoms. J. mar. biol. Ass. U. K. 33, p. 557. 1954.

Basónimo: *Epithemia proboscidea* Kütz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 35, pl. 5, fig. 13.

Valvas con simetría dorsiventral, margen dorsal convexo y ventral recto o ligeramente cóncavo. Ápices rostrados. Canal del rafe curvado en forma de “V” invertida hacia el margen dorsal, con un nódulo central ubicado por debajo de la mitad de la valva, cercano al margen ventral. Costillas ligeramente radiales, separadas por 3 a 5 hileras de aréolas.

Dimensiones: eje apical 46,9 (40 – 54) μm ; eje transapical 8,5 (8 – 9,5) μm ; número de estrías en 10 μm 12 – 14; número de costillas en 10 μm 3 – 4.

Epífita sobre plantas acuáticas en la región litoral, preferentemente en aguas alcalinas (Patrick & Reimer, 1975).

***Rhopalodia* O. Müller 1897**

***Rhopalodia operculata* (C. Agardh) Håkansson**

Fig. 11n (página 127)

Håkansson, H. Examination of diatom type material of C.A. Agardh. Beih. Nova Hedwigia 64, p. 166-167, figs. 1-5. 1979.

Basónimo: *Frustulia operculata* C. Agardh
Agardh, C. A. 1827. Aufzählung einiger in den österreichischen Ländern gefundenen neuen Gattungen und Arten von Algen, nebst ihrer Diagnostik und beigefügten Bemerkungen. Flora oder Botanische Zeitung, 10 (40), p. 627.

Valvas con simetría dorsiventral, margen dorsal convexo y ventral recto. Extremos subrostrados y curvados en dirección ventral. Sin hendidura central. Rafe ubicado sobre el margen dorsal. Costillas radiales separadas por 3 – 4 hileras de aréolas.

Dimensiones: eje apical 19,3 (18 – 20) μm ; eje transapical 5,5 (5 – 6) μm ; número de estrías en 10 μm 15 -17; número de costillas en 10 μm 6 - 7.

En aguas dulces y salobres, con conductividad moderada a alta. pH indiferentes. Ticoplanctónica (Martinez, 1996).

Familia Nitzschiaceae Grunow 1860

Hantzschia Grunow 1877

Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow

Fig. 11m (página 127)

Grunow En: Cleve, P. T. & Grunow, A. Beiträge zur Kenntniss der Arctischen Diatomeen. Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, Ny Foljd 17, p. 103. 1880.

Basónimo: *Eunotia amphioxys* Ehrenb.

Ehrenberg, C. G. 1841. Über noch jetzt zahlreich lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien. Abh. K. Akad. Wiss. Berlin 1839, Phys., p. 413, pl. 1(1), figs. 26; pl. 1(3), fig. 6; pl. 2(1), fig. 15; pl. 3(4), fig. 9; pl 4(5), fig.7.

Valvas asimétricas con respecto al eje apical, con extremos rostrado-capitados. Fíbulas equidistantes, excepto las dos centrales más distantes entre sí. Estrías paralelas finamente areoladas visibles al microscopio óptico.

Dimensiones: eje apical 37 μm ; eje transapical 7 μm ; número de estrías en 10 μm 16; número de fíbulas en 10 μm 8.

Planctónica en ambientes dulceacuícolas y salobres con conductividad moderada a alta, pH indiferente, β -mesosaprobia (Martinez, 1996).

Nitzschia Hassall 1845

Nitzschia acicularis (Kützing) W. Smith

Fig. 11o (página 127)

Smith, W. A Synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, functions and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens. John van Voorst, London, Vol. 1, p. 43, pl. 15, fig. 122. 1853.

Basónimo: *Synedra acicularis* Kütz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 63, pl. 4, fig. 3.

Valvas linear lanceoladas con extremos angostos y marcadamente alargados, rostrado-capitados. Fíbulas cortas equidistantes entre sí. Estrías imperceptibles al microscopio óptico.

Dimensiones: eje apical 39 μm ; eje transapical 3,5 μm ; número de fíbulas en 10 μm 16.

En agua dulce, pH circumneutral, β -mesosaprobia (Martinez, 1996).

Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow

Fig. 11p (página 127)

Grunow, A. Die Österreichischen diatomaceen nebst Anschluss einiger neuen Arten von andern Lokalitäten und einer kritischen Uebersicht der bisher bekannten Gattungen und Arten. Verb. Zoo-Bot. Ges. Wien, 12, p. 561. 1862.

Basónimo: *Synedra dissipata* Kütz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 64, pl. 14, fig. 3.

Valvas lanceoladas con extremos redondeados. Rafe subcentral, prominente, con fíbulas irregularmente distribuidas. Estrías indistinguibles al microscopio óptico.

Dimensiones: eje apical 36 (33 – 41) μm ; eje transapical 4,7 (4 – 5) μm ; número de fíbulas en 10 μm 7 – 8.

Planctónica en ambientes dulceacuícolas y salobres, con conductividad moderada a alta y pH neutro a alcalino, β -mesosaprobia (Martinez, 1996).

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith

Fig. 11q (página 127)

Smith, W. A Synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, functions and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens. John van Voorst, London, Vol. 2, p. 89. 1856.

Basónimo: *Synedra palea* Kütz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 63, pl. 3, fig. 27; pl. 4, fig. 2.

Valvas lanceoladas, con extremos rostrados. Fíbulas pequeñas, equidistantes unas de otras. Estrías imperceptibles al microscopio óptico.

Dimensiones: eje apical 31,8 (20 – 48) μm ; eje transapical 3,9 (3 – 5) μm ; número de fíbulas en 10 μm 11 – 14.

Ticoplanctónica en ambientes dulceacuícolas y salobres, pH indiferente, β -mesosaprobia, ubicua (Martinez, 1996).

Nitzschia hungarica Grunow

Fig. 11r (página 127)

Grunow, A. Die Österreichischen diatomaceen nebst Anschluss einiger neuen Arten von andern Lokalitäten und einer kritischen Uebersicht der bisher bekannten Gattungen und Arten. Verb. Zoo-Bot. Ges. Wien, 12, p. 568, pl. 12, fig. 31. 1862.

Valvas panduriformes con extremos subrostrados. Rafe excéntrico, marginal. Superficie valvar con estrías interrumpidas en el centro. Fíbulas en menor número que las estrías.

Dimensiones: eje apical 46 μm ; eje transapical 7,5 μm ; número de estrías en 10 μm 16 ; número de fíbulas en 10 μm 10.

En agua dulce y salobre, con conductividad moderada a alta, pH indiferente, β -mesosaprobia, ticoplanctónica (Martinez, 1996).

Nitzschia constricta (Kützing) Ralfs ex Pritchard

Fig. 11s (página 127)

Pritchard, A. A history of infusoria, living and fossil: arranged according to Die infusionsthierchen of C.G. Ehrenberg; containing colored engravings, illustrative of all the genera, and descriptions of all the species in that work, with several new ones; to which is appended an account of those recently discovered in the chalk formations. Ed. 4, p. 780. 1861.

Basónimo: *Synedra constricta* Kütz.

Kützing, F. T. 1844. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. p. 64, pl. 3, fig. 70.

Valvas panduriformes con extremos subrostrados. Rafe excéntrico, marginal. Superficie valvar con estrías interrumpidas en el centro. Fíbulas en igual número que las estrías.

Dimensiones: eje apical 39 μm ; eje transapical 6 μm ; número de estrías y fíbulas en 10 μm 14.

En agua dulce y salobre, con conductividad moderada a alta, β -mesosaprobia. (Martinez, 1996).

Nitzschia sp.

Fig. 11t (página 127)

Valvas linear-sigmoideas en vista valvar y conectival. Rafe excéntrico, marginal. Estrías visibles al microscopio óptico. Fíbulas distribuidas irregularmente.
Dimensiones: eje apical 232,3 (160 – 288) μm ; eje transapical 7,8 (7 – 9) μm ; número de estrías en 10 μm 22 - 24; número de fíbulas en 10 μm 7 – 10.
Planctónica, en el litoral de ambientes dulceacuícolas. Oligohalobia, alcalófila, oligosaprobia (Sala, 1994)

Familia Surirellaceae Kützing 1844

Surirella Turpin 1828

***Surirella caspia* Brun**

Fig. 11u (página 127)

Brun, J. Diatomées espèces nouvelles marines, fossiles ou pelagiques. Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève, 31, pt. 2, N° 1, p. 45, pl. 13, fig. 6. 1891.

Valvas heteropolares, ampliamente ovadas. Ala bien desarrollada. Superficie valvar y manto regularmente corrugados, con un área media elevada.
Dimensiones: eje apical 65 μm ; eje transapical 37,5 μm ; número de estrías en 10 μm 14; número de canales alares en 100 μm 16.

Cymatopleura W. Smith

***Cymatopleura solea* (Brébisson) W. Smith**

Fig. 11v (página 127)

Smith, W. Notes on the Diatomaceae, with descriptions of British Species included in the genera *Campylodiscus*, *Surirella* and *Cymatopleura*. Annals and Magazine of Natural History, series 2, p. 12, pl.3, fig. 9. 1851.

Basónimo: *Cymbella solea* Bréb.

Brébisson, L. A. & Godey, L. L. 1835. Algues des environs de Falaise. Mémoires de la Société Académique des Sciences, Artes et Belles-Lettres de Falaise. p. 51, pl. 7.

Valvas anduriformes, con una acentuada constricción media; extremos cuneiformes. Superficie valvar ondulada. El número de fíbulas coincide con el de las estrías, cortas y paralelas en el centro y radiales hacia los ápices.

Dimensiones: eje apical 104,1 (76 – 126) μm ; eje transapical 25,6 (23 – 27,5) μm ; número de estrías en 10 μm 7 – 9.

Perifítica y ticoplanctónica en cuerpos de agua dulce y salobre, con conductividad moderada a alta; pH indiferente, β -mesosaprobia (Martinez, 1996).

CRYPTOPHYTA

Clase Cryptophyceae

Orden Cryptomonadales

Familia Cryptomonadaceae Ehrenberg 1831

Cryptomonas Ehrenberg 1838

***Cryptomonas ovata* Ehrenberg**

Figs. 12f (página 128) y 19i (página 135)

Ehrenberg, C. G. Über die Entwicklung und Lebensdauer der Infusionsthier; nebst fernerer Beiträgen zu einer Vergleichung ihrer organischen Systeme. Abh. K. Akad. Wiss. Berlin 1831, Phys. Kl. 57. 1832.

Células solitarias, ovoides o elipsoidales, a veces levemente dilatadas en el extremo anterior. Ápice escotado en la cara ventral, dicha escotadura se prolonga en una citofaringe de donde emergen 2 flagelos iguales o ligeramente desiguales, de aproximadamente la misma longitud que la célula o más cortos; extremo posterior redondeado. Dos cloroplastos laterales, de color pardo amarillento, sin pirenoides visibles.

Dimensiones: células 16,5 μm de ancho x 29 μm de largo.

***Cryptomonas marssonii* Skuja**

Figs. 12g (página 128) y 19j (página 135)

Skuja, H. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Symb. Bot. Upsaliensis 9, p.357, pl.37, figs. 41-42. 1948.

Células solitarias, ovoides o elipsoidales, con el extremo anterior más ancho y el posterior agudo y curvado hacia el lado dorsal. Ápice escotado en la cara ventral, dicha escotadura se prolonga en una citofaringe de donde emergen 2 flagelos ligeramente desiguales. Dos cloroplastos laterales, de color pardo amarillento, sin pirenoides visibles.

Dimensiones: células 8,5 (8 – 9) μm de ancho x 14,5 (14 – 15) μm de largo.

Rhodomonas Karsten 1898

Rhodomonas lacustris Pascher *et* Ruttner *ex* Pascher

Fig. 12h (página 128)

Pascher, A. Cryptomonadinae En: Pascher, A. (ed.), Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz 2., Gustav Fischer, Jena, Germany, p. 103, figs. 157, 158. 1913.

Células solitarias, cónicas, con el extremo posterior puntiagudo, recto o levemente curvado hacia el lado ventral. Ápice escotado en la cara ventral, dicha escotadura se prolonga en una citofaringe de donde emergen 2 flagelos. Un cloroplasto parietal con un pirenoide central.

Dimensiones: células 4,1 (4 – 4,5) μm de ancho x 6,8 (6 – 7,5) μm de largo.

DINOPHYTA

Clase Dinophyceae

Orden Peridinales

Familia Peridinaceae Ehrenberg 1830

Peridinium Ehrenberg 1830

***Peridinium* sp.**

Figs. 12i (página 128) y 19g (página 135)

Células solitarias; casi esféricas, divididas por un cingulum en una hipoteca y epiteca de mayor tamaño que la primera. Posee placas cuya ornamentación es difícil de distinguir al microscopio óptico.

Dimensiones: células 60 μm de diámetro.

Familia Ceratiaceae Kofoid 1907

Ceratium Schrank 1793

Ceratium hirundinella* fa. *austriacum (Müller) Dujardin

Figs. 12j (página 128) y 19h (página 135)

Dujardin, F. Histoire naturelle des zoophytes. Infusoires, comprenant la Physiologie et la classification de Ces animaux et a manière de les etudier l'aide du microscope. Librairie Encyclopédique de Roret. Paris. p.377. 1841.

Basónimo: *Bursaria hirundinella* Müller

Müller, O. F. 1773. Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusoriorum, helminthicorum et testaceorum, non marinorum, succincta historia. I, Havniae et Lipsiae (Copenhagen and Leipzig), Heineck and Faber, p. 63.

Células solitarias, asimétricas, con la cara ventral cóncava y la dorsal convexa, tomando apariencia de media luna si se las observa lateralmente. La epivalva se prolonga en un cuerno apical largo y recto y la hipovalva en 2 o 3 apéndices de diferente longitud, el antapical es el más largo. La superficie del cuerpo está recubierta por trabéculas y reticulaciones.

Dimensiones: células 52 (36,8 – 64,4) µm de ancho x 175 (120 – 240) µm de largo.

Plactónica; los ambientes donde se observa su óptimo desarrollo se caracterizan por ser aguas alcalinas, eutróficas y fuertemente estratificadas en la estación cálida (Rosén, 1981). Se halla con frecuencia en el plancton de agua dulce de Argentina. Forma en el embalse Paso de las Piedras - junto con cianobacterias – blooms masivos, sobre todo en otoño-invierno (Parodi *et al.*, 2007). Presenta una enorme variación morfológica adjudicada frecuentemente a cambios en los factores ambientales (Pearsall, 1929). Un análisis estadístico indicó que la longitud del cuarto cuerno es la que presenta la mayor varianza relativa. Una marcada correlación positiva entre la longitud de los cuernos antapical y postequatorial ha sido detectada por medio de análisis de componentes principales (Parodi *et al.*, 2007).

EUGLENOPHYTA

Clase Euglenophyceae

Orden Euglenales

Familia Euglenaceae Carter 1859

Euglena Ehrenberg 1830

***Euglena variabilis* Klebs**

Figs. 12k (página 128) y 19c (página 135)

Klebs, G. Über die organisation einiger Flagellaten-Gruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Unter. Bot. Inst. Tübingen 1, p. 300, pl. 3, figs. 4, 8.1883.

Células ovoides, con el extremo anterior redondeado y el posterior estrecho. Película con estriación espiralada, no muy conspicua. Numerosos cromatóforos discoides sin pirenoide y numerosos cuerpos de paramylon cilíndricos, bacilares. Estigma grande. Gran metabolismo, con cambios notables en la forma del cuerpo.

Dimensiones: células 31,5 (27 – 36) μm de ancho x 69,5 (64 – 75) μm de largo.

Observaciones: las células son de mayor tamaño que lo citado por Tell & Conforti (1986).

Cosmopolita (Tell & Conforti, 1986).

Trachelomonas Ehrenberg 1833

Trachelomonas rotunda Swirenko

Figs. 12l (página 128) y 19d (página 135)

Swirenko, D. Zur Kenntnis der russischen Algenflora 1. Die Euglenaceen Gattung Trachelomonas. Arch. Hydrobiol. Planktonk. 9, p. 636, pl. 19, fig. 19. 1914.

Células solitarias, cubiertas por una lóriga subesférica o elipsoidal, gruesa, de color marrón, fuertemente punteada. Poro apical rodeado por un espesamiento anular. Flagelo de longitud igual o mayor al largo de la célula.

Dimensiones: células 16,3 (11 – 18,3) μm de ancho x 18,5 (17 – 23,3) μm de largo; flagelo 25 – 31 μm .

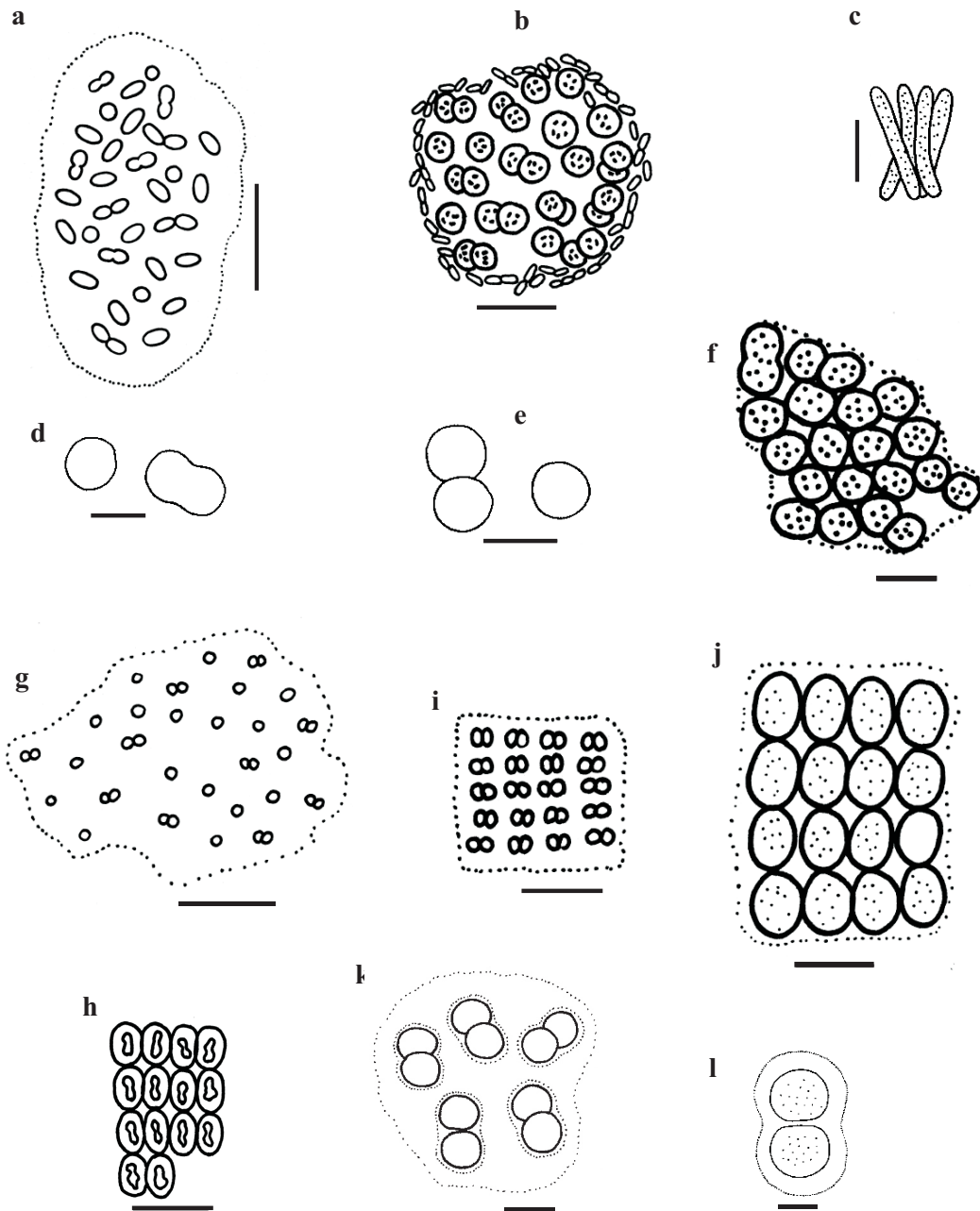


Figura 3. Cyanophyceae. Chroococcales I. **a:** *Aphanothece smithii*. **b:** *Synechococcus epigloeicus*. **c:** *Rhabdogloea scenedesmoides*. **d:** *Synechocystis aquatilis*. **e:** *Synechocystis* sp. **f:** *Synechocystis fuscopigmentosa*. **g:** *Aphanocapsa delicatissima*. **h:** *Merismopedia trolleri*. **i:** *Merismopedia tenuissima*. **j:** *Merismopedia elegans*. **k:** *Chroococcus limneticus*. **l:** *Chroococcus minutus*. Barras escala = 10 μm ; en c, d, h, i, j y l = 5 μm .

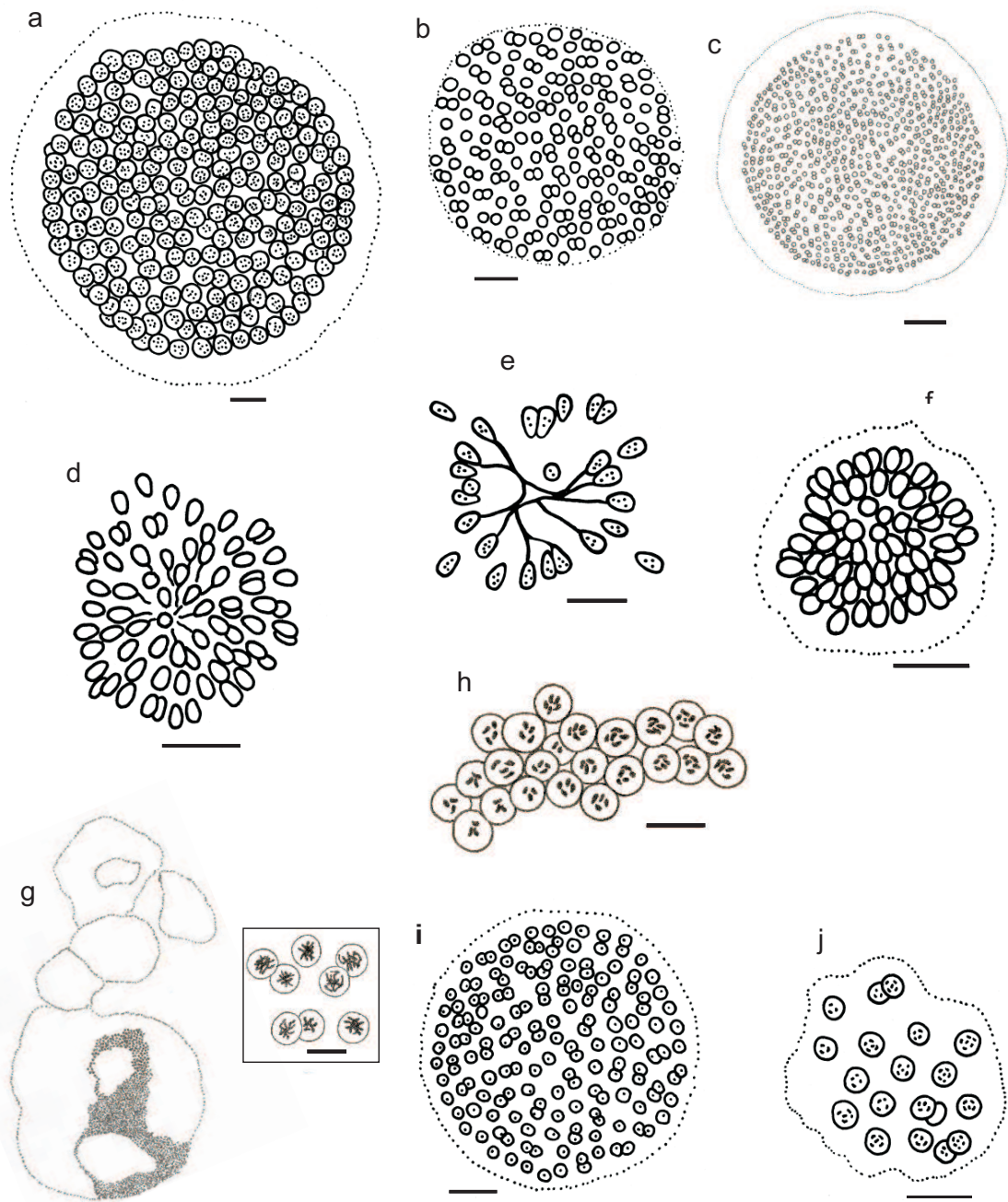


Figura 4. Cyanophyceae. Chroococcales II. a: *Coelosphaerium dubium*. b: *Coelosphaerium aerugineum*. c: *Coelosphaerium punctiferum*. d: *Snowella lacustris*. e: *Snowella fennica*. f: *Woronichinia elorantae*. g: *Microcystis aeruginosa*: colonia y detalle de las células (recuadro). h: *Microcystis flos-aquae*. i: *Microcystis natans*. j: *Microcystis protoecystis*. Barras escala = 10 μm ; en g y h = 5 μm .

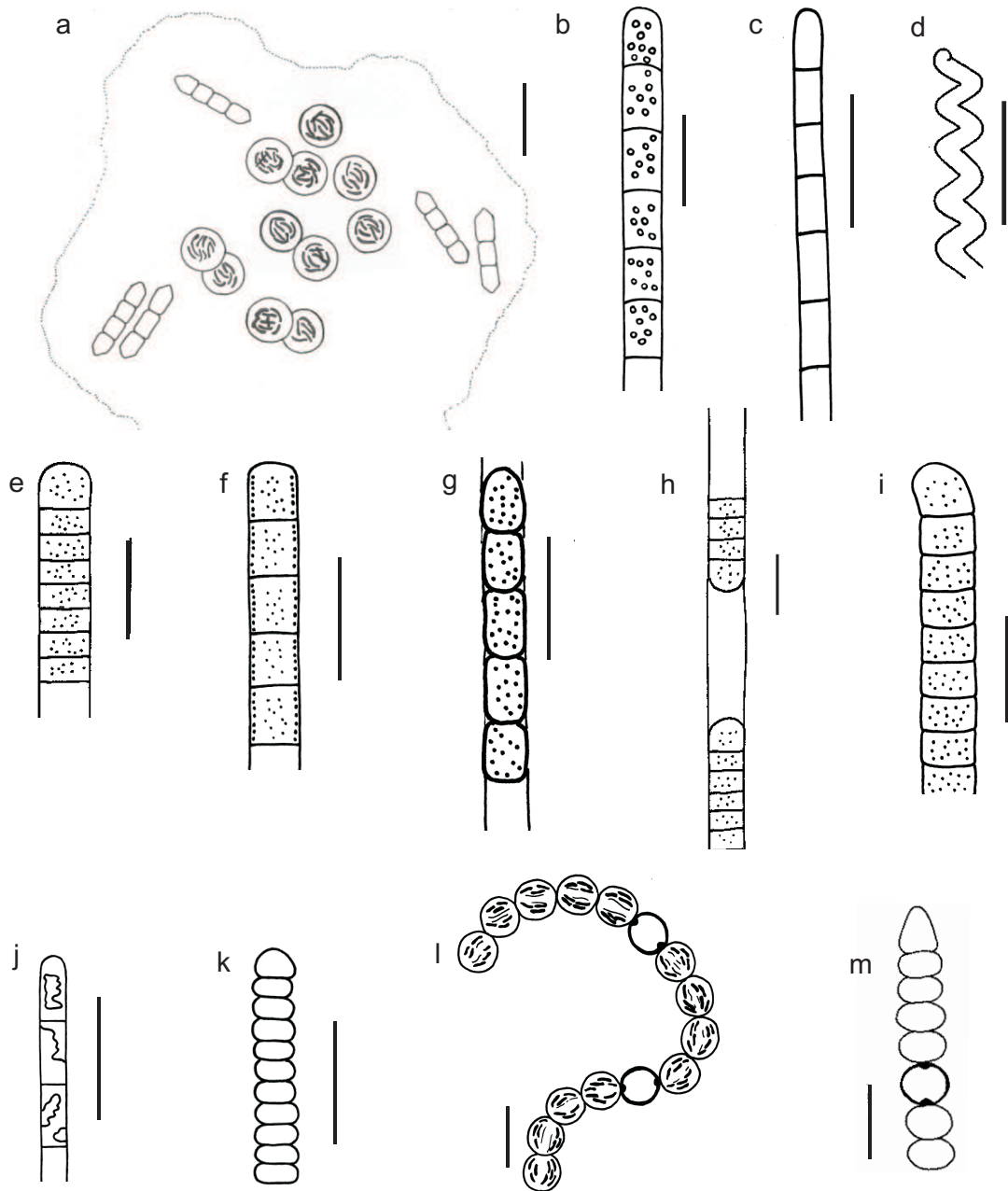


Figura 5. Cyanophyceae. Oscillatoriales. a: *Pseudanabaena mucicola*. **b:** *Limnothrix guttulata*. **c:** *Jaaginema minimum*. **d:** *Spirulina major*. **e:** *Planktothrix agardhii*. **f:** *Planktothrix* sp. **g:** *Phormidium hamelii*. **h:** *Phormidium aerugineo-caeruleum*. **i:** *Phormidium tergestinum*. **j:** *Tychonema* sp. **k:** *Oscillatoria foreaui*. **Nostocales. l:** *Anabaena circinalis*. **m:** *Anabaena sphaerica*. Barras escala = 10 μ m.

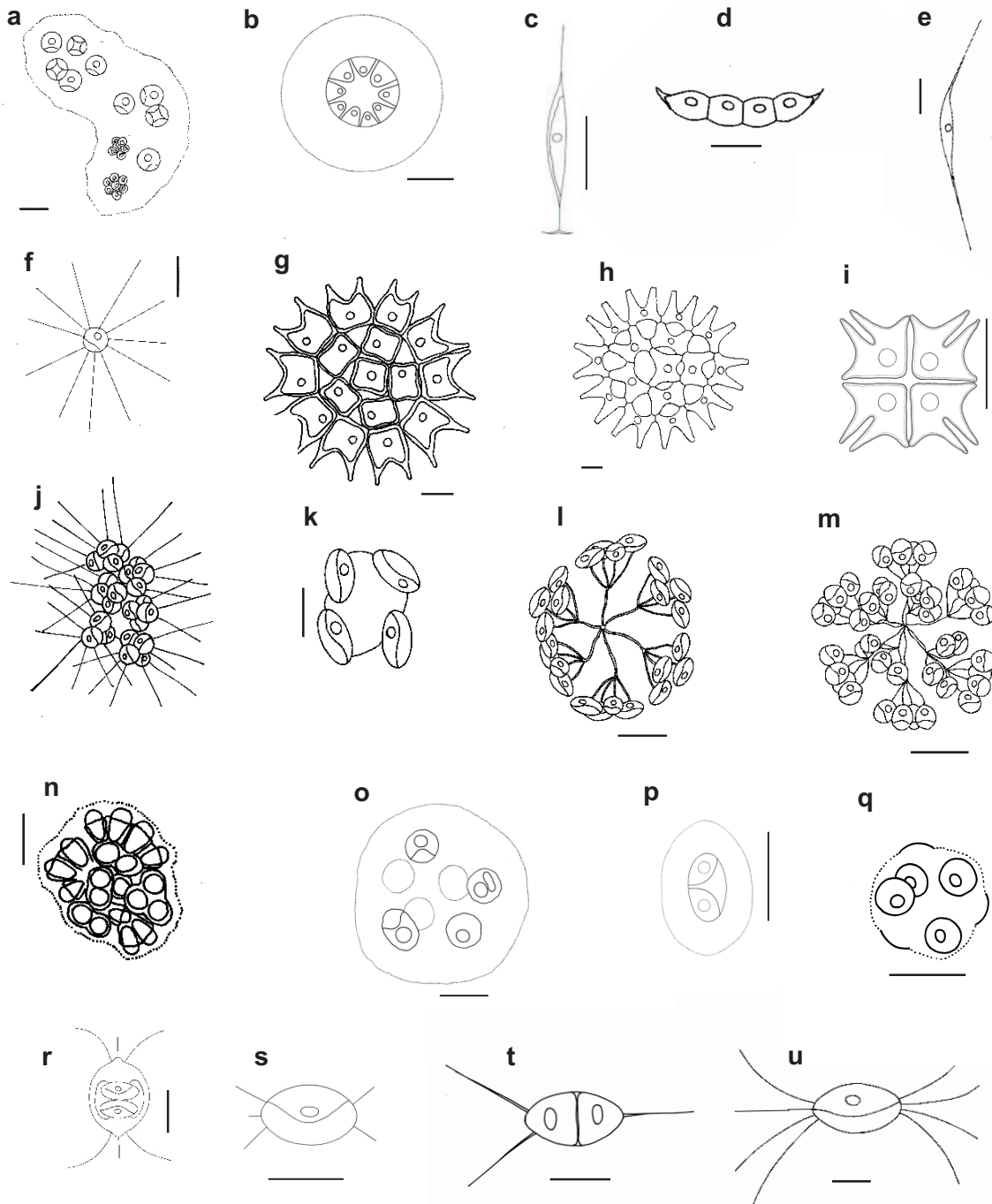


Figura 6. Chlorophyceae. Chlorococcales I. a: *Sphaerocystis schroeteri*. b: *Planktosphaeria gelatinosa*. c: *Ankyra judayi*. d: *Korshikoviella limnetica*. e: *Schroederia setigera*. f: *Golenkinia radiata*. g: *Pediastrum boryanum* var. *cornutum*. h: *Pediastrum duplex* var. *duplex*. i: *Pediastrum tetras*. j: *Micractinium pusillum*. k: *Quadricoccus ellipticus*. l: *Dictyosphaerium ehrenbergianum*. m: *Dictyosphaerium pulchellum*. n: *Botryococcus braunii*. o: *Coenocystis planctonica* var. *planctonica*. p: *Coenocystis planconvexa*. q: *Thorakochloris nygaardii*. r: *Lagerheimia citrifomis*. s: *Lagerheimia subsalsa*. t: *Lagerheimia balatonica*. u: *Lagerheimia ciliata*. Barras escala = 10 μm ; en k, p, q, r, s, t y u = 5 μm

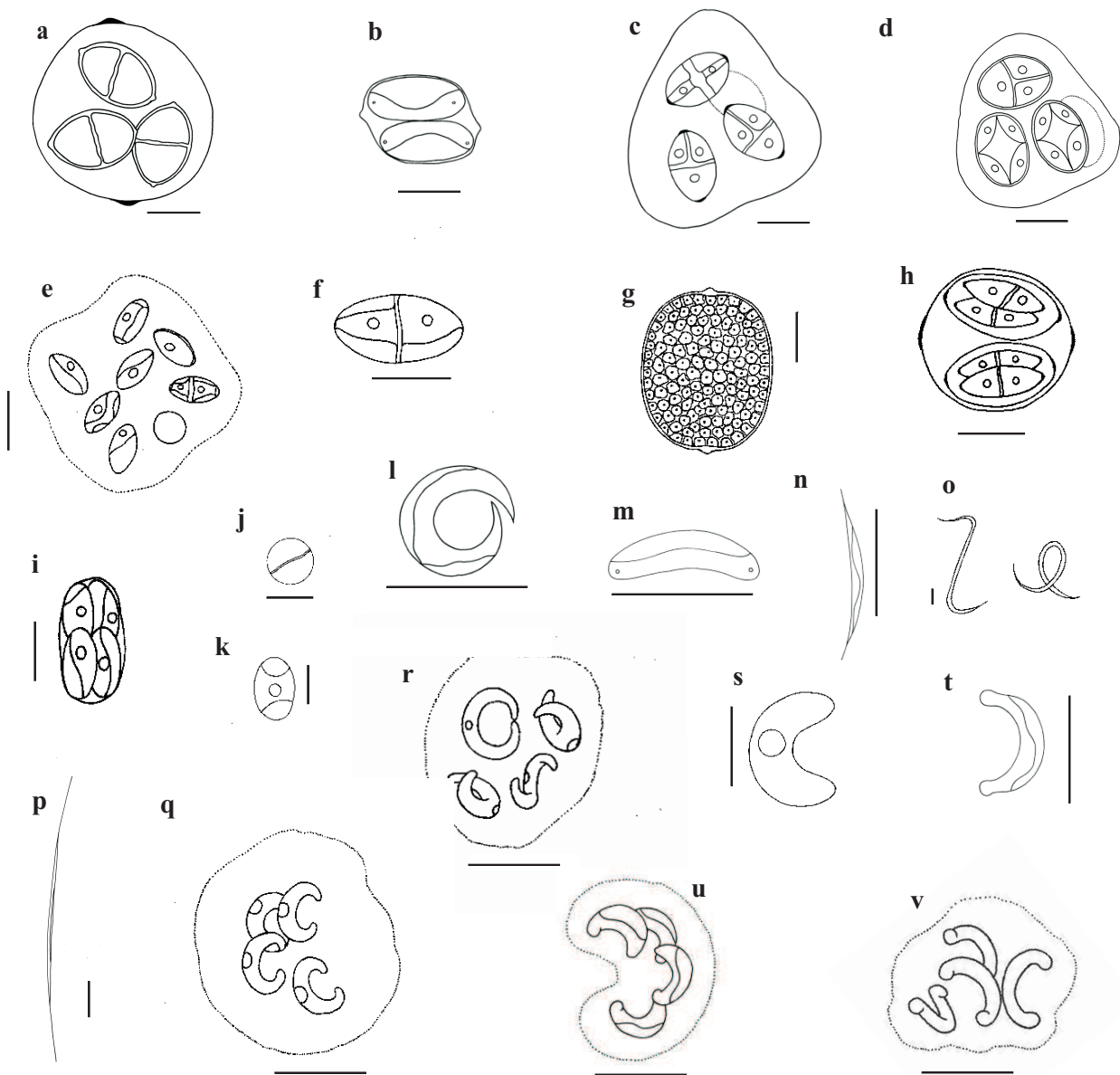


Figura 7. Chlorophyceae. Chlorococcales II. **a:** *Oocystis naegelii*. **b:** *Oocystella rhomboidea*. **c:** *Oocystella marssonii*. **d:** *Oocystella borgei*. **e:** *Oocystella lacustris*. **f:** *Oocystella parva*. **g:** *Oocystella solitaria*. **h:** *Oocystella submarina*. **i:** *Oocystella ecballocystiformis* var. *americana*. **j:** *Chlorella homosphaera*. **k:** *Chlorella oocystoides*. **l:** *Monoraphidium circinale*. **m:** *Monoraphidium dybowskii*. **n:** *Monoraphidium tortile*. **o:** *Monoraphidium contortum*. **p:** *Monoraphidium komarkovae*. **q:** *Kirchneriella irregularis* var. *irregularis*. **r:** *Kirchneriella irregularis* var. *spiralis*. **s:** *Kirchneriella* sp. **t:** *Kirchneriella subcapitata*. **u:** *Kirchneriella contorta* var. *contorta*. **v:** *Kirchneriella contorta* var. *elegan*. Barras escala: 10 μm ; en f, i, j, k, s, t, u y v = 5 μm .

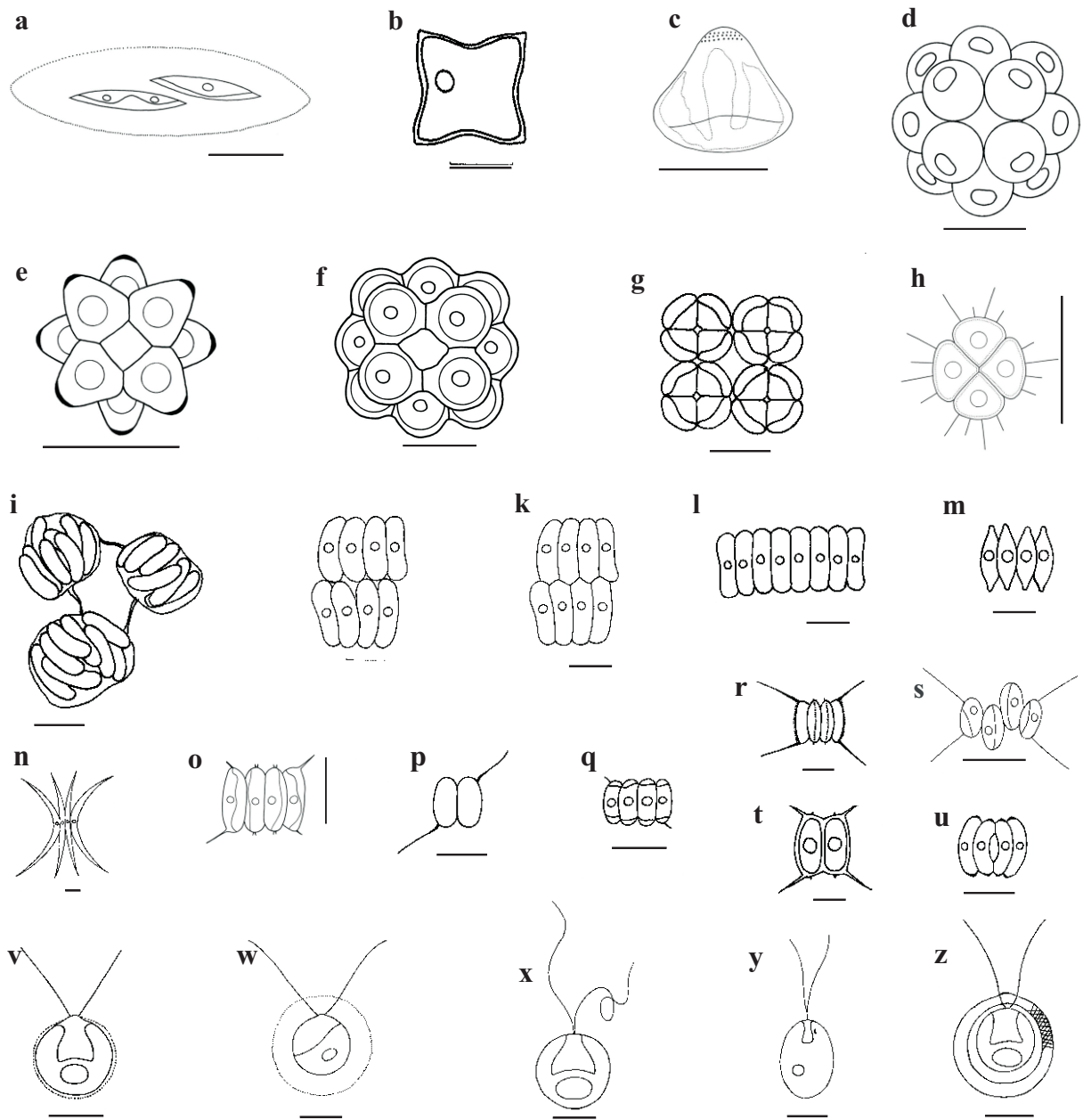


Figura 8. Chlorophyceae. Chlorococcales III. **a:** *Pseudoquadrigula lacustris*. **b:** *Tetraedron minimum*. **c:** *Tetraedron hemisphaericum*. **d:** *Coelastrum microporum*. **e:** *Coelastrum astroideum*. **f:** *Coelastrum indicum*. **g:** *Tetrastrum komarekii*. **h:** *Tetrastrum staurogeniaeforme*. **i:** *Rayssiella hemisphaerica*. **j:** *Scenedesmus arcuatus* var. *arcuatus*. **k:** *Scenedesmus arcuatus* var. *platydiscus*. **l:** *Scenedesmus ellipticus*. **m:** *Scenedesmus obliquus*. **n:** *Scenedesmus acuminatus* var. *acuminatus*. **o:** *Scenedesmus semipulcher*. **p:** *Scenedesmus bicaudatus*. **q:** *Scenedesmus aldavei*. **r:** *Scenedesmus lefevrii* var. *manguinii*. **s:** *Scenedesmus intermedius*. **t:** *Scenedesmus communis*. **u:** *Scenedesmus raciborski*. **v:** *Chlamydomonas* sp. 1. **w:** *Chlamydomonas* sp. 2. **x:** *Chlamydomonas* sp. 3. **y:** *Chlamydomonas peterfii*. **z:** *Phacotus lenticularis*. Barras escala: 10 μm , en b, c, g, j, k, m, v, w, x, y, z.

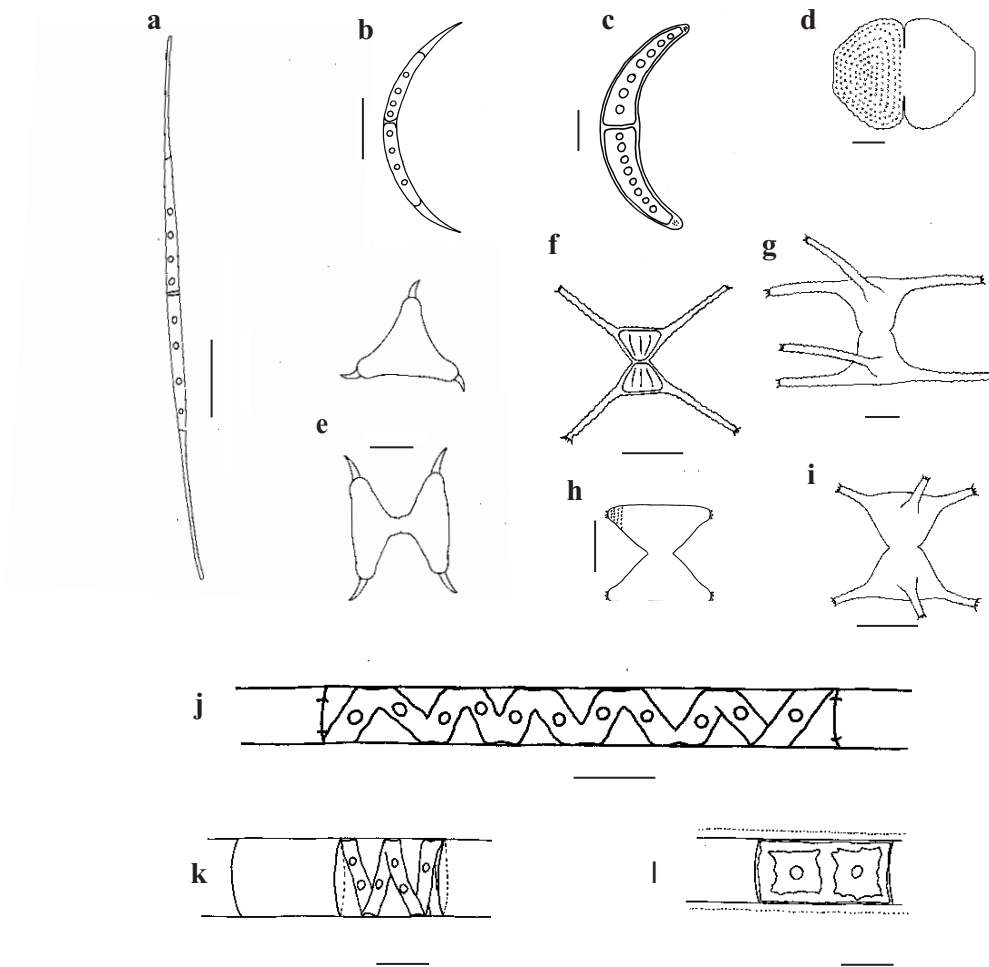


Figura 9. Zygnematophyceae. Desmidiales. **a:** *Closterium aciculare*. **b:** *Closterium acutum* var. *variabile*. **c:** *Closterium moniliferum*. **d:** *Cosmarium botrytis*. **e:** *Staurodesmus cuspidatus*. **f :** *Staurastrum chaetoceras*. **g:** *Staurastrum gracile*. **h:** *Staurastrum hexacerum*. **i:** *Staurastrum* sp. **Zygnematales.** **j:** *Spirogyra* sp. 1. **k:** *Spirogyra* sp. 2. **l:** *Zygnema* sp. Barras escala: 20 μm , en d, e, f, g, h = 10 μm ; en a y c = 50 μm .

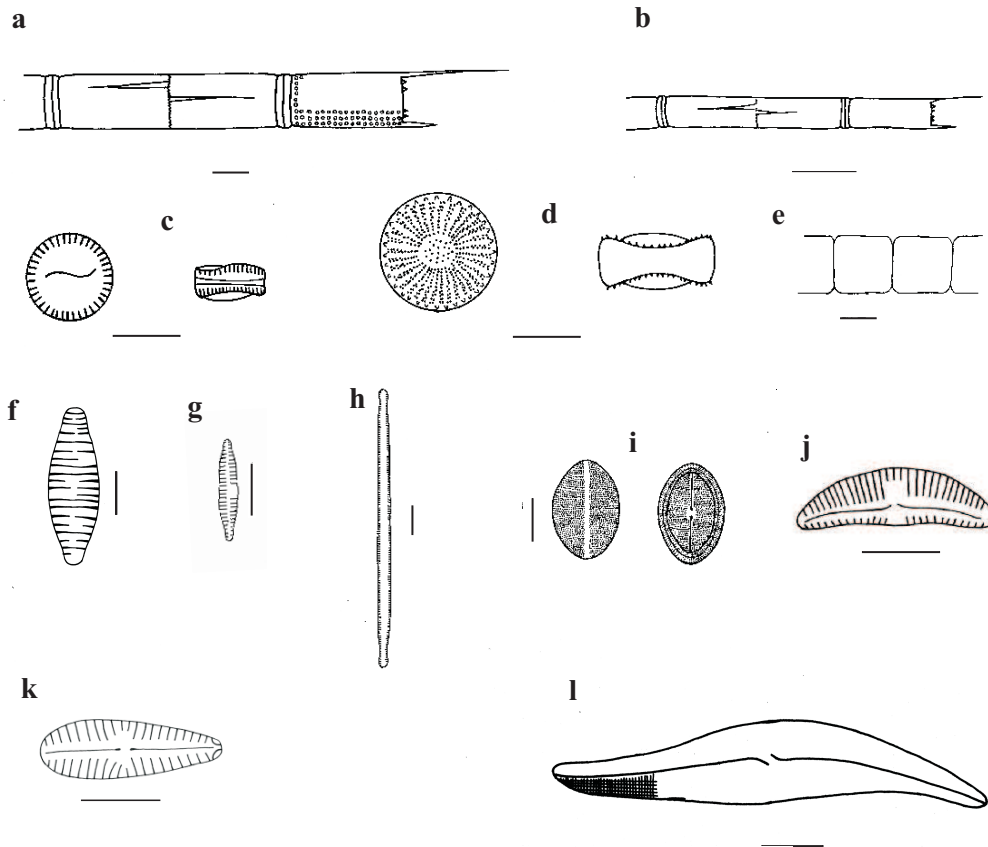


Figura 10. Bacillariophyceae. Centrales. **a:** *Aulacoseira granulata*. **b:** *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*. **c:** *Cyclotella meneghiniana*. **d:** *Stephanodiscus* sp. **e:** *Melosira varians*. **Pennales.** **f:** *Diatoma vulgare*. **g:** *Fragilaria vaucheriae*. **h:** *Tabularia fasciculata*. **i:** *Cocconeis placentula* var. *lineata*. **j:** *Amphora ovalis* var. *pediculus*. **k:** *Gomphonema olivaceum*. **l:** *Gyrosigma spencerii*. Barras escala: 10 μ m.

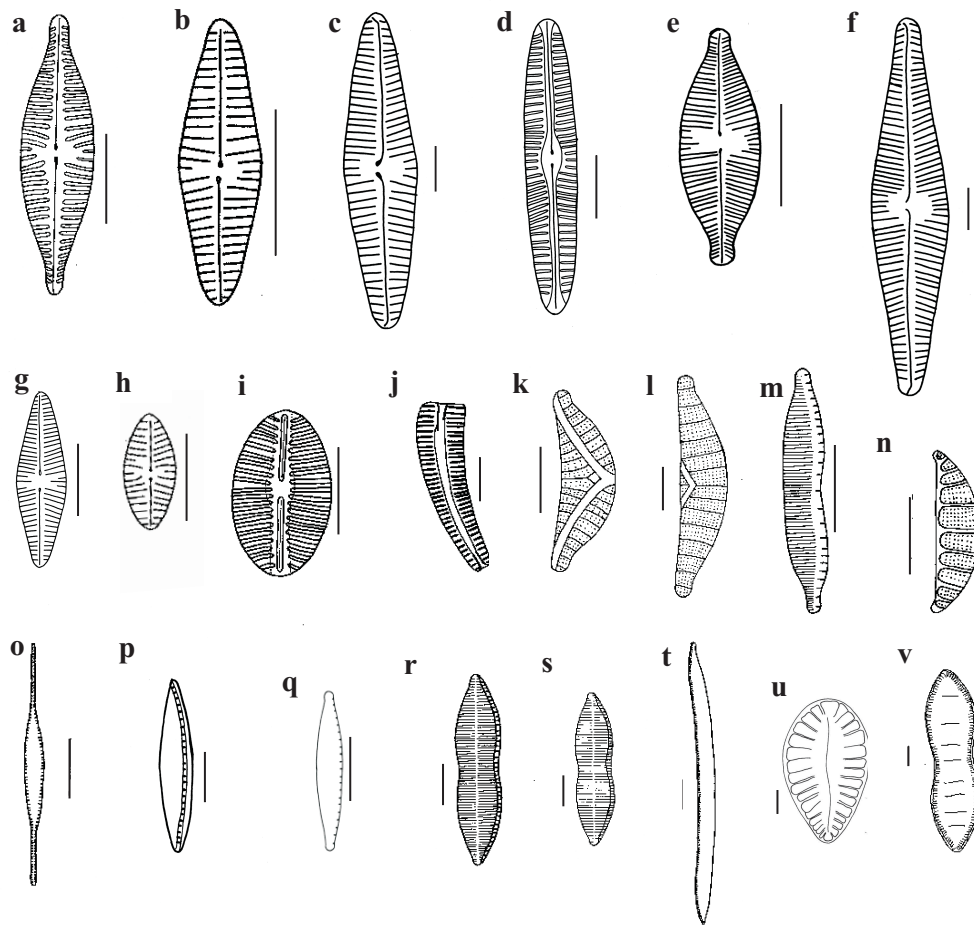


Figura 11. Bacillariophyceae. Pennales. a: *Navicula cryptocephala* var. *cryptocephala*. **b:** *Navicula cryptocephala* var. *veneta*. **c:** *Navicula peregrina*. **d:** *Navicula recens*. **e:** *Navicula exigua* var. *capitata*. **f:** *Navicula radiosa* var. *radiosa*. **g:** *Navicula radiosa* var. *tenella*. **h:** *Navicula menisculus*. **i:** *Diploneis puella*. **j:** *Rhoicosphenia abbreviata*. **k:** *Epithemia sorex*. **l:** *Epithemia adnata* var. *proboscidea*. **m:** *Hantzschia amphioxys*. **n:** *Rhopalodia operculata*. **o:** *Nitzschia acicularis*. **p:** *Nitzschia dissipata*. **q:** *Nitzschia palea*. **r:** *Nitzschia hungarica*. **s:** *Nitzschia constricta*. **t:** *Nitzschia* sp. **u:** *Surirella caspia*. **v:** *Cymatopleura solea*. Barras escala: 10 μ m; en t = 20 μ m.

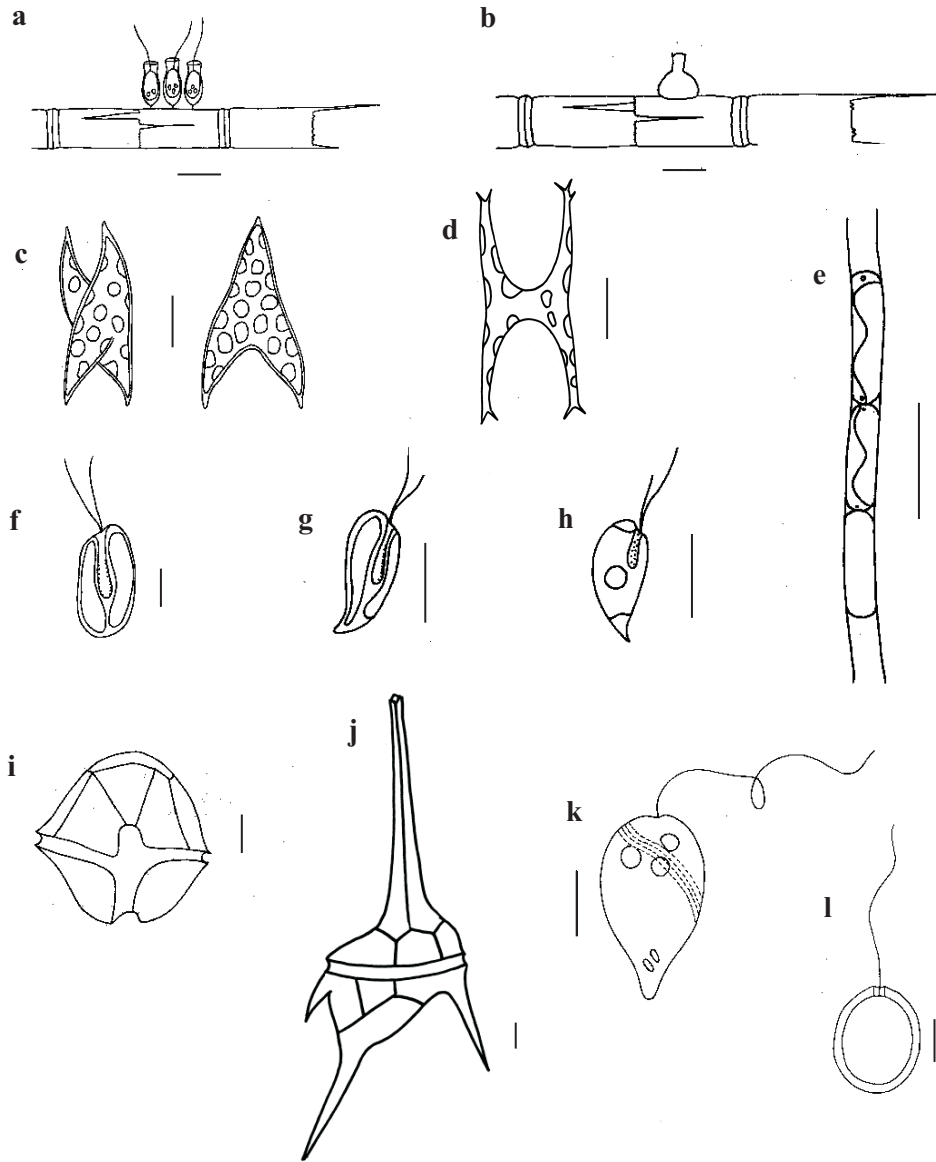


Figura 12. Chrysophyceae. Monosigales. a: *Salpingoeca* sp. **Stylococcales. b:** *Lagynion* sp. **Xanyhophyceae. Mischococcales. c:** *Tetraplektron torsum*. **d:** *Isthmochloron lobulatum*. **Tribonematales. e:** *Tribonema* sp. **Cryptophyceae. Cryptomonadales. f:** *Cryptomonas ovata*. **g:** *Cryptomonas marssonii*. **h:** *Rhodomonas lacustris*. **Dinophyceae. Peridiniales. i:** *Peridinium* sp. **j:** *Ceratium hirundinella* fa. *austriacum*. **Euglenophyceae. Euglenales. k:** *Euglena variabilis*. **l:** *Trachelomonas rotunda*. Barras escala: 10 μ m; en j = 50 μ m y en k = 20 μ m.

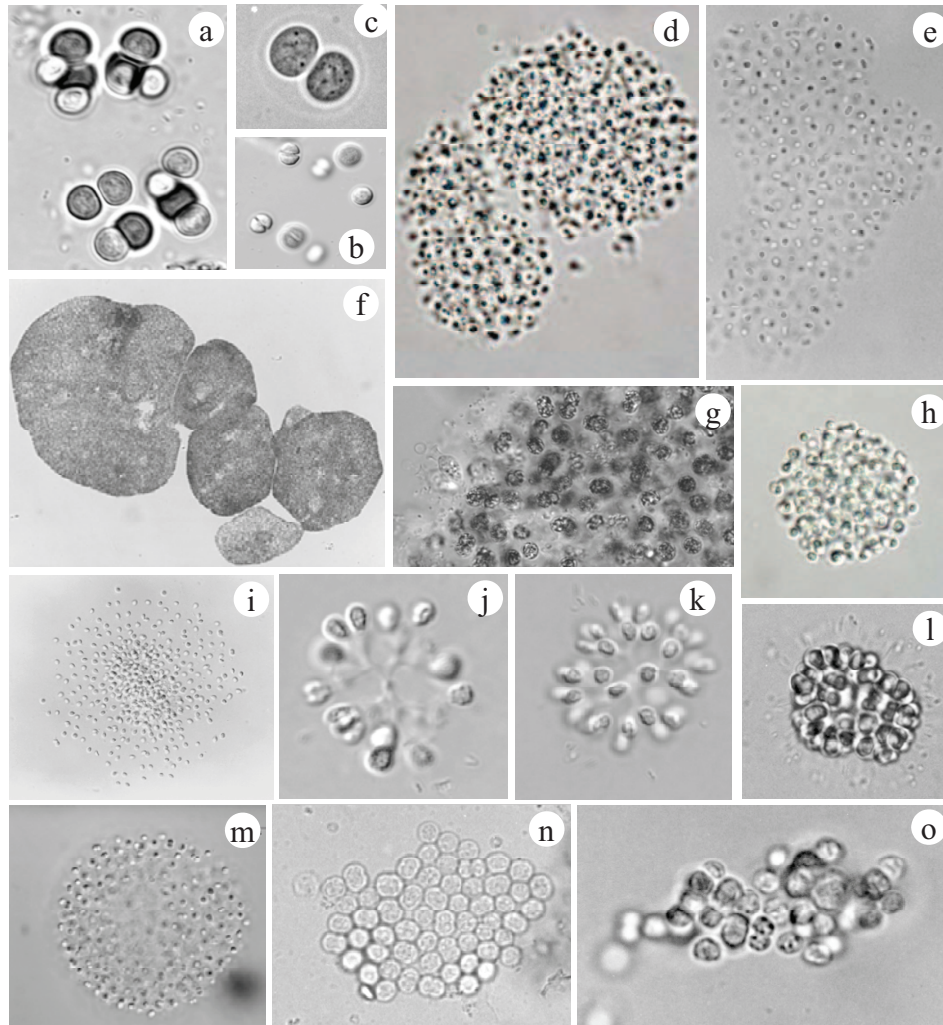


Figura 13. Algunas Cianobacterias presentes en el Embalse Paso de las Piedras. a y b. *Chroococcus limneticus*. c. *Chroococcus minutus*. d. *Aphanocapsa delicatissima*. e. *Aphanothece smithii*. f y g. *Microcystis aeruginosa*. h. *Microcystis natans*. i. *Snowella lacustris*. j y k. *Snowella fennica*. l. *Woronichinia elorantae*. m. *Coelosphaerium aerugineum*. n. *Synechocystis fuscopigmentosa*. o. *Microcystis flos-aquae*.

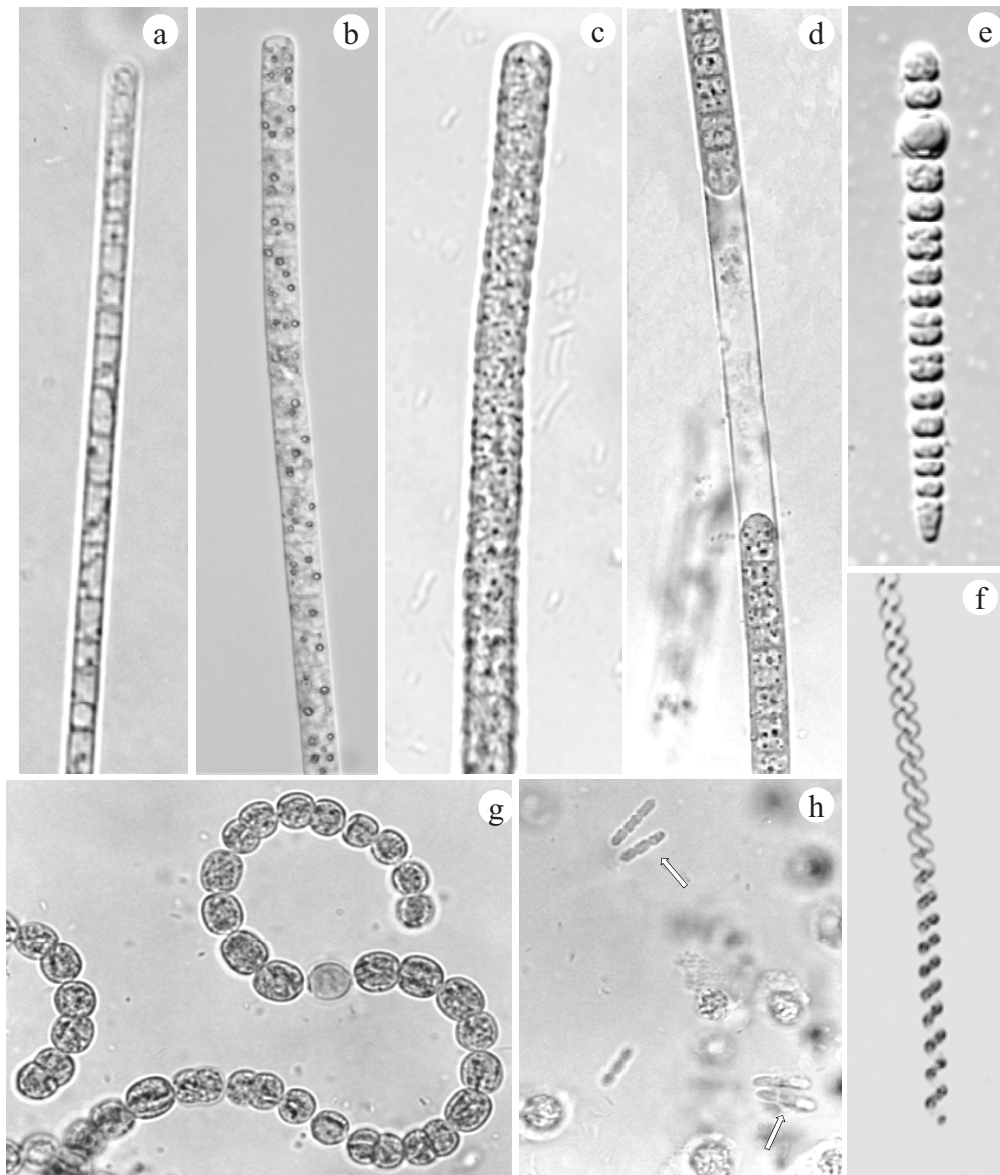


Figura 14. Algunas Cianobacterias presentes en el Embalse Paso de las Piedras.
a. *Tychonema* sp. **b.** *Limnothrix guttulata*. **c.** *Planktothrix agardhii*. **d.** *Phormidium aerugineo-caeruleum*. **e.** *Anabaena sphaerica*. **f.** *Spirulina major*. **g.** *Anabaena circinalis*. **h.** *Pseudanabaena mucicola* (flechas).

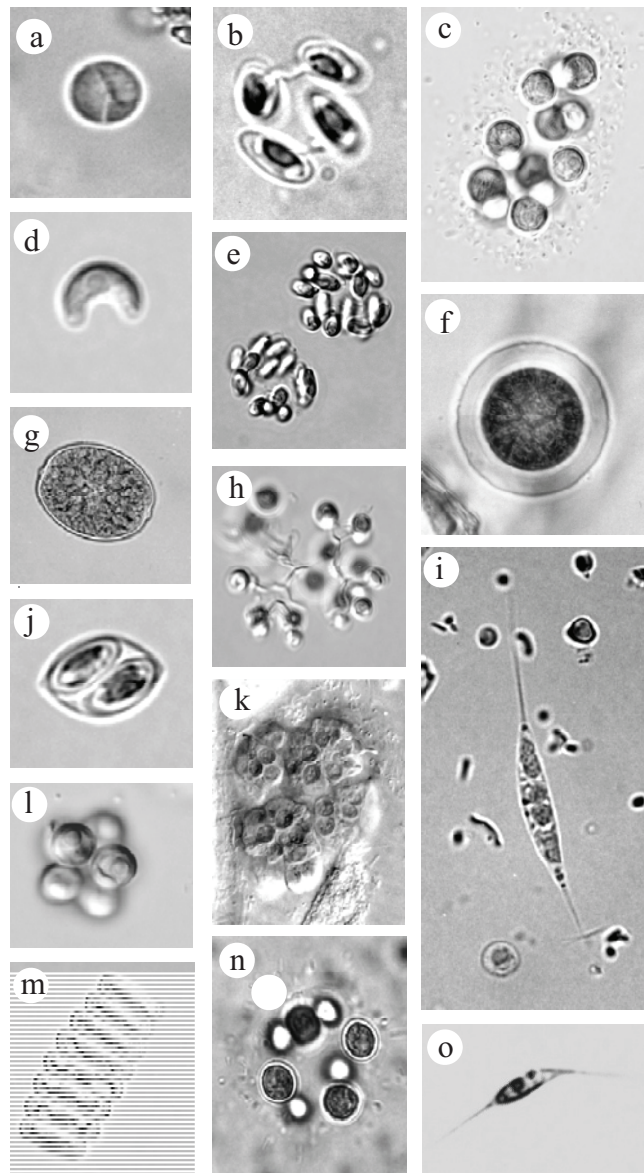


Figura 15. Algunas Clorofíceas presentes en el Embalse Paso de las Piedras.
a: *Chlorella homosphaera*. **b:** *Quadricoccus ellipticus*. **c:** *Sphaerocystis schroeteri*. **d:** *Kirchneriella* sp. **e:** *Dictyosphaerium ehrenbergianum*. **f:** *Planktosphaeria gelatinosa*. **g:** *Oocystella solitaria*. **h:** *CoelaDictyosphaerium pulchellum*. **i:** *Ankyra judayi*. **j:** *Oocystella rhomboideae*. **k:** *Botryococcus braunii*. **l:** *Coelastrum microporum*. **m:** *Scenedesmus ellipticus*. **n:** *Coenocystis planctonica* var. *planctonica* **o:** *Schroederia setigera*.

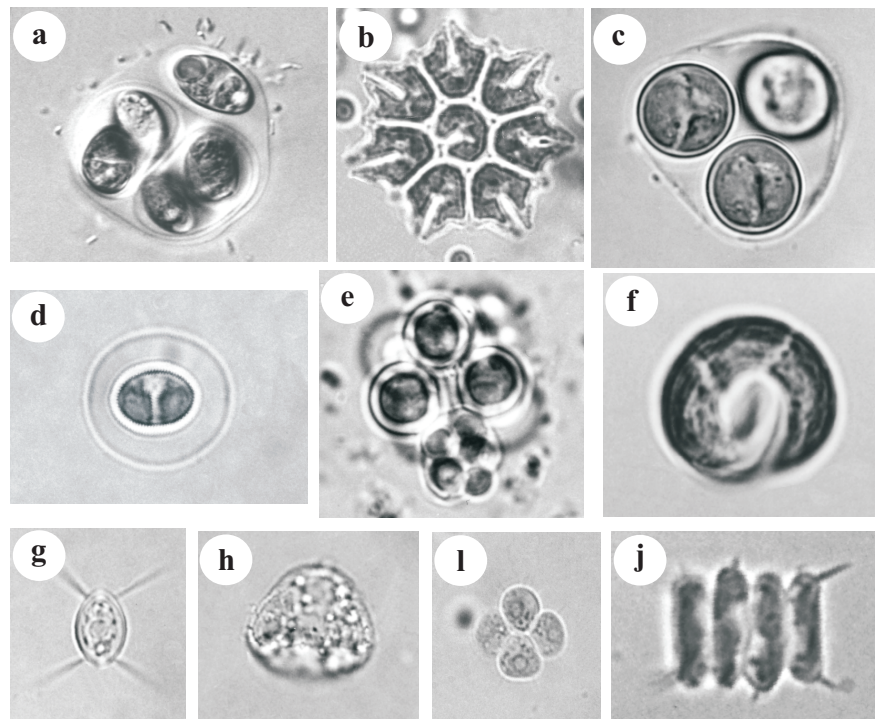


Figura 16. Algunas Cloroficeas presentes en el Embalse Paso de las Piedras. **a:** *Oocystella marssonii*. **b:** *Pediastrum tetras*. **c:** *Oocystis naegelii*. **d:** *Coenocystis planconvexa* **e:** *Coelastrum indicum*. **f:** *Monoraphidium circinale*. **g:** *Lagerheimia subsalsa*. **h:** *Tetraedron hemisphaericum*. **i:** *Tetrastrum staurogeniaeforme*. **j:** *Scenedesmus semipulcher*.

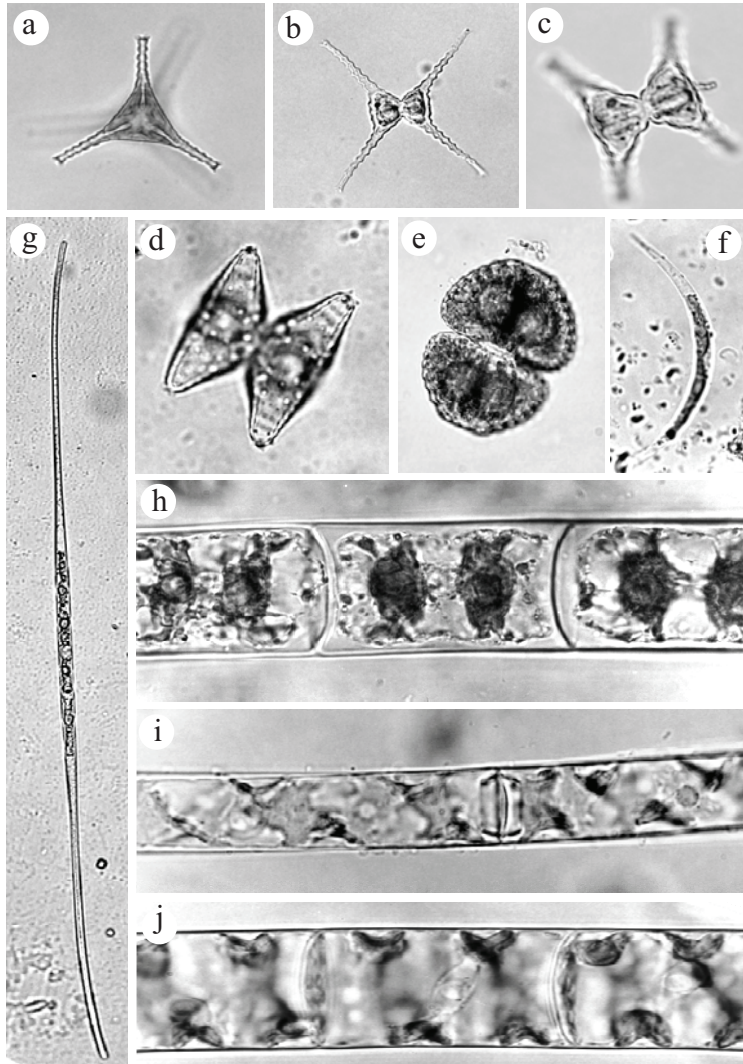


Figura 17. Algunas Zignematofíceas presentes en el Embalse Paso de las Piedras. a: *Staurastrum gracile*. **b:** *Staurastrum chaetoceros*. **c:** *Staurastrum* sp. **d:** *Staurastrum hexacerum*. **e:** *Cosmarium botrytis*. **f:** *Closterium acutum* var. *variabile*. **g:** *Closterium aciculare*. **h:** *Zygnema* sp. **i:** *Spirogyra* sp. 1. **j:** *Spirogyra* sp 2.

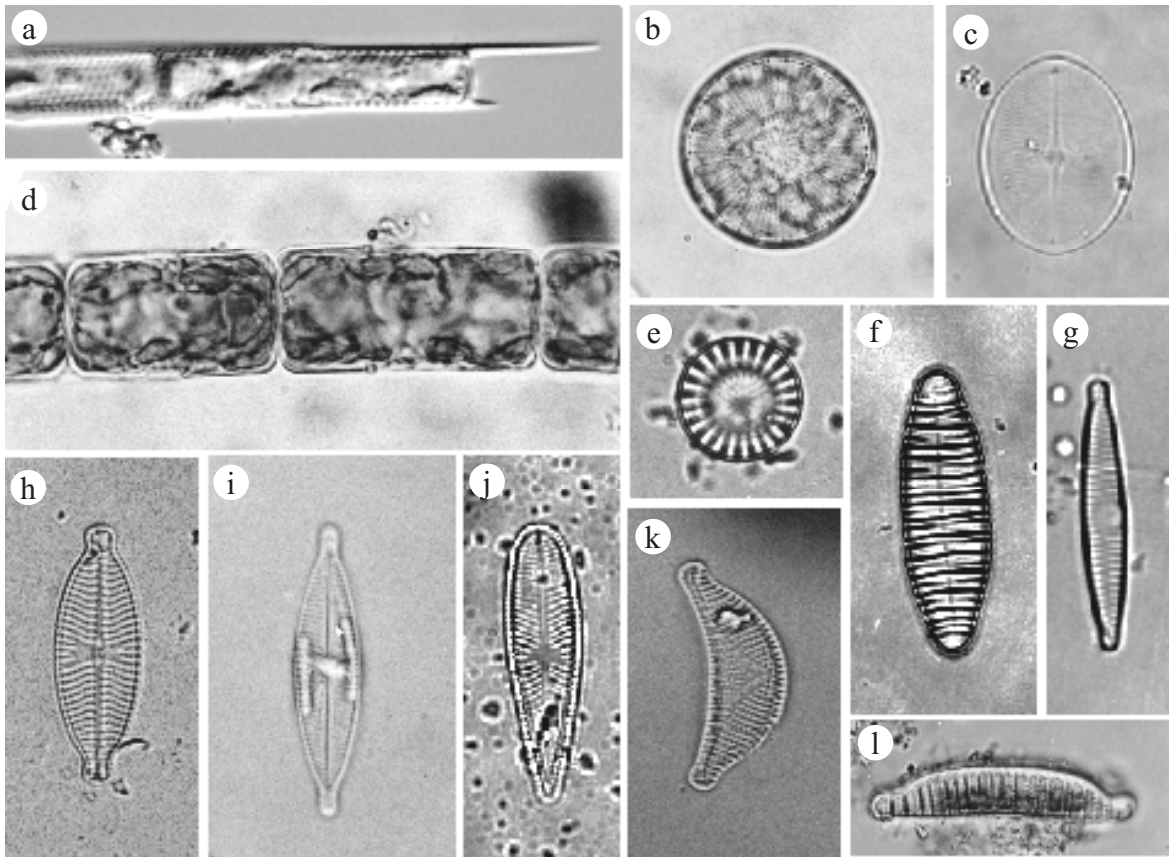


Figura 18. Algunas diatomeas presentes en el Embalse Paso de las Piedras. **a:** *Aulacoseira granulata*. **b:** *Stephanodiscus* sp. **c:** *Cocconeis placentula* var. *lineata*. **d:** *Melosira varians*. **e:** *Cyclotella meneghiniana* **f :** *Diatoma vulgare* **g:** *Fragilaria vaucheriae* **h:** *Navicula exigua* var. *capitata*. **i:** *Navicula cryptocephala* var. *cryptocephala*. **j:** *Gomphonema olivaceum*. **k:** *Epitemia sorex*. **l:** *Epitemia adnata* var. *proboscidea*.

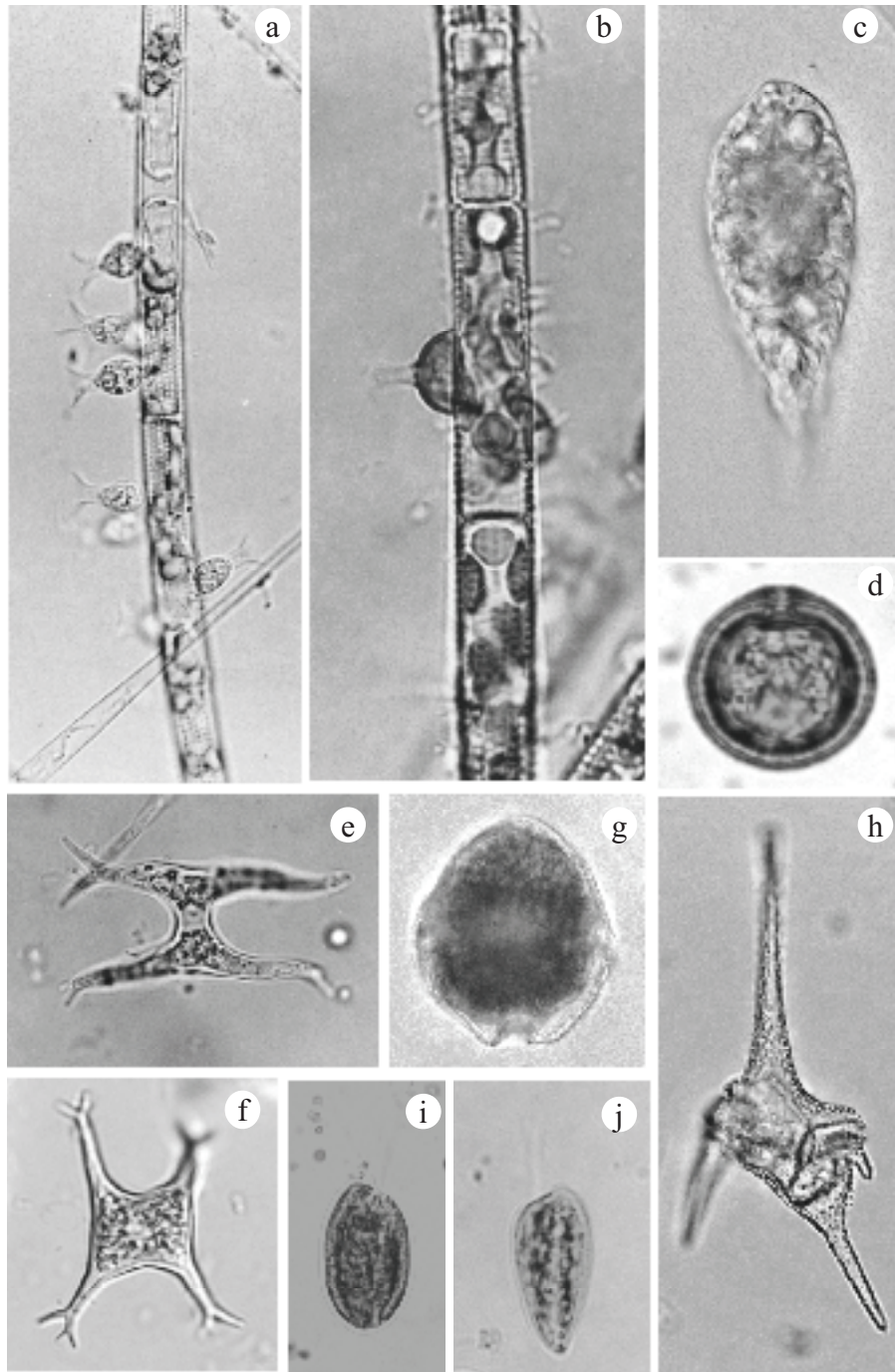


Figura 19. Otras algas presentes en el Embalse Paso de las Piedras. **a:** *Salpingoeca* sp. **b:** *Lagynion* sp. **c:** *Euglena variabilis*. **d:** *Trachelomonas rotunda*. **e y f:** *Isthmochloron lobulatum*. **g:** *Peridinium* sp. **h:** *Ceratium hirundinella* fa. *austriacum*. **i:** *Cryptomonas ovata*. **j:** *Cryptomonas marssonii*.

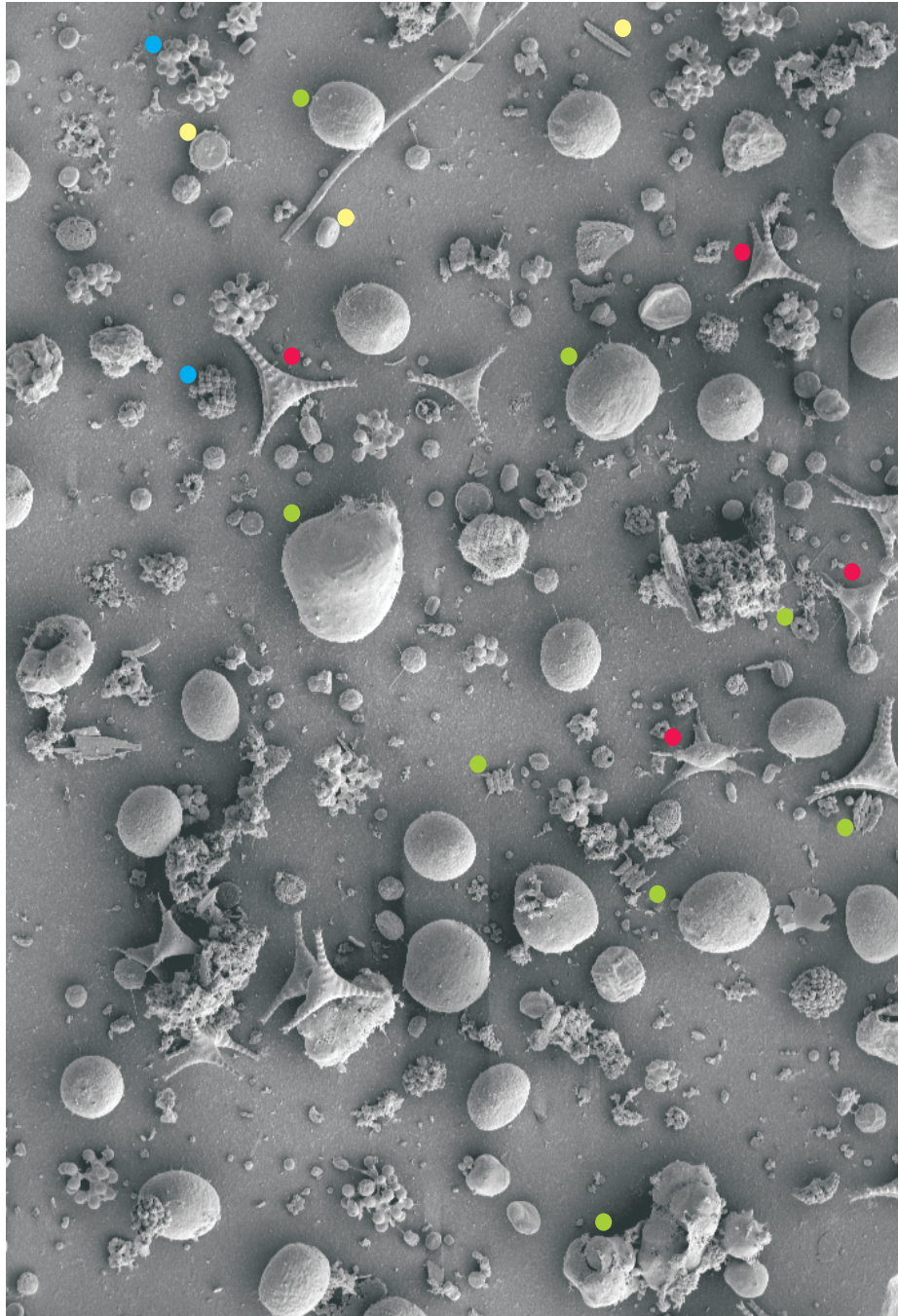


Figura 20. Fitoplancton del embalse Paso de las Piedras (MEB): ● Cianobacterias, ● Clorofíceas, ● Zignematofíceas, ● Diatomeas.

2. Caracterización limnológica del embalse Paso de las Piedras

2.1. Variables climáticas e hidrológicas

2.1.1. Precipitaciones

El total de precipitaciones registradas en el embalse Paso de las Piedras durante el período de estudio fue de 862 mm, con una precipitación total para el año 2004 de 661,4 mm. Octubre, julio y febrero de 2004 fueron los meses que registraron la mayor cantidad de días con lluvia, con 13, 12 y 12 días respectivamente (Figura 21, página 146). Las precipitaciones no presentaron una estacionalidad muy marcada, con un máximo durante el mes de diciembre de 2004 (168,8 mm), seguido por marzo (100 mm) y abril del mismo año (91 mm).

2.1.2. Viento

La velocidad diaria promedio del viento osciló entre 0,2 y 30 km.h⁻¹, con ráfagas de hasta 77 km.h⁻¹. El componente dominante anual fue el del norte, sólo los meses de abril y junio, tanto en 2004 como en 2005, presentaron una gran frecuencia de vientos de dirección oeste-noroeste y noroeste (Figura 22, página 147).

2.1.3. Nivel del embalse

Al comienzo del período de estudio el embalse se encontraba en la cota de 163 m snm con un volumen de 266,355 hm³, luego el nivel comenzó a disminuir hasta llegar a un mínimo de 162,21 m snm a finales del mes de marzo. En el mes de abril se produjo un leve aumento producto de las intensas precipitaciones que se registraron en el área y luego el nivel del lago volvió a disminuir hasta llegar a un mínimo a mediados de julio. A partir de agosto comenzó a aumentar y se mantuvo

oscilando en valores superiores a 163,4 m snm hasta fines de febrero de 2005, alcanzando un nivel máximo de 164,45 m snm, cercano a la cota máxima, durante los últimos días de diciembre de 2004, producto de las intensas lluvias registradas durante ese mes que provocaron la crecida tanto del río Sauce Grande como del arroyo El Divisorio (Figura 23, página 148).

2.1.4. Temperatura del aire

La temperatura del aire presentó una variación estacional típica, con valores mínimos en invierno y máximos en verano. La temperatura máxima absoluta fue de 29,4 °C (27/01/2004), con una temperatura máxima promedio registrada en el mes de enero de 2004 de $23,8 \pm 3,10$ °C. La mínima temperatura registrada fue de 1,4 °C (14/06/2005), con una temperatura mínima promedio en el mes de julio de 2004 de $8,33 \pm 3,49$ °C (Figura 24, página 149).

2.2. Variables fisicoquímicas

2.2.1. Temperatura del agua

La temperatura del agua presentó una variación estacional similar en las cuatro estaciones de muestreo, con valores máximos en los meses de verano (máxima promedio $21,79 \pm 1,36$ °C en enero de 2004) y mínimos en los meses de invierno (mínima promedio $8,06 \pm 1,15$ °C en julio de 2004), coincidiendo con la variación estacional en la temperatura del aire. La mínima temperatura del agua registrada fue de 6,29 °C (19/07/2004 en S3) mientras que la máxima fue de 25 °C (08/01/2004 y 26/02/2004 en S3) (Figura 25, página 150).

2.2.2. pH

El pH fue alcalino en todas las estaciones de muestreo, con un valor promedio de $8,53 \pm 0,53$, con un mínimo de 7 en agosto de 2004 en S4 y un máximo de 9,75 en septiembre de 2004 en S3 (Figura 26, página 150). No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones de monitoreo ($F=1,62$; $p=0,1849$), mientras que sí se registraron entre meses ($F=17,93$; $p<0,0001$), con valores estadísticamente mayores en los meses de primavera – verano (septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2004 y enero de 2005) con respecto a los meses de otoño – invierno (abril, mayo, junio, julio y agosto de 2004); también se hallaron diferencias entre abril y agosto de 2004 con respecto a enero, febrero y marzo de ese mismo año y febrero, marzo y abril de 2005 (Anexo 2).

2.2.3. Visibilidad del disco de Secchi y profundidad de la zona eufótica

En S1 la visibilidad del disco de Secchi presentó un máximo de 2,45 m en mayo de 2004 y un mínimo de 1,2 m en enero, febrero, marzo, agosto y diciembre de ese año y en febrero de 2005, con un promedio de $1,64 \pm 0,32$ m. En S3 los valores variaron entre 2,27 m en mayo y 1,08 m en septiembre de 2004, con un promedio de $1,43 \pm 0,25$ m (Figura 27, página 151). Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones de monitoreo ($F=17,84$; $p<0,0001$), con valores más bajos en S3 con respecto a S1. Asimismo, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre meses ($F=4,97$; $p<0,0001$), con valores para mayo de 2004 estadísticamente mayores a los meses de enero, febrero y septiembre de ese año y enero y febrero de 2005 (Anexos 3 y 4).

La profundidad de la zona eufótica (1% de la radiación solar incidente), calculada aplicando la constante de 2,7 veces la transparencia de Secchi (Margalef, 1983), en S1 varió entre un máximo de 6,62 m y un mínimo de 3,24 m, con un promedio de $4,44 \pm 0,86$ m. En S3 la profundidad de la zona eufótica varió entre 6,12 m y 2,9 m con un promedio de $3,85 \pm 0,69$ m. En S1 se registró una correlación negativa significativa entre los valores de profundidad de visión del disco de Secchi y la densidad del fitoplancton (Log_{10} células. ml^{-1}), no obstante el coeficiente de correlación fue bajo ($r_s = -0,34$; $p < 0,05$) (Figura 28, página 152); en S3 la correlación fue altamente significativa con el biovolumen ($r_s = -0,38$; $p < 0,05$) y no con la densidad ($r_s = -0,22$; $p = 0,11$) (Figura 29, página 152). Asimismo, en S3 se registró una correlación negativa altamente significativa con el nivel y con el volumen del embalse ($r_s = -0,37$; $p < 0,01$) (Figuras 30 y 31, página 153). En ninguna de las dos estaciones de muestreo se registró correlación significativa con la concentración de clorofila *a*.

2.2.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua presentó un máximo de $0,638 \text{ mS.cm}^{-1}$ en julio de 2004 en S1 y un mínimo de $0,176 \text{ mS.cm}^{-1}$ en marzo de 2004 en S3, con un valor promedio de $0,418 \pm 0,073 \text{ mS.cm}^{-1}$ (Figura 32, página 154). En S3 se registraron valores estadísticamente mayores que en las restantes estaciones ($H = 31,44$; $p < 0,0001$); asimismo se hallaron diferencias altamente significativas entre los meses ($H = 93,86$; $p < 0,0001$), con valores para junio, julio y agosto de 2004 estadísticamente superiores a los restantes meses (Anexos 5 y 6). En las cuatro estaciones de muestreo se hallaron correlaciones negativas significativas entre la conductividad del agua y el nivel y volumen del embalse (S1: $r_s = -0,38$, $p < 0,05$; S2:

$r_s=-0,49$, $p<0,05$; S3: $r_s=-0,36$, $p<0,05$; S4: $r_s=-0,46$; $p<0,05$) (Figura 33 a-d, página 155).

2.2.5. Sólidos suspendidos totales

La concentración de sólidos suspendidos en S1 presentó un amplio rango de variación, con un valor máximo de $18,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ en septiembre de 2004 y un mínimo de $0,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ en abril de 2004 (Figura 34, página 156). Se hallaron diferencias altamente significativas entre meses de muestreo ($F=3,67$; $p<0,001$), con valores en los meses de agosto y septiembre de 2004 estadísticamente mayores a los meses de abril y mayo de ese mismo año (Anexo 7). Se halló una correlación positiva significativa con el nivel y volumen del embalse ($r_s=0,37$; $p<0,05$) (Figura 35, página 157) y una correlación negativa significativa con la densidad del fitoplancton ($r_s:-0,35$; $p<0,05$) (Figura 36, página 157), aunque los coeficientes de correlación fueron bajos.

2.2.6. Nutrientes en el agua

2.2.6.1. Nitrato

El nitrato fue el compuesto de nitrógeno que se presentó en mayor concentración, con un valor máximo de $2,10 \text{ mg.l}^{-1}$ en febrero de 2004 en S2 y en agosto de 2004 en S1 y un mínimo de $0,70 \text{ mg.l}^{-1}$ en marzo de 2004 en S2 y S4 y en abril de 2004 en S1 y S3; con un valor promedio para el período de estudio de $1,34 \pm 0,25 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figura 37, página 158). Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($H=15,44$; $p<0,01$), con concentraciones mayores para la estación S1 con respecto a las restantes. Asimismo, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre meses ($H=100,28$; $p<0,001$) (Anexos 8 y 9).

2.2.6.2. Nitrito

El nitrito presentó valores que fueron desde un máximo de 0,11 mg.l⁻¹ en enero de 2004 en S1 hasta un mínimo de 0,005 mg.l⁻¹ en febrero del mismo año en S3; con un promedio de 0,02 ± 0,01 mg.l⁻¹ (Figura 38, página 158). No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo (H=0,34; p=0,95) y si se registraron diferencias entre meses (H=45,75; p<0,001) (Anexos 10 y 11).

2.2.6.3. Amonio

El amonio siempre presentó concentraciones menores al límite de detección del método empleado (0,05 mg.l⁻¹).

2.2.6.4. Fósforo total

El fósforo total presentó un valor máximo de 1,83 mg.l⁻¹ en febrero de 2005 en S1 y un mínimo de 0,18 mg.l⁻¹ en marzo de 2004 en S4; con una concentración promedio para el período estudiado de 0,43 ± 0,15 mg.l⁻¹ (Figura 39, página 159). No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo (H=5,1; p=0,16) y si se registraron diferencias entre meses (H=117,3; p<0,001) (Anexos 12 y 13).

2.2.6.5. Fósforo reactivo soluble

El fósforo reactivo soluble presentó valores que van desde un máximo de 0,83 mg.l⁻¹ en febrero de 2004 en S1 a un mínimo de 0,03 mg.l⁻¹ en abril de ese año en S4,

con un promedio de $0,23 \pm 0,09 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figura 40, página 159). No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($H=1,33$; $p=0,72$) y si se registraron diferencias entre meses ($H=131,43$; $p<0,001$) (Anexos 14 y 15).

2.2.6.6. Sílice

El sílice presentó grandes variaciones a lo largo del período de muestreo con un máximo de 6 mg.l^{-1} en febrero de 2005 en S3 y un mínimo de $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$ en junio de ese mismo año en S2, con un valor medio de $1,1 \pm 0,98 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figura 41, página 160). La estación S3 presentó las variaciones más marcadas en la concentración de sílice y los valores más elevados, no obstante no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($H=6,36$; $p=0,095$) y si se registraron diferencias entre meses ($H=109,16$; $p<0,001$) (Anexos 16 y 17).

2.2.7. Relación N:P

La relación N:P (calculada como nitrato + nitrito / fósforo reactivo soluble) presentó un valor máximo de 40,27 en abril de 2004 en S4 y un mínimo de 0,83 en febrero de 2005 en S1. Tanto el máximo como el mínimo se debieron a valores extremos en la concentración de fósforo reactivo soluble más que a un aumento o disminución de alguno de los compuestos de nitrógeno.

Excepto por los dos valores extremos, la relación N:P se mantuvo oscilando entre valores de 2 y 14, con un promedio para el período de estudio de $6,72 \pm 3,31$, valor muy próximo a la relación de Redfield (relación atómica 16:1; relación molar 7:1) (Figura 42, página 160).

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($F=0,47$; $p=0,7$) y si se registraron diferencias entre meses ($F=9,76$; $p<0,001$) (Anexo 18).

2.2.8. Carbono total y nutrientes en el sedimento

Durante 4 muestreos realizados en la zona limnética del embalse, accediendo mediante una embarcación, se obtuvieron muestras de sedimentos. La concentración de carbono total (CT) presentó un valor medio de $4,69 \pm 0,95 \text{ mg.g}^{-1}$ con un rango de variación entre $3,06$ y $5,96 \text{ mg.g}^{-1}$; el fósforo total (TP) presentó un valor medio de $0,679 \pm 0,104 \text{ mg.g}^{-1}$, oscilando entre $0,502$ y $0,822 \text{ mg.g}^{-1}$; el nitrógeno total (NT) presentó un valor medio de $0,43 \pm 0,08 \text{ mg.g}^{-1}$, variando entre un máximo de $0,536$ y un mínimo de $0,258 \text{ mg.g}^{-1}$; el nitrógeno de nitrato (N-NO_3^-) presentó una media de $0,0159 \pm 0,006 \text{ mg.g}^{-1}$, con un rango de variación entre $0,007$ y $0,03 \text{ mg.g}^{-1}$; el nitrógeno de amonio (N-NH_4^+) fue el compuesto nitrogenado que se presentó en mayor concentración en el sedimento, con un valor promedio de $0,221 \pm 0,053 \text{ mg.g}^{-1}$ y un rango de variación entre $0,109$ y $0,275 \text{ mg.g}^{-1}$. Tanto el CT como el NT presentaron siempre valores menores en S2 (Figura 43, página 161).

2.3. Clorofila *a*

La clorofila *a* presentó una concentración máxima $70,03 \text{ mg.m}^{-3}$ en octubre de 2004 en S3 y una mínima de $2,17 \text{ mg.m}^{-3}$ en S2 durante el mismo mes. El valor promedio para el período junio de 2004 – junio de 2005 fue de $22,26 \pm 13,09 \text{ mg.m}^{-3}$ (Figura 44, página 162). Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($F=3,36$; $p<0,05$), con concentraciones más elevadas para

la estación S3 con respecto a S1; asimismo, se registraron diferencias altamente significativas entre meses ($F=5,167$; $p<0,001$) (Anexo 19). En general las variaciones más marcadas en la concentración de clorofila *a* se observaron en S3.

2.4. Análisis de componentes principales (ACP)

Las tres primeras componentes explicaron un 67% de la variabilidad de los datos. La CP 1 (36 %) estuvo relacionado principalmente con la temperatura, tanto del agua como del aire, y en menor medida con la concentración de fósforo, tanto fósforo total (TP) como fósforo reactivo soluble (SRP); la CP 2 (20%) estuvo relacionado principalmente con el nivel del lago y el pH y la CP 3 (11%) con la concentración de nitratos. No obstante, el pH y el TP tuvieron un porcentaje de reconstrucción que no superó al 70% con las tres primeras componentes.

Con respecto al eje 1 se separaron las muestras de verano, asociadas a altos valores de temperatura, de las de invierno; mientras que las de otoño y primavera quedaron cercanas al origen; asimismo para el mes de abril de 2004 se separó la estación S4 de las restantes, esto se debe a que en dicha estación se registró un valor anormalmente bajo de SRP. Con respecto al eje 2, se separaron los muestreo de enero, febrero, mayo y junio de 2004 de los de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2004 y enero de 2005; al observar los datos originales se puede ver que a partir de agosto de 2004 hay un aumento en el nivel del lago, a su vez, los valores de pH también aumentaron durante la primavera del 2004. Con respecto al eje 3 se separaron las muestras de agosto de 2004 (S1, S2 y S3), que estuvieron asociadas a altas concentraciones de nitrato, de las de marzo de 2004 (S2 y S4) y abril 2004 (S1 y S3), asociadas a bajas concentraciones de este nutriente (Figura 45, página 163).

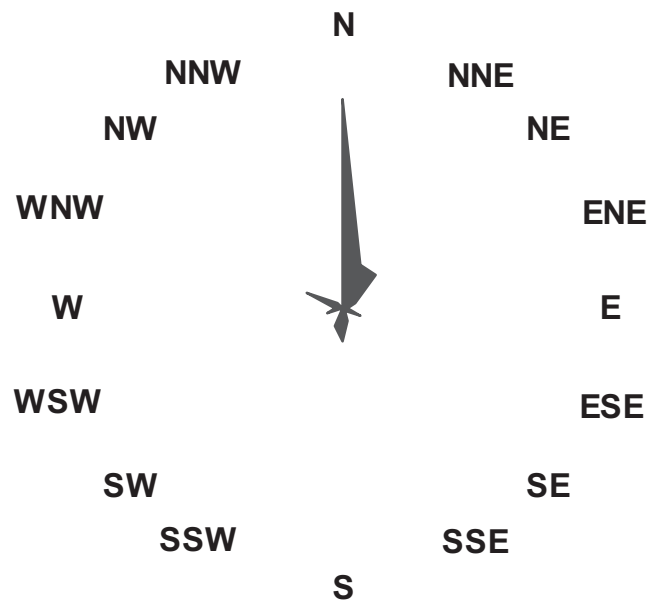


Figura 22. Rosa de los vientos para el período enero 2004 – junio 2005 en el Embalse Paso de las Piedras.

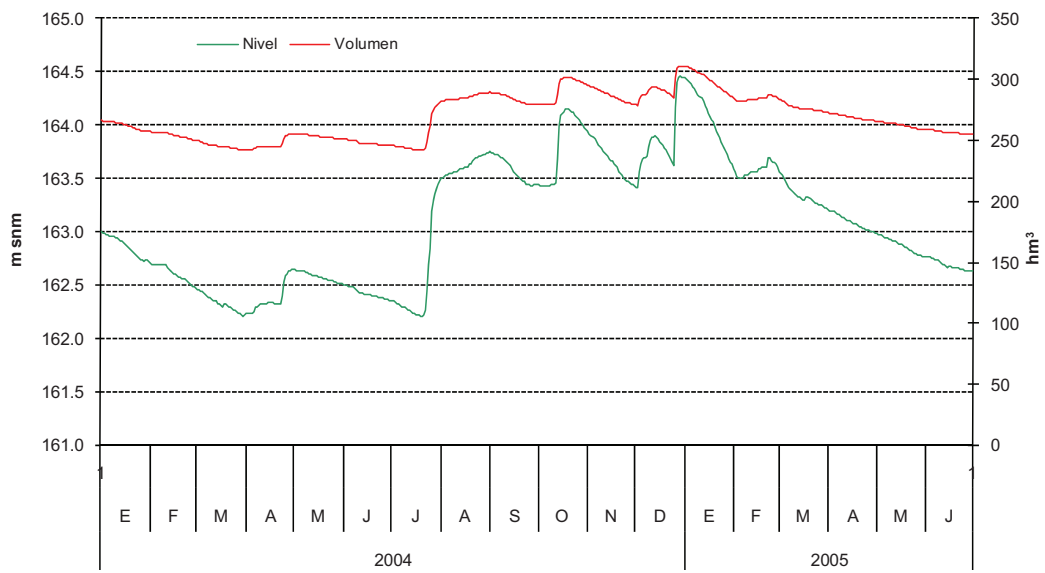


Figura 23. Variaciones en el nivel (m snm) y en el volumen (hm³) del embalse Paso de las Piedras para el período enero 2004 – junio 2005.

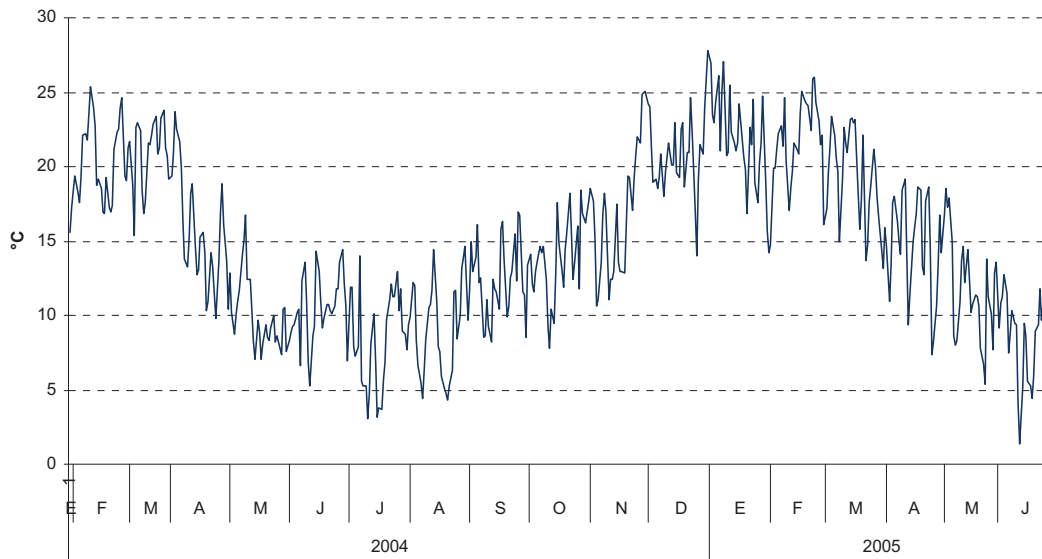


Figura 24. Variaciones de la temperatura del aire (°C) para el período enero 2004 – junio 2005

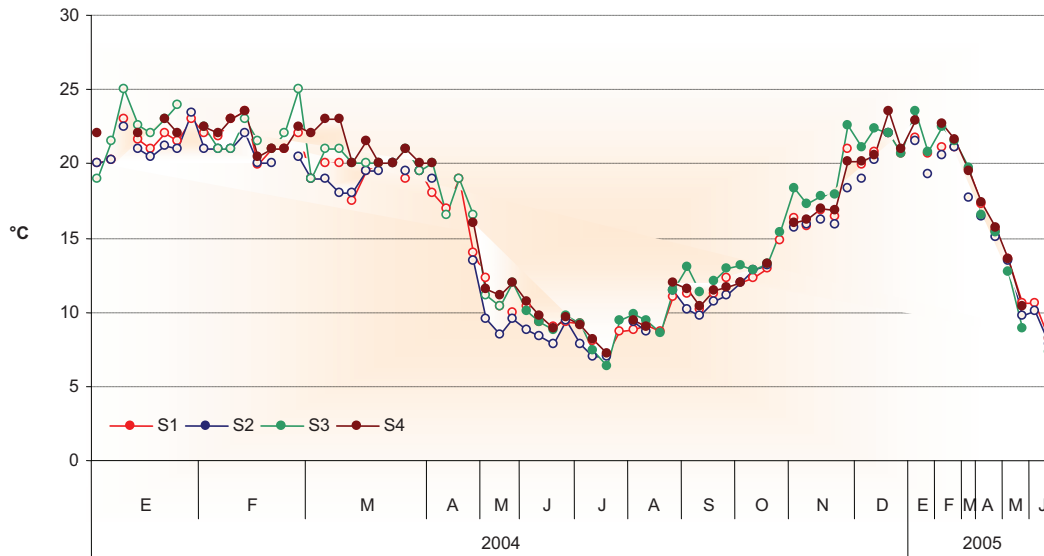


Figura 25. Variaciones de la temperatura del agua (°C) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

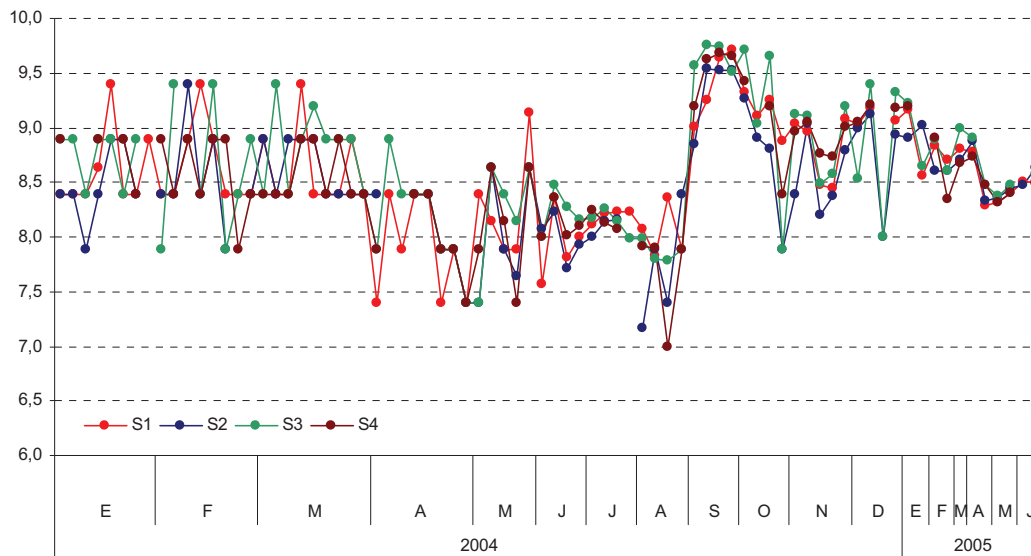


Figura 26. Variaciones en el pH en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

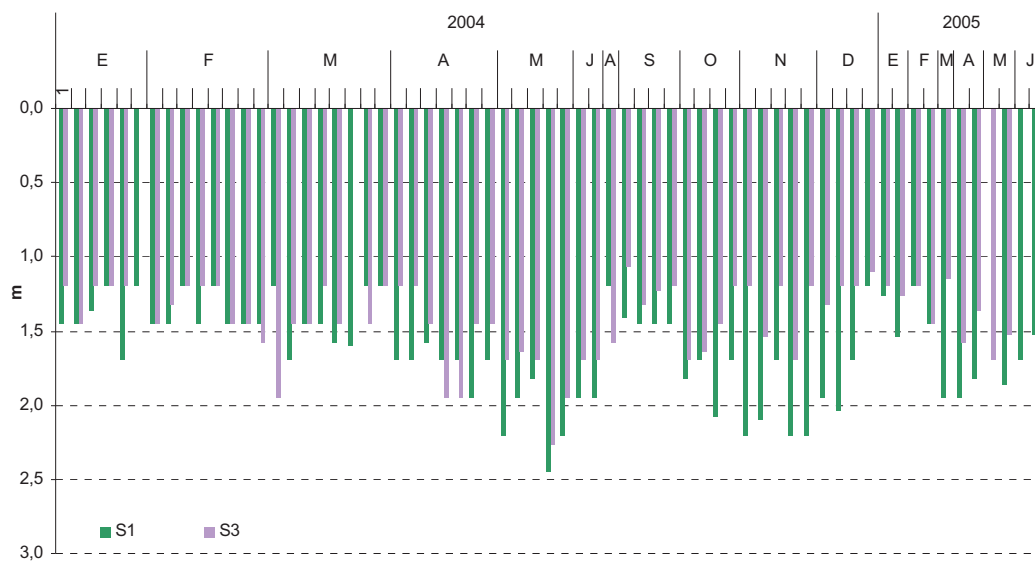


Figura 27. Variaciones en la profundidad de visión del disco de Secchi (m) en las estaciones S1 y S3 entre enero de 2004 y junio de 2005.

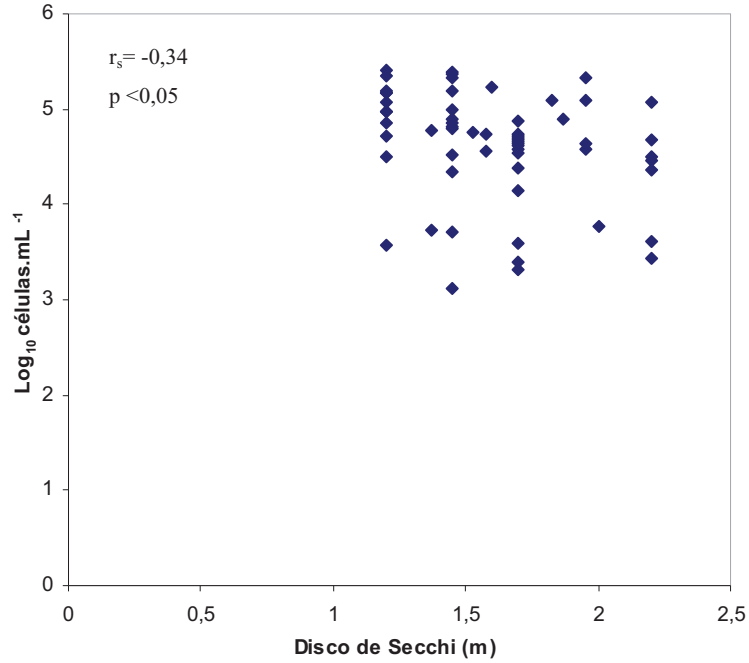


Figura 28. Relación entre la profundidad de visión del disco de Secchi (m) y la densidad del fitoplancton (Log_{10} células.mL⁻¹) en la estación S1.

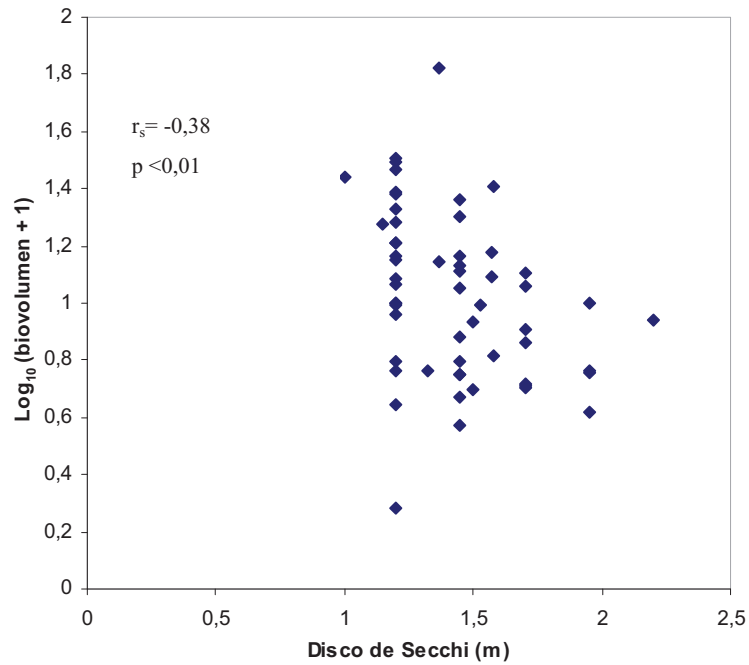


Figura 29. Relación entre la profundidad de visión del disco de Secchi (m) y el biovolumen del fitoplancton (Log_{10} (biovolumen+1)) en la estación S3.

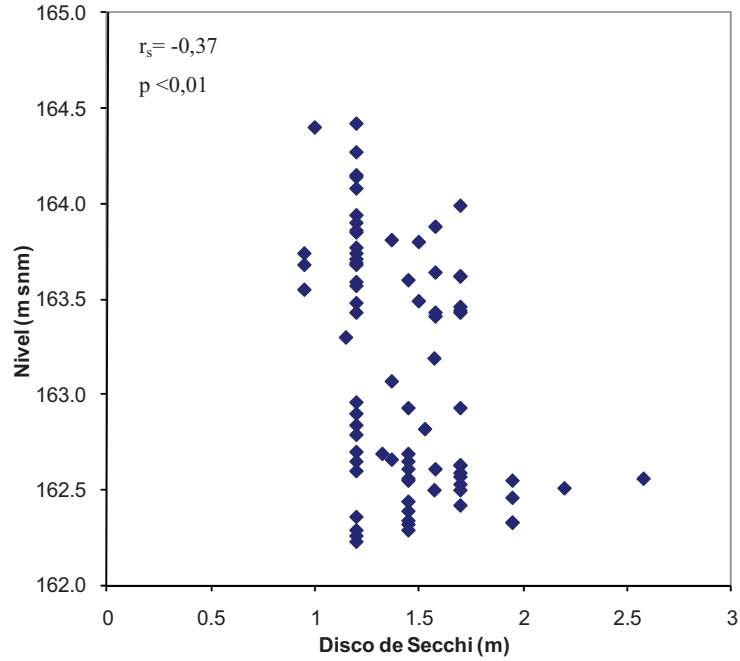


Figura 30. Relación entre la profundidad de visión del disco de Secchi (m) y el nivel del embalse (m snm) en la estación S3.

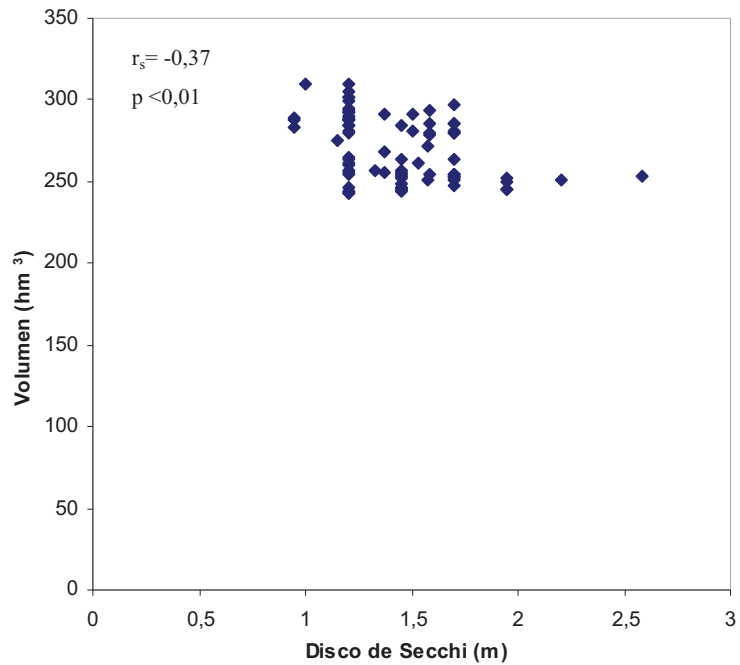


Figura 31. Relación entre la profundidad de visión del disco de Secchi (m) y el volumen del embalse (hm³) en la estación S3.

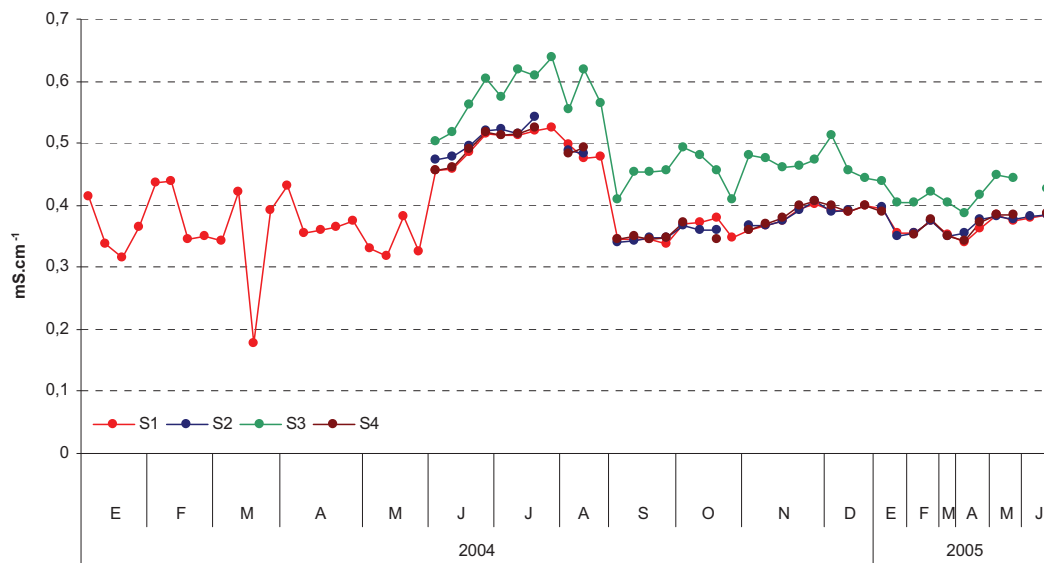


Figura 32. Variaciones en la conductividad eléctrica del agua ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) en S1 durante todo el período de estudio y en S2, S3 y S4 entre junio de 2004 y junio de 2005.

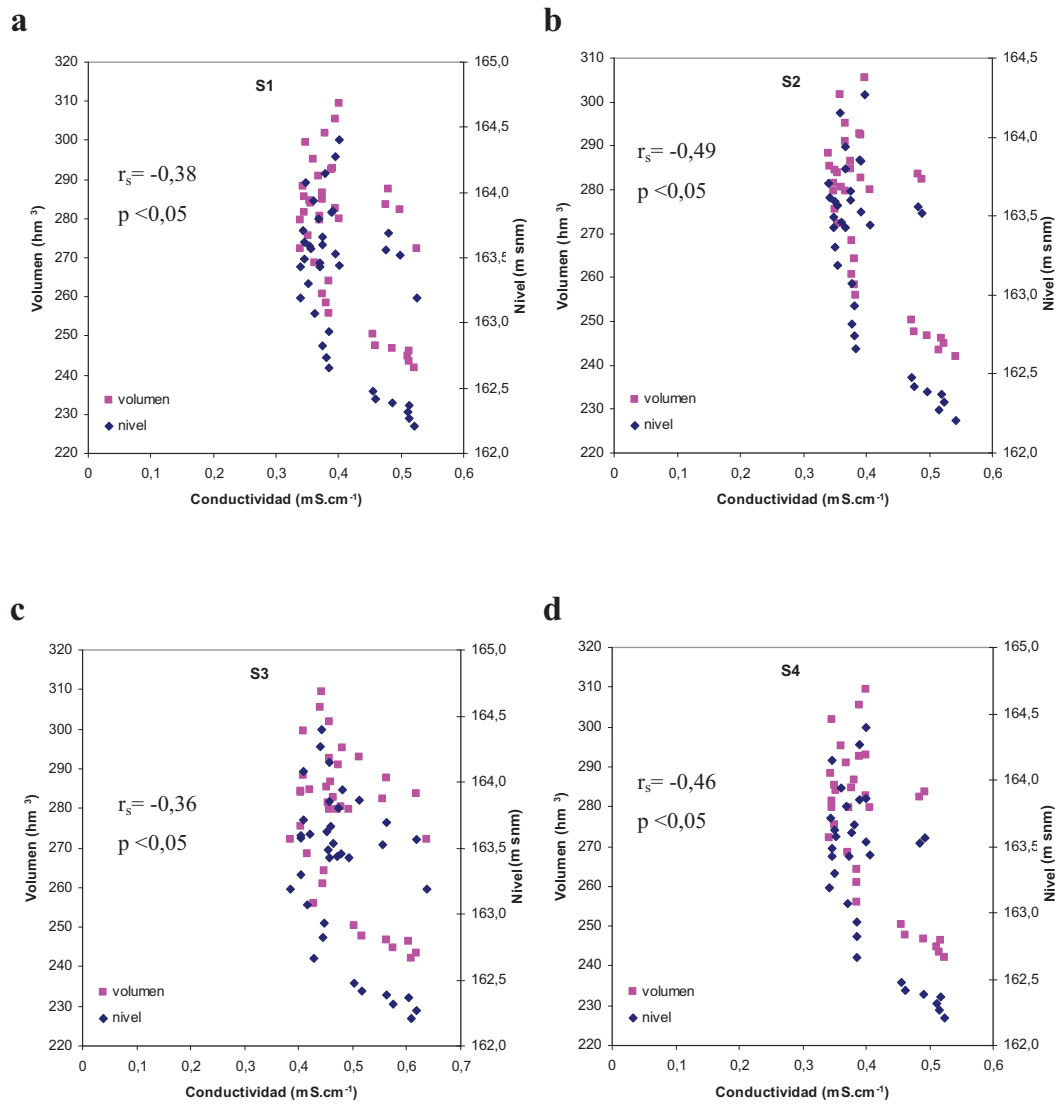


Figura 33. Relación entre la conductividad (mS.cm⁻¹) y el volumen (hm³) y nivel (m snm) del embalse en las distintas estaciones de muestreo. **a.** S1. **b.** S2. **c.** S3. **d.** S4.

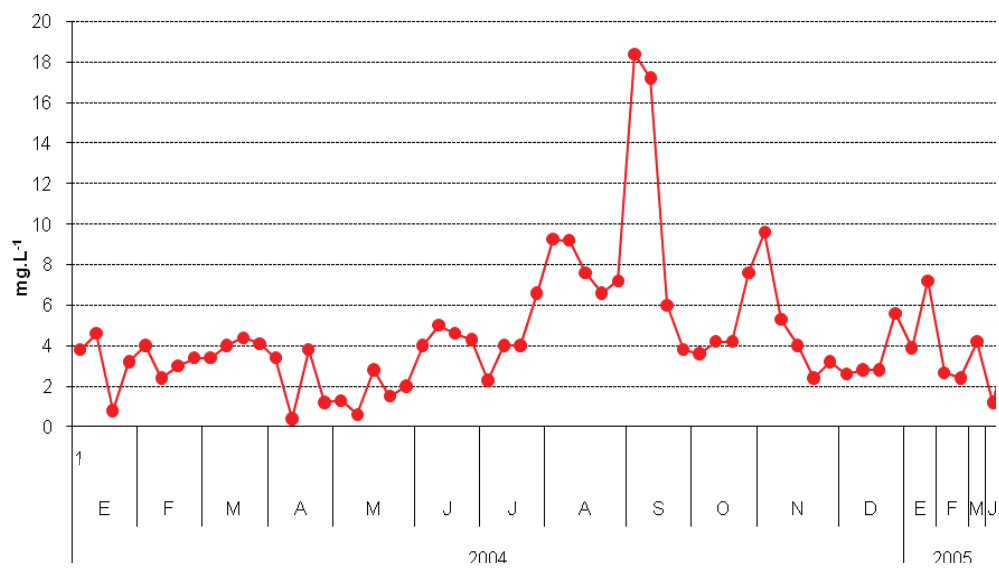


Figura 34. Variaciones en la concentración de sólidos suspendidos totales (TSS) (mg.l⁻¹) en S1.

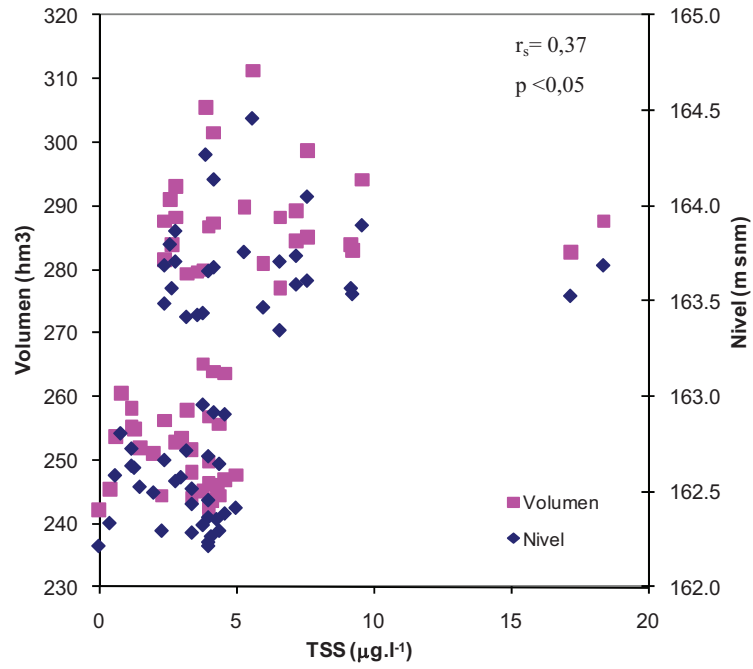


Figura 35. Relación entre los sólidos suspendidos (TSS) ($\mu\text{g.l}^{-1}$) y el volumen (hm^3) y nivel (m snm) del embalse en la estación S1.

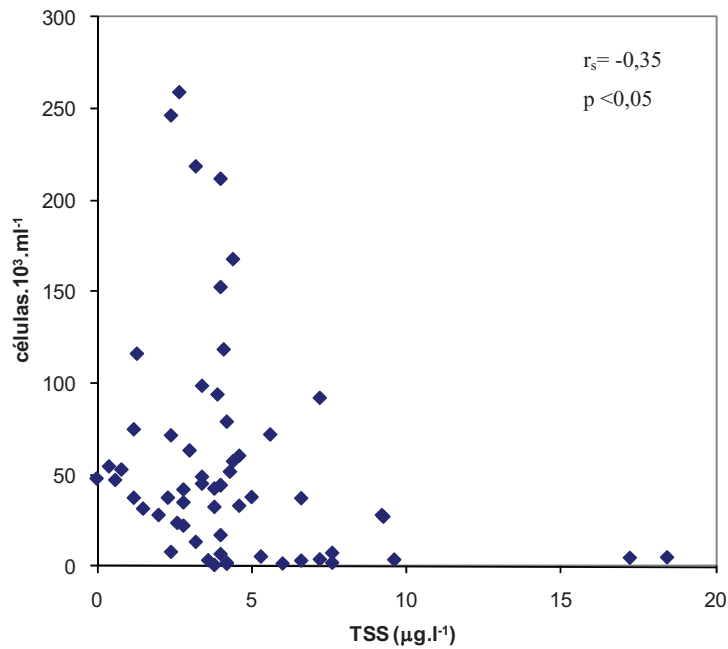


Figura 36. Relación entre los sólidos suspendidos (TSS) ($\mu\text{g.l}^{-1}$) y la densidad del fitoplancton ($\text{células} \cdot 10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$) en la estación S1.

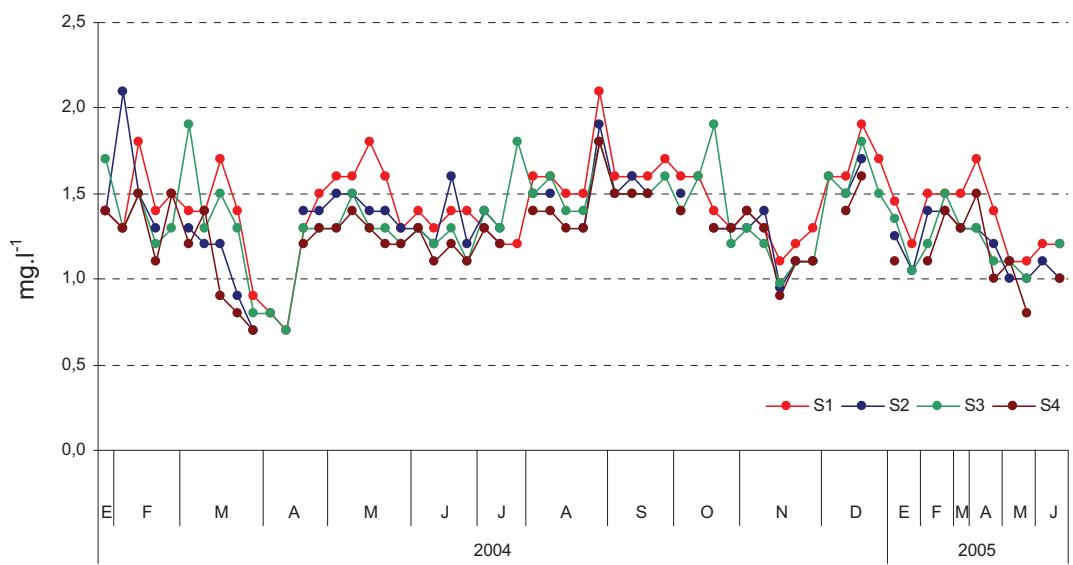


Figura 37. Variaciones en la concentración de nitrato (mg.l^{-1}) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

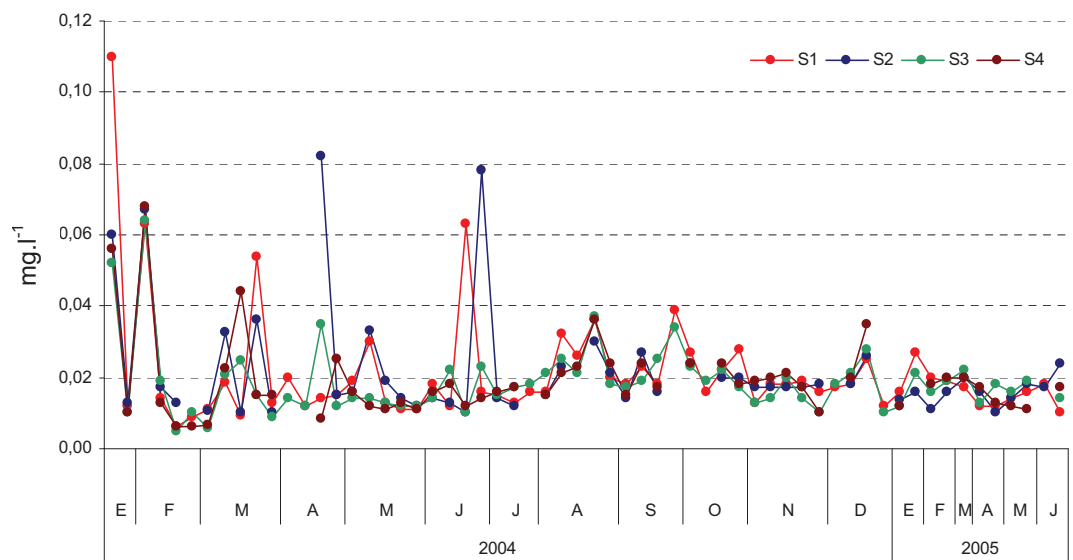


Figura 38. Variaciones en la concentración de nitrito (mg.l^{-1}) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

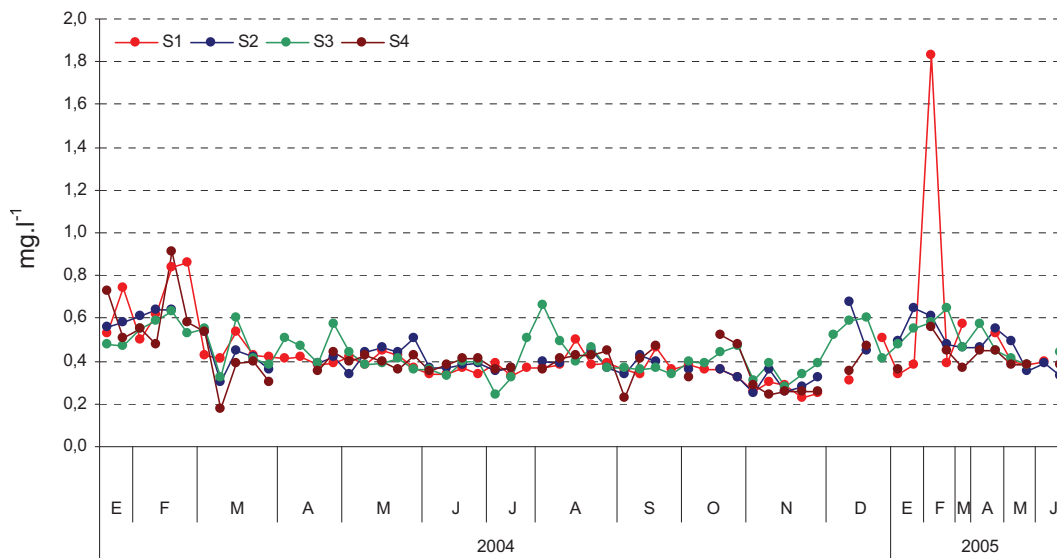


Figura 39. Variaciones en la concentración de fósforo total (mg.l⁻¹) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

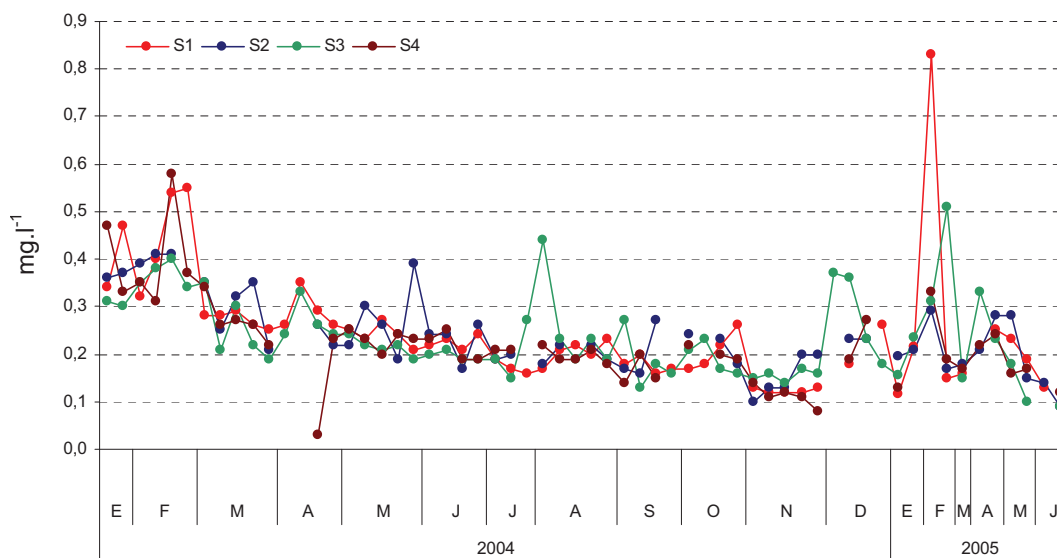


Figura 40. Variaciones en la concentración de fósforo reactivo soluble (mg.l⁻¹) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

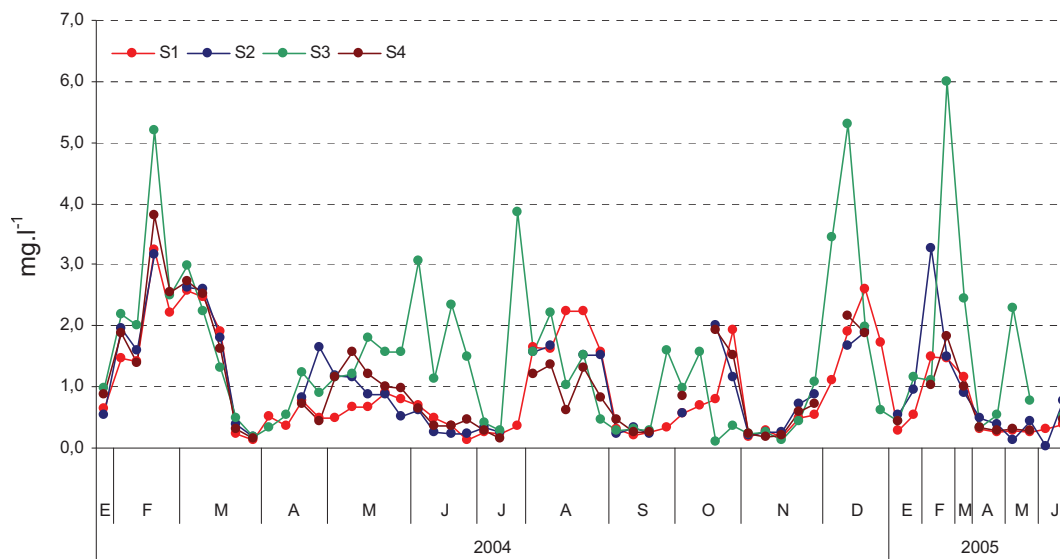


Figura 41. Variaciones en la concentración de sílice (mg.l^{-1}) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

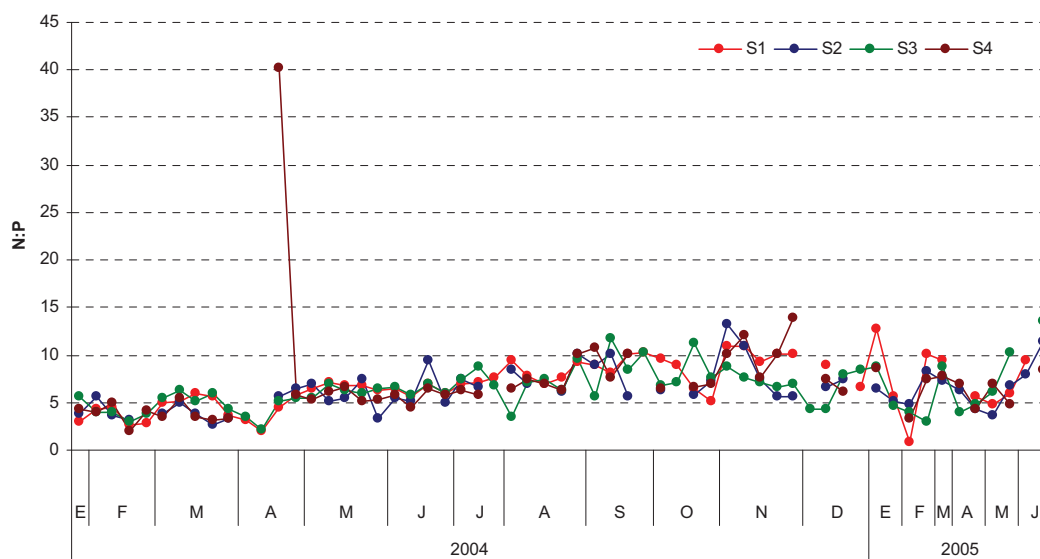


Figura 42. Variaciones en la relación N:P en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

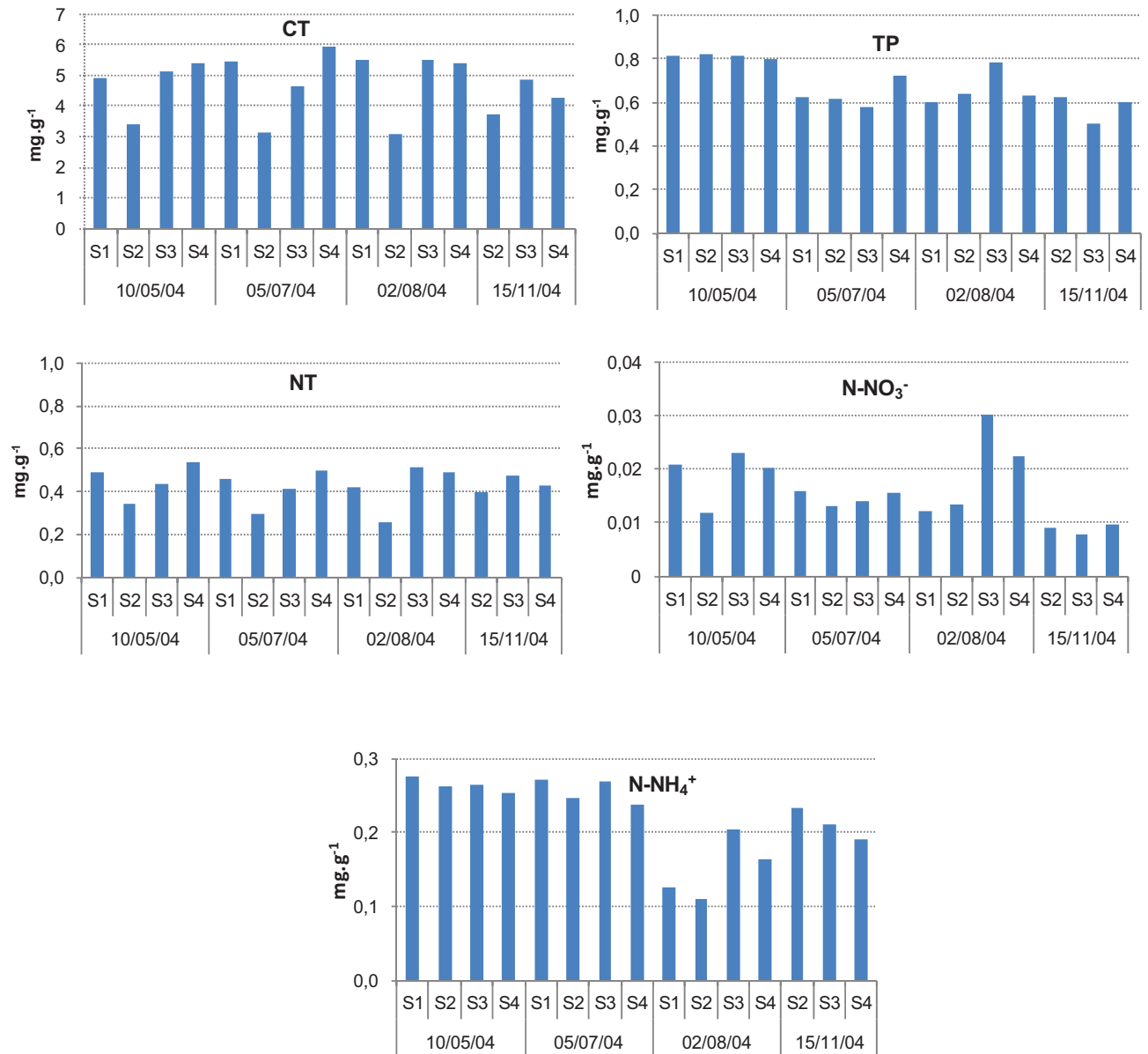


Figura 43. Concentración (mg.g⁻¹) de carbono total (CT) y nutrientes (NT: nitrógeno total, TP: fósforo total; N-NO₃⁻: nitrógeno de nitrato; N-NH₄⁺: nitrógeno de amonio) en muestras de sedimento en las cuatro estaciones de muestreo.

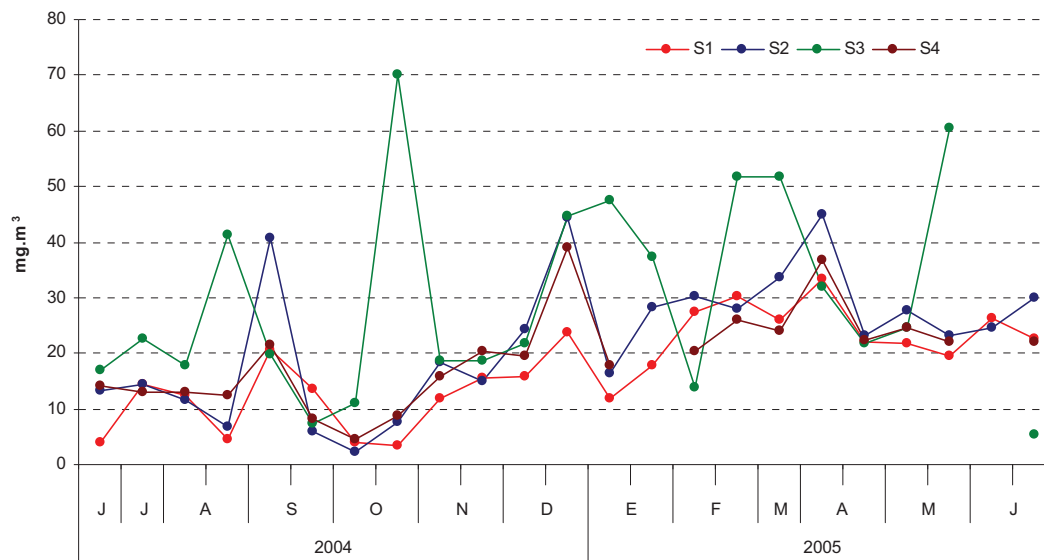


Figura 44. Variaciones en la concentración de clorofila *a* ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) en las cuatro estaciones de monitoreo entre junio de 2004 y junio de 2005.

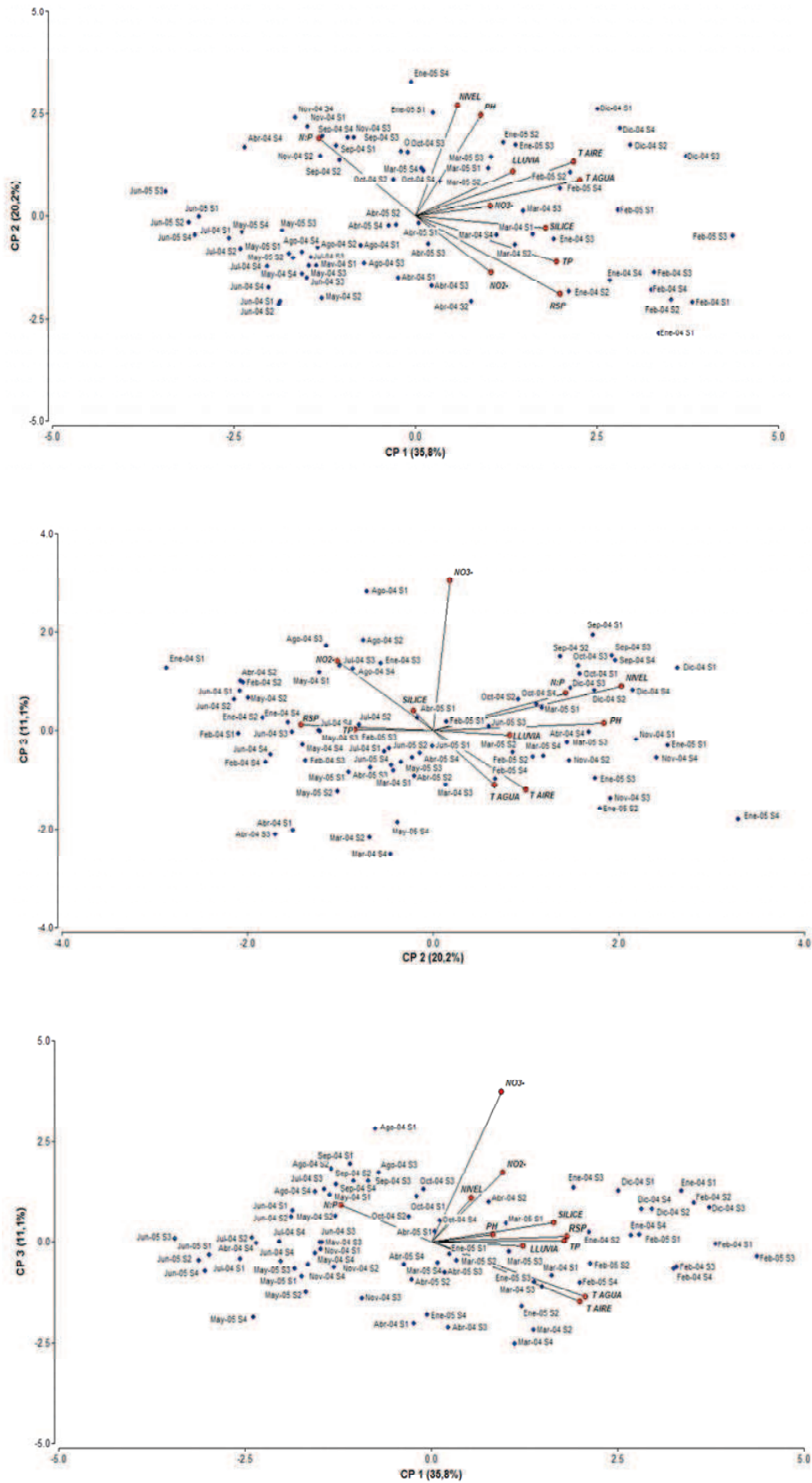


Figura 45. Análisis de componentes principales (ACP) realizado sobre las variables abióticas: lluvia, temperatura del aire (T aire), temperatura del agua (T agua), pH, nivel del embalse, fósforo total (TP), fósforo reactivo soluble (RSP), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), sílice y relación N:P (N:P).

3. Estado trófico actual y calidad del agua

3.1. Esquemas de clasificación de la OCDE

De acuerdo con el sistema de clasificación de límite fijo de la OCDE (Tabla 3, página 43) el embalse Paso de las Piedras actualmente puede considerarse **hipertrófico** sobre la base de:

- la concentración media anual de fósforo total en las cuatro estaciones de muestreo;
- la profundidad media anual de visión del disco de Secchi en la estación S3 y
- la concentración media anual de clorofila *a* en la estación S3.

Cuando se consideraron estos dos últimos parámetros en las estaciones S1, S2 y S4 junto a

- el mínimo valor anual de profundidad de visión del disco de Secchi en todas las estaciones y
 - el máximo valor anual de concentración de clorofila *a* en todas las estaciones,
- el embalse se correspondió con la categoría de lago **eutrófico** (Tabla 7, página 170).

Al aplicar el sistema de límites abiertos de la OCDE (Tabla 4, página 44) se arribó virtualmente a las mismas conclusiones (Tabla 8, página 171), con una probabilidad muy alta (>90%) para la categoría de lago hipertrófico en las cuatro estaciones de muestreo considerando las concentraciones de fósforo total.

Lo mismo ocurrió en las estaciones S1 y S3 cuando se consideró la profundidad de visión del disco de Secchi, con probabilidades para la categoría de hipertrófico superiores al 50%.

Cuando se tuvieron en cuenta las variaciones de la concentración de clorofila *a*, tanto promedio como máximas, las cuatro estaciones de muestreo presentaron

mayores probabilidades para la categoría de lago eutrófico, con excepción de S3 para el parámetro clorofila *a* media que presentó la misma probabilidad para las categorías de lago **hipertrófico** y **eutrófico**.

3.2. Índice de estado trófico de Carlson (TSI)

Al calcular el índice de Carlson para cada fecha de muestreo, con el fin de evaluar las variaciones en el estado trófico del embalse a lo largo del período de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El TSI basado en la concentración de fósforo total (TSI (TP)) osciló alrededor de 80 y 100, con un valor extremo de 112 en S1 en febrero de 2005 debido al registro extremo de fósforo. Estos valores colocarían al embalse dentro de la categoría de **hipertrófico** (Figura 46a, página 167). Asimismo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de monitoreo ($p=0,165$) (Figura 47a, página 168 y anexo 20).

- El TSI basado en la profundidad de visión del disco de Secchi (TSI (SD)) osciló entre 47 y 60, fluctuando poco a lo largo del período de muestreo y con un valor medio estadísticamente superior en S3 con respecto a S1 ($p<0,0001$) (Figura 46b, página 167). Según este índice el embalse podría ser clasificado como **eutrófico** (Figura 47b, página 168 y anexo 21).

- El TSI basado en la concentración de clorofila *a* (TSI (Cl_a)) osciló entre 38 y 72. En el período entre noviembre de 2004 y mayo de 2005 todos los valores estuvieron dentro de la categoría **eutrófico**, mientras que siete de los valores registrados entre junio y octubre de 2004 y un valor registrado en junio de 2005 se hallaron dentro de la categoría mesotrófico. Los dos valores extremos del índice, que

corresponden al máximo y mínimo valor de concentración de clorofila *a*, cayeron dentro de las categorías hipertrófico (72) y oligotrófico (38) respectivamente (Figura 46c, página 167). Asimismo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones de monitoreo ($p=0,099$) (Figura 47c, página 168 y anexo 22).

- Cuando se calculó el TSI promediando los datos de un ciclo anual los valores obtenidos de TSI(TP) para las cuatro estaciones de muestreo correspondieron a la categoría hipertrófico, mientras que los de TSI(SD) y TSI(Cla) para las cuatro estaciones de muestreo correspondieron a la categoría eutrófico (Tabla 9, página 172). Asimismo, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres índices, con valores más elevados para el TSI(TP), seguido por el TSI(Cla) y luego por el TSI(SD) ($p<0,0001$) (Figura 47d, página 168 y anexo 23).

3.3. Coeficientes de Nygaard

- Coeficiente simple (Q_s): siempre presentó valores superiores a 1, permitiendo clasificar al embalse como **eutrófico** en todas las estaciones de muestreo y en todas las fechas de monitoreo (Figura 48a, página 169).

- Coeficiente compuesto (Q_c): siempre presentó valores superiores a 3, permitiendo también colocar al embalse en la categoría **eutrófico** (Figura 48b, página 169).

- Coeficiente de diatomeas (Q_d): siempre presentó valores superiores a 0,2, con lo cual el embalse también caería dentro de la categoría **eutrófico** (Figura 48c, página 169).

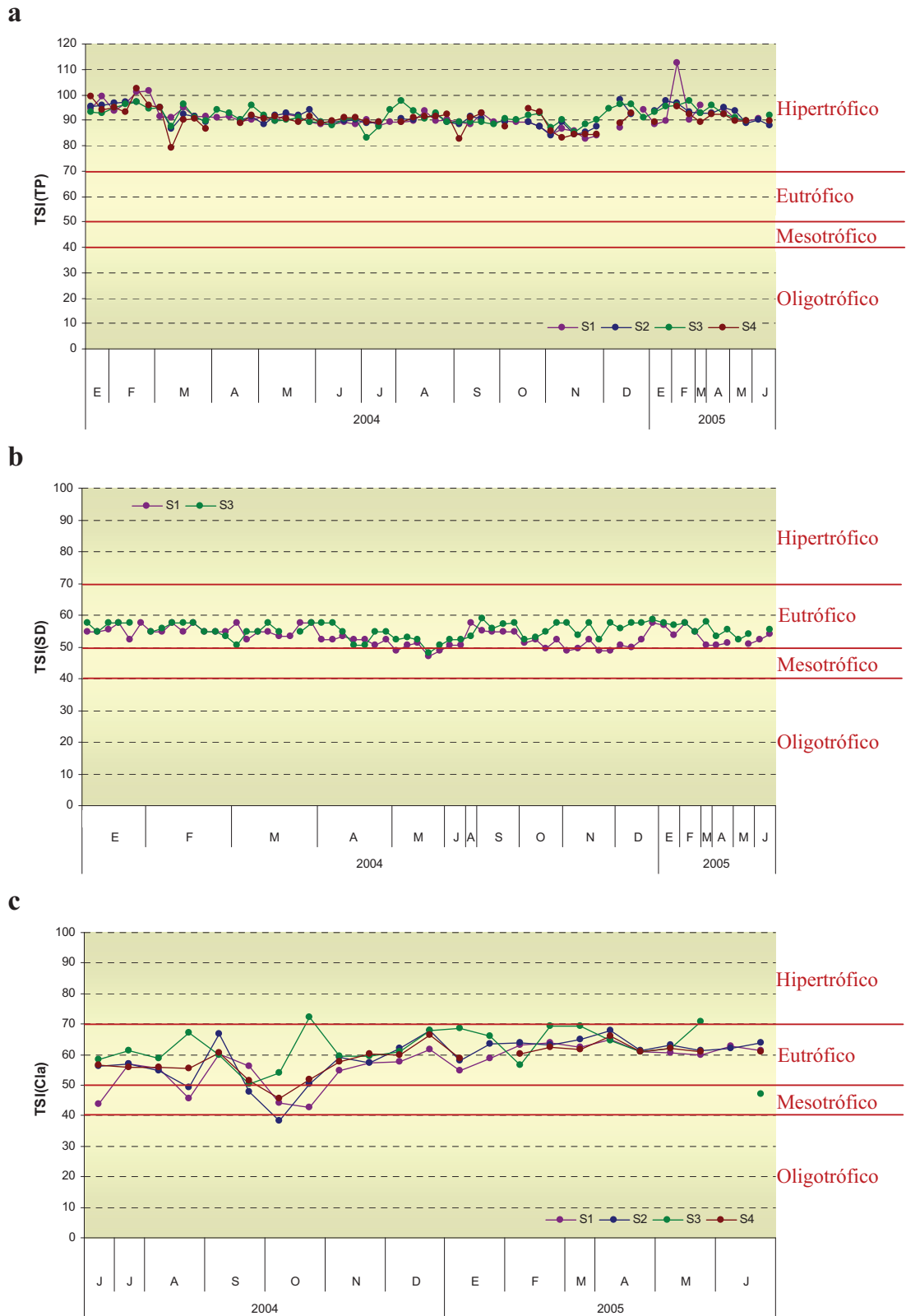


Figura 46. Variaciones del índice de estado trófico de Carlson calculado utilizando **a.** concentración de fósforo total (TSI (TP)), **b.** profundidad de visión del disco de Secchi (TSI (SD)) y **c.** concentración de clorofila *a* (TSI (Cla)). Las líneas marcan la transición entre las categorías tróficas.

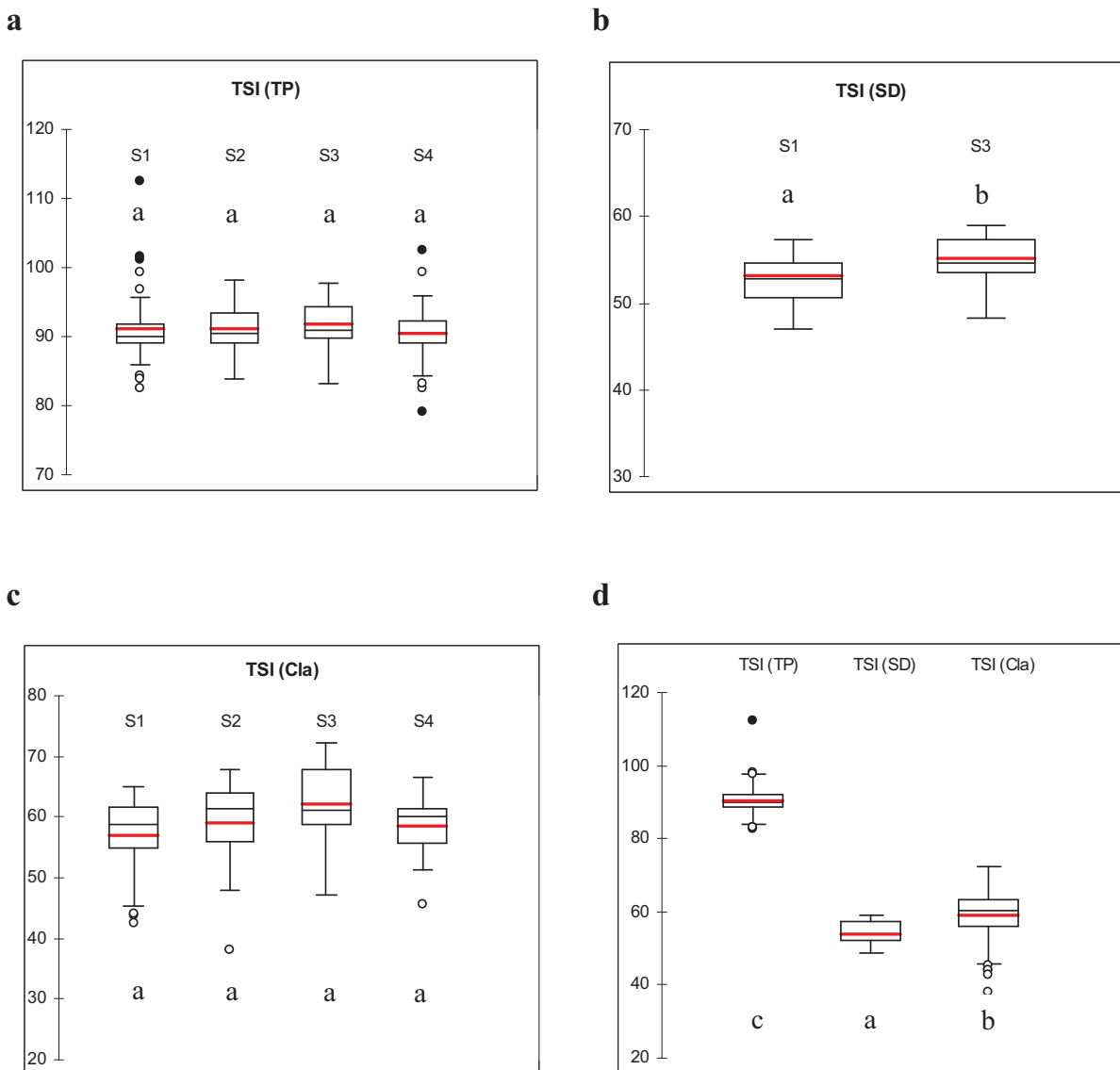


Figura 47. Boxplots comparando los valores del índice de estado trófico de Carlson. **a.** Comparación de los TSI (TP) en las cuatro estaciones de monitoreo; **b.** comparación de los TSI (SD) en S1 y S3; **c.** comparación de los TSI (Cla) en las cuatro estaciones; **d.** comparación de los tres TSI calculados. Letras iguales indican que no hay diferencias entre valores medios ($p < 0,001$). — señala el valor medio. Valores atípicos leves (\circ) y extremos (\bullet).

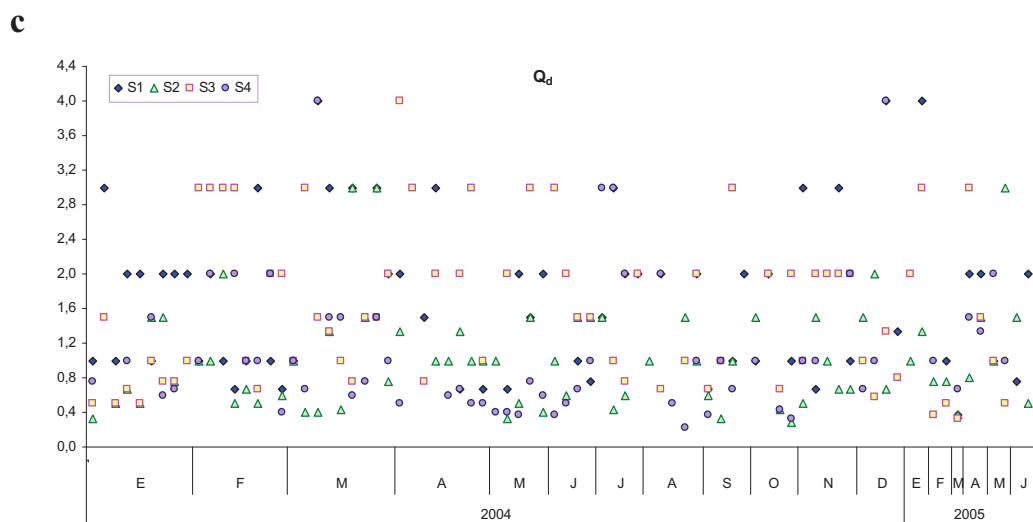
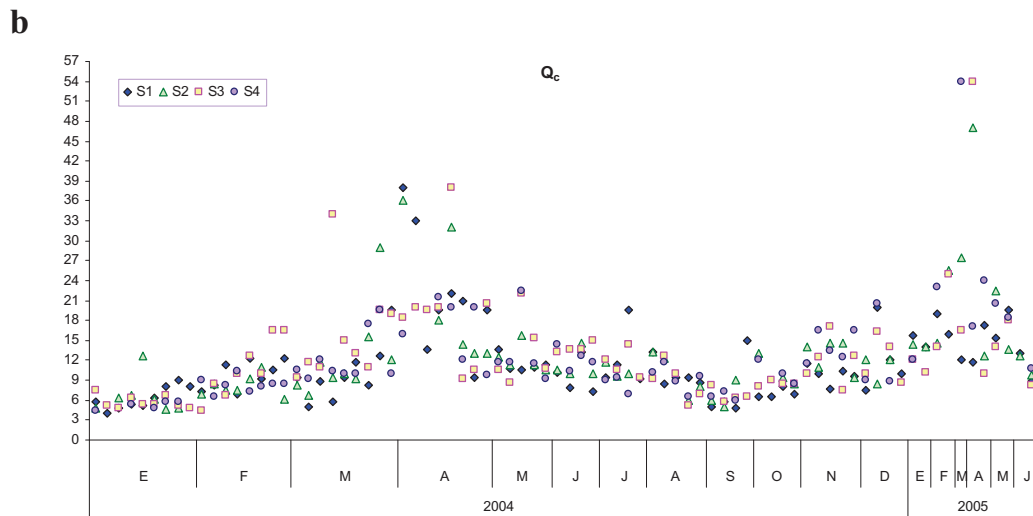
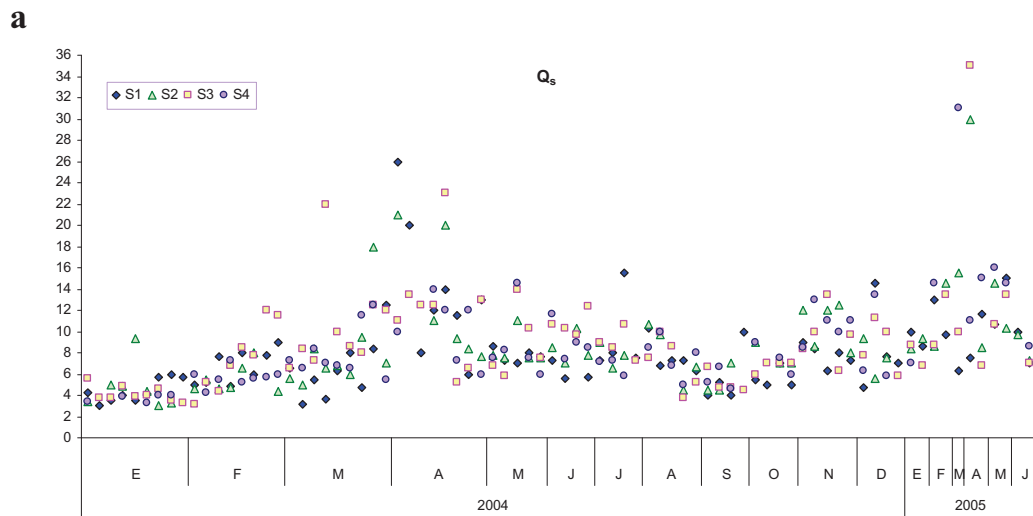


Figura 48. Estado trófico. **a.** Coeficientes de Nygaard. **b.** Coeficiente simple (Q_s) y Coeficiente compuesto (Q_c). **c.** Coeficiente de diatomeas (Q_d)

Tabla 7. Clasificación de las cuatro estaciones de muestreo en base al sistema de límite fijo de la OCDE.

Parámetro	S1	S2	S3	S4
TP media	404,5	418,6	437,1	400,5
	H	H	H	H
Secchi media	1,7		1,4	
	E		H	
Secchi mínimo	1,20		1,08	
	E		E	
Clorofila <i>a</i> media	17,5	22,4	29,9	19,4
	E	E	H	E
Clorofila <i>a</i> máximo	33,3	45,0	70,0	39,0
	E	E	E	E

TP media: concentración media anual de fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Secchi media: media anual de profundidad de visión del disco de Secchi (m)

Secchi mínimo: mínimo valor anual de de profundidad de visión del disco de Secchi (m)

Clorofila *a* media: concentración media anual de clorofila *a* (mg.m^{-3})

Clorofila *a* máximo: valor máximo anual de concentración de clorofila *a* (mg.m^{-3})

E: eutrófico

H: hipertrófico

Tabla 8. Clasificación de las cuatro estaciones de muestreo en base al sistema de límite abierto de la OCDE.

Parámetro	S1	S2	S3	S4
TP media	391,1	406,6	426,4	384,7
		5-6% E		
		94-95% H		
Secchi media	1,6		1,4	
	5% M		3% M	
	44% E		35% E	
	51% H		62% H	
Clorofila <i>a</i> media	14,7	18,3	24,6	17,4
	21% M	11% M	4% M	18% M
	63% E	63% E	48% E	62% E
	16% H	26% H	48% H	20% H
Clorofila <i>a</i> máximo	33,3	45,0	70,0	39,0
	30% M	14% M	5% M	20% M
	50% E	57% E	54% E	55% E
	20% H	29% H	41% H	25% H

TP media: media geométrica anual de la concentración de fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Secchi media: media geométrica anual de la profundidad de visión del disco de Secchi (m)

Clorofila *a* media: media geométrica anual de la concentración de clorofila *a* (mg.m^{-3})

Clorofila *a* máximo: valor máximo anual de concentración de clorofila *a* (mg.m^{-3})

M: mesotrófico

E: eutrófico

H: hipertrófico

Tabla 9. Clasificación de las cuatro estaciones de muestreo en base al índice de estado trófico de Carlson.

TSI	S1	S2	S3	S4
TSI(TP)	90,7	91,2	91,8	90,6
	H	H	H	H
TSI(SD)	52,6		54,7	
	E		E	
TSI (Cl α)	58,7	61,1	63,9	59,7
	E	E	E	E

TSI (TP): TSI basado la concentración de fósforo total

TSI (Cl α): TSI basado en la concentración de clorofila α

TSI (SD): TSI basado en la profundidad de visión del disco de Secchi

4. Aspectos ecológicos del fitoplancton

4.1. Composición taxonómica

Se identificaron un total de 162 taxones pertenecientes a 9 clases (Figura 49, página 194 y tabla 10, página 216).

Cyanoprocariotas: El grupo estuvo representado por los Ordenes Chroococcales, Oscillatoriales y Nostocales, con 22, 11 y 2 especies respectivamente.

Clase Chlorophyceae: Dentro de este grupo el Orden Chlorococcales fue el mejor representado, con 64 especies distribuidas en 25 géneros. El mayor número de especies lo presentaron los géneros *Scenedesmus*, *Oocystella* y *Kirchneriella*, con 12, 8 y 6 especies respectivamente. El orden Volvocales presentó sólo 5 especies distribuidas en los géneros *Chlamydomonas* y *Phacotus*.

Clase Zygnematophyceae: representada por los órdenes Desmidiales, con 4 géneros y 9 especies y Zygnematales, con 2 géneros y 3 especies. Los géneros mejor representados fueron *Staurastrum* y *Closterium*, con 4 y 3 especies respectivamente.

Clase Chrysophyceae: De ocurrencia esporádica. Representada sólo por dos taxones (*Salpingoeca* sp. y *Lagynion* sp.) no identificados a nivel específico.

Clase Xanthophyceae: representada por los órdenes Mischococcales (*Tetraplektron torsum* e *Isthmochloron lobulatum*) y Tribonematales (*Tribonema* sp.).

Clase Bacillariophyceae: representada por un total de 20 géneros. Las formas centrales estuvieron representadas por un menor número de especies (5) que las formas pennadas (29).

Clase Cryptophyceae: representada por los géneros *Cryptomonas*, con 2 especies (*C. ovata* y *C. marssonii*) y *Rhodomonas*, con una especie (*R. lacustris*).

Clase Dinophyceae: representada sólo por dos especies del orden Peridiniales, *Peridinium* sp. y *Ceratium hirundinella* fa. *austriacum*.

Clase Euglenophyceae: representada sólo por las especies *Euglena variabilis* (Euglenales) y *Trachelomonas rotunda* (Trachelomonadales).

4.2. Riqueza específica

La riqueza específica, calculada como el número de taxa infragenéricos, osciló entre 18 y 101, el valor mínimo se registró en S1 en septiembre de 2004 mientras que el máximo se dio en S3 en marzo de 2005. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo ($F=3,28$; $p=0,0214$) mientras que sí se hallaron diferencias entre los meses muestreados ($F=43$; $p<0,001$), fines de invierno y primavera (agosto, septiembre, octubre y noviembre) presentaron valores estadísticamente más bajos, mientras que el mes de marzo de 2005 presentó los valores de riqueza más elevados (Anexos 24 y 25).

El valor promedio para todo el período de muestreo osciló entre 47,66 y 52,99 taxones; en las estaciones S1, S2 y S3 el mayor valor se registró en marzo de 2005, mientras que en S4 el máximo se registró en junio de 2004. El menor número

de taxones se registró a fines de septiembre en las estaciones S1 y S3 y a principios de octubre en S2 y S4 (Figura 50, página 195).

La clase Chlorophyceae presentó siempre el mayor número de especies, con excepción del último muestreo de octubre en S4 donde presentó el mismo número de especies que la clase Bacillariophyceae. Le siguieron las clases Cyanoprocariota, Bacillariophyceae y Zygnematophyceae, las cuales modificaron sus contribuciones relativas a lo largo del período de estudio (Figura 51, página 196).

4.3. Densidad

La densidad promedio osciló entre $63,1 \times 10^3$ y $79,7 \times 10^3$ células ml^{-1} . El valor máximo se registró en S3 en febrero de 2005 (368×10^3 células ml^{-1}) y el valor mínimo en octubre de 2004 en S2 ($1,13 \times 10^3$ células ml^{-1}).

En S1, S3 y S4 las densidades máximas se registraron en febrero de 2005, mientras que en S2 la densidad máxima se registró en abril de ese año; los valores mínimos de densidad en S1 y S3 se registraron a fines de septiembre de 2004 y en S2 y S4 a principios de octubre del mismo año (Figura 52, página 197).

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de monitoreo ($F=1,54$; $p=0,2044$) mientras que sí se hallaron diferencias entre meses de muestreo ($F=57,97$; $p<0,001$), con los valores más bajos de densidad para los últimos meses del invierno y los primero de la primavera (agosto, septiembre, octubre y noviembre) (Anexo 26).

Los grupos que más contribuyeron a la densidad total del fitoplancton fueron Cyanoprocariotas y las clases Chlorophyceae y Bacillariophyceae. Estos tres grupos en conjunto representaron más del 70% de la densidad total, excepto durante fines de septiembre y principios de octubre donde se observaron densidades elevadas de

organismos de la clase Cryptophyceae. Una contribución menor a la densidad estuvo dada por las clases Zygnematophyceae y Xanthophyceae; siendo prácticamente despreciable la densidad de los restantes grupos (Figura 53, página 198).

Desde el mes de enero hasta principios de mayo de 2004 el fitoplancton estuvo dominado casi exclusivamente por representantes de Cyanoprocariota, los cuales alcanzaron abundancias relativas superiores al 95%. Durante fines de mayo y en los meses de junio y julio dominaron Chlorophyceae pertenecientes al orden Chlorococcales, aunque aún se registró una abundancia relativa elevada de Cyanoprocariota. A partir de los últimos días del mes de julio comenzaron a cobrar importancia las diatomeas, las que dominaron el fitoplancton, junto con Chlorophyceae, durante los meses de primavera. En el último muestreo de septiembre y el primero de octubre se registró además un pico de densidad de Cryptophyceae, en los que este grupo superó el 50% de abundancia en S1, S2 y S3.

Finalmente hacia finales de noviembre y principios de diciembre dominaron nuevamente Cyanoprocariota, las que se mantuvieron con las mayores abundancias relativas hasta mayo de 2005.

En la figura 54 (página 199) se muestra la variación en la densidad absoluta de las cianobacterias en las cuatro estaciones de monitoreo ya que fue el grupo que más contribuyó a la densidad total durante gran parte del período estudiado.

4.4. Biovolumen

El biovolumen promedio osciló entre 8,15 y 12,28 mm³ l⁻¹. El valor máximo se registró en S3 en junio de 2005 (65,3 mm³ l⁻¹) y el valor mínimo en septiembre de 2004 en S1 (0,42 mm³ l⁻¹). Cuando se analizaron los biovolúmenes de todo el período

de muestreo se pudieron observar variaciones más marcadas que las halladas en los valores de densidad.

En S1 y S3 el biovolumen mínimo se registró durante el último muestreo de septiembre de 2004 mientras que en S2 y S4 el mismo ocurrió durante el primer muestreo de octubre de 2004, en coincidencia con los valores de densidad mínima.

El máximo biovolumen considerando las cuatro estaciones de muestreo se registró durante junio de 2005 (Figura 52, página 197). Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de monitoreo ($F=6,79$; $p<0,001$), con valores de biovolumen más elevados en S3 con respecto a las demás estaciones. Asimismo, se hallaron diferencias significativas entre los meses de muestreo ($F=14,35$; $p<0,001$) (Anexo 27).

La contribución proporcional de los principales grupos de algas al biovolumen total presentó diferencias importantes en comparación con la contribución proporcional de las mismas a la densidad. La clase Bacillariophyceae por su parte fue la que más contribuyó, alcanzando biovolúmenes relativos superiores al 95% durante los meses de primavera. La clase Zygnematophyceae cobró importancia principalmente en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre de 2004, superando el 80% en noviembre de 2004 en S2. Al igual que con la densidad, se registró un pico del biovolumen de la clase Cryptophyceae durante el primer muestreo del mes de octubre de 2004, en muestras de en las cuatro estaciones de monitoreo (Figura 55, página 200).

En la figura 56 (página 201) se muestra la variación en el biovolumen absoluto de la clase Bacillariophyceae en las cuatro estaciones de monitoreo ya que fue el grupo que más contribuyó al biovolumen total durante gran parte del período estudiado.

4.5. Frecuencia de ocurrencia

En la tabla 10 (página 216) se muestra la frecuencia de ocurrencia calculada para cada especie. Un total de 40 especies presentaron frecuencias de ocurrencia superiores al 50% en las cuatro estaciones de muestro, la mayoría de las cuales (25) pertenecen a la clase Chlorophyceae, *Cyclotella meneghiniana* fue la única especie que presentó una frecuencia de ocurrencia del 100% en las cuatro estaciones.

En la estación S1 un 30% (39) del total de especies registradas fueron especies raras, un 37% (48) fueron comunes y un 34% (44) constantes; en S2 un 25% (35) fueron especies raras, un 42% (58) comunes y un 33% (45) constantes; en S3 un 26% (35) de las especies registradas fueron raras, un 42% (57) comunes y un 32% (43) constantes; en S4 un 28% (38) de las especies fueron raras, un 39% (54) comunes y un 32% (44) fueron constantes.

4.6. Taxones dominantes y/o abundantes sobre la base de la densidad

De acuerdo con el criterio de Lobo & Leighton (1986) se registraron siete taxones dominantes de acuerdo a su densidad. *Microcystis natans* fue la única especie dominante al menos en un muestreo en las cuatro estaciones de monitoreo, *Synechocystis aquatilis* y *Cyclotella meneghiniana* lo fueron en S4, *Microcystis aeruginosa* y *Microcystis flos-aquae* en S1 y S4, *Anabaena circinalis* en S1, S2 y S4 y *Stephanodiscus* sp. en S1 y S2.

En S1 un 26,7% (35) de las especies fueron abundantes y un 3,8% (5) dominantes; en S2 un 30,4% (42) de las especies fueron abundantes y un 2,2% (3) dominantes; en S3 un 32,6% (44) fueron abundantes y un 0,7% (1) dominantes y en

S4 un 27,5% (38) de las especies fueron abundantes y un 4,4% (6) fueron dominantes (Tabla 11, página 221).

4.7. Taxones dominantes y/o abundantes sobre la base del biovolumen

Se registraron siete taxones dominantes en función del biovolumen. *Staurastrum gracile*, *Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus* sp. y *Cryptomonas ovata* dominaron al menos en un muestreo en las cuatro estaciones de monitoreo. *Microcystis aeruginosa* fue dominante en al menos un muestreo en S4, *Cyclotella meneghiniana* lo fue en S1, S2 y S4 y *Anabaena circinalis* en S3 y S4.

En S1 un 27,5% (36) de las especies fueron abundantes y un 3,8% (5) dominantes; en S2 un 26,1% (36) de las especies fueron abundantes y un 3,63% (5) dominantes; en S3 un 32,6% (44) fueron abundantes y un 3,7% (5) dominantes y en S4 un 25,4% (35) de las especies fueron abundantes y un 5,1% (7) fueron dominantes (Tabla 12, página 222).

4.8. Índices biológicos

4.8.1. Diversidad

La diversidad basada en la densidad presentó un rango de variación entre 0,93 bits en S2 en febrero de 2004 y 4,17 bits también en S2 en enero de 2004; en general los menores índices se registraron en el mes de febrero de 2004.

La diversidad basada en el biovolumen osciló entre un mínimo de 0,37 bits en octubre de 2004 en S3 y un máximo de 4,69 bits en febrero de 2004 en S3; en general los menores valores se registraron a fines de agosto y principios de septiembre de 2004.

La diversidad basada en la densidad presentó una correlación negativa con la dominancia ($r_s = -0.97$; $p < 0.0001$) y la densidad ($r_s = -0.56$; $p < 0.0001$) y una correlación positiva con la equitatividad ($r_s = 0.95$; $p < 0.0001$), mientras que la diversidad basada en el biovolumen presentó una correlación negativa con la dominancia ($r_s = -0.98$; $p < 0.0001$) y el biovolumen ($r_s = -0.37$; $p < 0.0001$) y una correlación positiva con la equitatividad ($r_s = 0.97$; $p < 0.0001$) y con la riqueza específica ($r_s = 0.63$; $p < 0.0001$)

Se pueden observar diferencias importantes entre los índices basados en la densidad y el biovolumen; entre febrero y principios de mayo de 2004 y enero y febrero de 2005 la diversidad basada en el biovolumen fue superior a la basada en la densidad; en cambio en agosto y septiembre de 2004 la diversidad basada en la densidad fue superior a la basada en el biovolumen (Figura 57, página 202).

4.8.2. Dominancia

La dominancia basada en la densidad presentó un valor máximo de 0,78 en febrero de 2004 en S2 y un mínimo de 0,077 en agosto de 2004 en S1; mientras que la dominancia basada en el biovolumen osciló entre 0,92 en S2 en septiembre de 2004 y 0,05 en febrero de 2004 en S3.

Durante febrero de 2004 la dominancia basada en la abundancia fue superior a la basada en el biovolumen, mientras que desde agosto hasta principios de noviembre de 2004 la dominancia basada en el biovolumen fue superior a la basada en la densidad (Figura 58, página 203).

4.8.3. Equitatividad

La equitatividad basada en la densidad presentó un valor máximo de 0,86 en octubre de 2004 en S1 y un mínimo de 0,16 en febrero de 2004 en S2; mientras que la equitatividad basada en el biovolumen presentó un máximo de 0,78 en febrero de 2004 en S3 y un mínimo de 0,07 en septiembre de 2004 en S2.

Las mayores diferencias entre la equitatividad basada en la dominancia y el biovolumen se registraron en febrero de 2004, con valores mayores del índice basado en el biovolumen y durante agosto y septiembre de 2004, con valores mayores para el índice basado en la densidad (Figura 59, página 204).

4.9. Especies descriptoras

De los 162 taxones identificados, un total de 75 especies fueron descriptoras y son las que se emplearon para el estudio de la sucesión, la estructura de tamaños de la comunidad y la clasificación funcional del fitoplancton. De ellas, 18 fueron Cyanoprocariota, 29 pertenecieron a la clase Chlorophyceae, 8 a la clase Zygnematophyceae, 1 a la clase Xanthophyceae, 12 a la clase Bacillariophyceae, 3 a la clase Cryptophyceae, 2 a la clase Dinophyceae y 2 a la clase Euglenophyceae (Tabla 13, página 223).

De las 75 especies descriptoras, 12 especies raras (con una frecuencia de ocurrencia menor al 10%) fueron consideradas abundantes dado que por ser organismos de gran tamaño o formadores de grandes colonias, su aparición ocasional afectó mucho al biovolumen y/o a la densidad relativa de esa especie.

4.10. Estudio de la sucesión sobre la base de la densidad y el biovolumen de las especies descriptoras

Durante el año 2004 se identificaron seis estados sucesionales basados en la progresión estacional de la abundancia relativa y el biovolumen relativo de las especies descriptoras (Figura 60, página 205). A estos estados se los denominó con los nombres de los taxones descriptores relativos a cada concepto.

✓ **Estado Cianobacterias - *Staurastrum gracile*** (enero de 2004)

Este periodo estuvo caracterizado por una densidad promedio del fitoplancton de $74,4 \times 10^3$ células ml^{-1} y un biovolumen promedio de $16,9 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. En términos de densidad, las especies que presentaron las mayores abundancias relativas fueron *Microcystis aeruginosa* y *Microcystis natans*, las que alcanzaron picos de abundancia relativas del 70% y *Anabaena circinalis* que alcanzó una abundancia relativa del 50%. En términos de biovolumen, las especies que presentaron los mayores valores relativos fueron *Staurastrum gracile* y *Anabaena circinalis*, con biovolúmenes relativos de alrededor del 50%. Fueron especies acompañantes *Pediastrum duplex* var. *duplex* y *Coelastrum microporum*.

✓ **Estado Cianobacterias - *Aulacoseira granulata*** (febrero – marzo de 2004)

Este periodo estuvo caracterizado por una densidad promedio del fitoplancton de $89,25 \times 10^3$ células ml^{-1} y un biovolumen promedio de $7,79 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. *Microcystis natans*, *Microcystis aeruginosa* y *Microcystis flos-aquae* fueron las especies que presentaron las mayores abundancias relativas, con valores que llegaron al 88, 79 y 60% respectivamente. Mientras que *Aulacoseira granulata* presentó el mayor biovolumen relativo (63%) y *Anabaena circinalis* valores elevados tanto de abundancia relativa (83%) como de biovolumen relativo (79%). Fueron especies

acompañantes *Peridinium* sp., *Ceratium hirundinella* fa. *austriacum*, *Microcystis protocystis*, *Synechococcus epigloeicus* y *Closterium aciculare*.

✓ **Estado Cianobacterias - *Aulacoseira granulata* - *Dictyosphaerium ehrenbergianum*** (abril - junio de 2004)

Este periodo estuvo caracterizado por una densidad promedio del fitoplancton de $66,52 \times 10^3$ células ml^{-1} y un biovolumen promedio de $5,75 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. Se diferenció del estado anterior por un cambio en la composición de cianobacterias, una disminución muy marcada en la abundancia relativa de *Anabaena circinalis* y *Microcystis aeruginosa* y un aumento en la densidad relativa de *Microcystis flos-aquae*. *Microcystis flos-aquae*, *Microcystis natans*, *Synechocystis aquatilis* y *Dictyosphaerium ehrenbergianum* presentaron las mayores densidades relativas (77, 64, 51 y 44% respectivamente), mientras que *Aulacoseira granulata* presentó el mayor biovolumen relativo (60%). Asimismo, también hubo un cambio muy marcado en las especies acompañantes: *Woronichinia elorantae*, *Tribonema* sp., *Synechocystis fuscopigmentosa*, *Cryptomonas ovata*, *Oocystella solitaria* y *Closterium aciculare*.

✓ **Estado *Stephanodiscus* sp. - *Cyclotella meneghiniana*** (julio - agosto de 2004)

Este período presentó una densidad promedio de $22,69 \times 10^3$ células ml^{-1} y un biovolumen promedio de $10 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. *C. meneghiniana* alcanzó un biovolumen relativo superior al 78% y una abundancia relativa del 54%, mientras que *Stephanodiscus* sp. alcanzó un biovolumen relativo del 95% y una abundancia relativa del 35%. Fueron especies acompañantes: *Synechocystis aquatilis*, *Anabaena*

circinalis, *Snowella lacustris*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, *Oocystella solitaria*.

✓ **Estado *Stephanodiscus* sp. - *Cryptomonas ovata*** (septiembre – octubre 2004)

Este período presentó una densidad promedio de 4×10^3 células ml^{-1} y un biovolumen promedio de $7,96 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. *Stephanodiscus* sp. alcanzó un biovolumen relativo del 96% y una abundancia relativa del 53%; *Cryptomonas ovata* presentó un biovolumen relativo que llegó al 79,5% y una abundancia relativa del 26%. El mayor biovolumen de *C. ovata* se registró durante el primer muestreo de octubre, cuando se produjo una disminución puntual en la densidad de *Stephanodiscus* sp.; a su vez, en el tercer muestreo de septiembre en S3 se registró una abundancia relativa de *Microcystis aeruginosa* que llegó al 75%. Esto se debió a una densidad anormalmente alta de dicha especie para estos meses junto a un valor muy bajo del número total de células en el fitoplancton. Fueron especies acompañantes: *Staurastrum gracile*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Botryococcus braunii*, *Monoraphidium dybowskii*, *Scenedesmus semipulcher* y *Rhodomonas lacustris*.

✓ **Estado Cianobacterias - *Staurastrum gracile* II** (noviembre – diciembre 2004)

Este período estuvo caracterizado por una densidad promedio de $28,13 \times 10^3$ células ml^{-1} y un biovolumen promedio de $10,27 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. Se diferenció del período de Cianobacterias - *Staurastrum gracile* de principios del año por la muy baja abundancia relativa de *Microcystis aeruginosa* y diferentes especies acompañantes. Las especies que presentaron las mayores abundancias relativas fueron *Microcystis natans* y *Anabaena circinalis* (66%). A su vez, *Staurastrum gracile* presentó el mayor biovolumen relativo (68%). Fueron especies acompañantes: *Closterium*

aciculare, *Stephanodiscus* sp., *Cyclotella meneghiniana*, *Aulacoseira granulata*, *Aphanocapsa delicatissima* y *Monoraphidium dybowskii*.

Entre los meses de enero y junio de 2005 el comportamiento general en cuanto a la densidad y biovolumen de los grandes grupos taxonómicos fue similar al observado en 2004 (Figuras 53, página 198 y 55, página 200), de todos modos no se analizó la sucesión de especies durante el período enero – junio de 2005 debido a la menor frecuencia de muestreo. No obstante, en el año 2005 se observaron diferencias en el comportamiento de algunas de las especies descriptoras con respecto al 2004.

Las diferencias observadas fueron:

- *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis flos-aquae* y *Dictyosphaerium ehrenbergianum* presentaron abundancias relativas menores durante 2005 con respecto a 2004.
- *Staurastrum gracile* presentó biovolúmenes relativos muy bajos en enero de 2005 con respecto a enero de 2004.
- *Anabaena circinalis* presentó tanto abundancias relativas y biovolúmenes relativos bajos durante febrero y marzo de 2005 en comparación con los mismos meses del año 2004.
- Por el contrario *Cyclotella meneghiniana* registró un aumento en el biovolumen relativo entre abril y junio de 2005 con respecto a 2004 y *Oocystella parva* presentó abundancias y biovolúmenes relativos más elevados en mayo y junio de 2005 con respecto a 2004.
- *Synechocystis aquatilis* presentó abundancias y biovolúmenes relativos más elevados en febrero de 2005 con respecto a 2004.

En las tablas 14 y 15 (páginas 227 y 228) se muestran los valores promedios para las variables biológicas y fisicoquímicas durante los diferentes estados de la sucesión.

4.11. Estructura de tamaños (MDAL) de la comunidad fitoplanctónica sobre la base de la densidad de las especies descriptoras

Sobre la base de la máxima dimensión axial lineal (MDAL) de las especies descriptoras en función a su abundancia relativa se formaron cuatro grupos, G1, G2, G3 y G4. El grupo G1 estuvo constituido principalmente por organismos de la clase Chlorophyceae y por Cyanoprocariota en proporciones variables dependiendo de la fecha de muestreo, acompañados por representantes de las clases Bacillariophyceae y Cryptophyceae durante los meses de invierno y primavera. El grupo G2 tuvo una composición muy similar al G1 en cuanto a grupos taxonómicos, aunque con mayores abundancias relativas de Cyanoprocariota. El grupo G3 estuvo constituido principalmente por Cyanoprocariota, acompañados por organismos de las clases Chlorophyceae y Zygnematophyceae. El grupo G4 estuvo constituido principalmente por Cyanoprocariota, con una contribución menor de las clases Chlorophyceae, Zygnematophyceae, Bacillariophyceae y Xanthophyceae, principalmente durante el invierno y la primavera (Figura 61, página 206).

Durante los períodos comprendidos entre fines de enero y abril de 2004 y diciembre de 2004 y abril de 2005 predominaron las algas pertenecientes al grupo G4, seguidas, en menor proporción, por el grupo G1; mientras que entre mayo y noviembre de 2004 predominaron organismos pertenecientes a los grupos G2 y G1 y en una menor proporción a los grupos G3 y G4 (Figura 62, página 207).

4.12. Estructura de tamaños (MDAL) de la comunidad fitoplanctónica sobre la base del biovolumen de las especies descriptoras

El grupo G1 estuvo integrado principalmente por organismos pertenecientes a las clases Chlorophyceae y Bacillariophyceae, la primera predominó de enero a junio de 2004 y la segunda de julio a noviembre de 2004. El grupo G2 estuvo integrado principalmente por la clase Bacillariophyceae acompañada por organismos de la clase Chlorophyceae en menor proporción. El grupo G3 estuvo representado principalmente por la clase Zygnematophyceae y el grupo G4 estuvo integrado por Cyanoprocariota junto con organismos de las clases Zygnematophyceae y Bacillariophyceae, con una contribución menor de la clase Chlorophyceae (Figura 63, página 208).

A diferencia de lo que ocurrió cuando se consideró la densidad relativa, cuando se consideró el biovolumen de las especies descriptoras no hubo un predominio tan notorio de los grupos G1 y G4 (Figura 64, página 209).

Durante enero y principios de febrero de 2004 el fitoplancton estuvo integrado por organismos pertenecientes a los cuatro grupos de tamaño. Desde fines de febrero y hasta mediados de abril en S1 y S3 y principios de mayo en S2 y S4 hubo un predominio del grupo G4. Durante mayo y junio de 2004 nuevamente los cuatro grupos de tamaño estuvieron representados en proporciones similares. Durante julio y agosto de 2004 hubo un predominio del grupo G1 seguido por G2, excepto en S3 donde predominó G2. Desde agosto y hasta principios de noviembre predominó el grupo G2; finalmente durante el mes de diciembre predominó el grupo G3.

4.13. Clasificación funcional del fitoplancton

Se registraron un total de 19 grupos funcionales (Tabla 13, página 223). El grupo M fue el más importante en término de densidad, con una densidad promedio de 35879 células ml⁻¹; mientras que los grupos P y D fueron los que más contribuyeron al biovolumen, con un promedio de 2,6 y 2,1 mm³ l⁻¹ respectivamente.

Cuatro de las asociaciones funcionales registradas en el embalse Paso de las Piedras correspondieron a asociaciones exclusivamente de Cyanoprocariota (K, M, S1 y H1), tres asociaciones comprendieron organismos de la clase Chlorophyceae (F, J y Y_{PH}), dos asociaciones de diatomeas (C y D), dos asociaciones de Cryptophyceae (Y y X2), dos asociaciones de Euglenophyceae (W1 y W2), una asociación de Zygnematophyceae (N); una asociación de Dinophyceae (L_M); una asociación de Zygnematophyceae y diatomeas (P); una asociación de Zygnematophyceae y Xanthophyceae (T); una asociación de cianobacterias y Chlorophyceae (X1) y una asociación de cianobacterias y Dinophyceae (L_O).

La mayoría de las asociaciones encontradas son típicas de sistemas eutróficos, no obstante cinco de ellas (L_O, F, N, W2 y X2) están más asociadas a ambientes mesotróficos y meso-eutróficos.

En términos de densidad, entre los meses de enero y abril de 2004 el fitoplancton estuvo dominado por organismos del grupo M, con valores de abundancia relativa que superaron el 90%. El grupo M estuvo acompañados por organismos de los grupos H1 y X1, los tres grupos incluyen principalmente Cyanoprocariota. Durante el mes de mayo se produjo un cambio en la dominancia del grupo M por el grupo F, el cual dominó hasta mediados de julio. Desde finales de julio hasta mediados de agosto el grupo C fue el más abundante, debido principalmente a la alta densidad de *Cyclotella meneghiniana*. Durante fines de agosto y septiembre domino el grupo D, debido principalmente a una gran

abundancia de *Stephanodiscus* sp, excepto en S3 donde hubo un pico en la abundancia del grupo M durante el mes de septiembre. Durante octubre y principios de noviembre no hubo una clara dominancia de ninguna asociación. En noviembre comenzó nuevamente la dominancia de los grupos de cianobacterias, primero el grupo H1 y luego M (Figura 65, página 210).

En términos de biovolumen, entre los meses de enero y junio de 2004 dominó el grupo P, representado principalmente por *Staurastrum gracile* y *Aulacoseira granulata*. El grupo P estuvo acompañado por el grupo J en enero y febrero, por H1 en febrero y marzo y por F en febrero en S1 y S3 y en mayo y junio en las cuatro estaciones. Entre julio y mediados de agosto dominó el grupo C, excepto en S3 donde dominó el grupo D. Desde finales de agosto hasta finales de octubre dominó el grupo D en las cuatro estaciones, excepto por un pico en el biovolumen relativo del grupo M durante los primeros muestreos de octubre en S1 y S3. Entre noviembre y diciembre nuevamente dominó el grupo P (Figura 66, página 211).

4.14. Análisis de Correspondencia Canónico (ACC)

4.14.1. Relación entre las especies descriptoras y las variables ambientales sobre la base de a la densidad

En el ACC se incluyeron la densidad ($\text{Log}_{10} [\text{células ml}^{-1}+1]$) de 63 especies descriptoras (se excluyeron las especies descriptoras de ocurrencia rara) y seis variables fisicoquímicas.

El 70,4% de la variación en la densidad de las especies descriptoras estuvo explicado por las variables seleccionadas. El test de Monte Carlo, tanto para el primer eje canónico como para la totalidad de los mismos señaló niveles de

probabilidad altamente significativos ($F= 12,808$, $p<0,001$ y $F=5,811$, $p<0,001$ respectivamente).

La figura 67 (página 212) muestra la ordenación de las especies descriptoras en relación con las variables fisicoquímicas según los dos primeros ejes. El primer eje (47,1% de la variación total) refleja diferencias en la densidad a lo largo de gradientes en la temperatura del agua y concentración de fósforo total (TP) (Tabla 16, página 229); este eje refleja principalmente un contraste entre *Gomphonema olivaceum* y *Stephanodiscus* sp. con respecto a *Closterium moniliferum*, *Staurastrum chaetoceras*, *Lagerheimia citrifomis* y *Chlorella homosphaera*. El resto de las especies forman un conglomerado ubicado en una posición relativamente intermedia del gradiente. El segundo eje (23,3% de la variabilidad total) estuvo más estrechamente relacionado con un gradiente en el nivel del lago y el pH (Tabla 16, página 229). *Aphanocapsa delicatissima* y *Planktosphaeria gelatinosa* estuvieron asociadas a altos valores de estos parámetros y en el otro extremo se encontraron *Chlorella homosphaera*, *Synechocystis fuscopigmentosa* y *Synechocystis* sp. asociadas a bajos valores de pH y nivel del embalse.

4.14.2. Relación entre las especies descriptoras y las variables ambientales sobre la base del biovolumen

En el ACC se incluyeron el biovolumen ($\text{Log}_{10} [\text{biovolumen}+1]$) de 63 especies descriptoras (se excluyeron las especies descriptoras de ocurrencia rara) y siete variables fisicoquímicas.

El 66,6% de la variación en el biovolumen de las especies descriptoras estuvo explicado por las variables seleccionadas. El test de Monte Carlo, tanto para el primer eje canónico como para la totalidad de los mismos señaló niveles de

probabilidad altamente significativos ($F= 14,181$, $p<0,001$ y $F=6,075$, $p<0,001$ respectivamente).

La figura 68 (página 213) muestra la ordenación de las especies descriptoras con relación a las variables fisicoquímicas según los dos primeros ejes. El primer eje (45,4% de la variación total) refleja diferencias en el biovolumen a lo largo de gradientes en la temperatura del agua y concentración de fósforo reactivo soluble (SRP) (Tabla 17, página 229). Este eje refleja principalmente un contraste entre tres especies, *Gomphonema olivaceum*, *Stephanodiscus* sp. y *Monoraphidium dybowski* con *Staurastrum chaetoceras*, *Coelastrum microporum*, *Coelastrum astroideum*, *Pediastrum duplex* var. *duplex* y *Cocconeis placentula* var. *lineata*. El segundo eje (21,2% de la variabilidad total) estuvo más estrechamente relacionado con un gradiente en el nivel del lago y el pH (Tabla 17, página 229). En él, *Planktosphaeria gelatinosa*, *Scenedesmus semipulcher*, *Staurastrum gracile* y *Cryptomonas marssonii* estuvieron asociadas a altos valores de estos parámetros. En el otro extremo se encontraron *Synechocystis fuscopigmentosa* y *Synechocystis* sp., asociadas a bajos valores de pH y nivel del embalse.

4.14.3. Relación entre los grupos funcionales y las variables ambientales sobre la base de la densidad

En el ACC se incluyeron la densidad ($\text{Log}_{10} [\text{células.ml}^{-1}+1]$) de los 19 grupos funcionales identificados y seis variables fisicoquímicas.

El 73,6% de la variación en la densidad de los grupos funcionales estuvo explicado por las variables seleccionadas. El test de Monte Carlo, tanto para el primer eje canónico como para la totalidad de los mismos señaló niveles de

probabilidad altamente significativos ($F= 15,988$, $p<0,001$ y $F=7,583$, $p<0,001$ respectivamente).

La figura 69 (página 214) muestra la ordenación de los grupos funcionales con relación a las variables fisicoquímicas según los dos primeros ejes. El primer eje (47,9% de la variación total) refleja diferencias en la densidad de los grupos funcionales a lo largo de gradientes en la temperatura del agua y concentración de fósforo total (TP) (Tabla 18, página 230); con los grupos L_M , K y S1 asociados a valores elevados de estos dos parámetros y el grupo D en el extremo opuesto. El segundo eje (25,9% de la variabilidad total) estuvo relacionado con un gradiente en el nivel del lago y el pH (Tabla 18, página 230). Según este eje se puede distinguir al grupo K asociado a altos valores de dichos parámetros, mientras que las restantes asociaciones se hallaron en una posición más intermedia.

4.14.4. Relación entre los grupos funcionales y las variables ambientales sobre la base del biovolumen

En el ACC se incluyeron el biovolumen ($\text{Log}_{10} [\text{biovolumen}+1]$) y siete variables fisicoquímicas de los 19 grupos funcionales identificados.

El 77,1% de la variación del biovolumen de los grupos funcionales estuvo explicada por las variables seleccionadas. El test de Monte Carlo, tanto para el primer eje canónico como para la totalidad de los mismos señaló niveles de probabilidad altamente significativos ($F= 24,85$, $p<0,001$ y $F=6,654$, $p<0,001$ respectivamente).

La figura 70 (página 215) muestra la ordenación de los grupos funcionales con relación a las variables fisicoquímicas según los dos primeros ejes. El primer eje (61,4% de la variación total) refleja diferencias en la densidad de los grupos

funcionales a lo largo de gradientes en la temperatura del agua y la concentración de fósforo reactivo soluble (SRP) (Tabla 19, página 230). Los grupos L_M y J estuvieron asociados a valores elevados de estos dos parámetros y el grupo D en el extremo opuesto. El segundo eje (15,7% de la variabilidad total) estuvo relacionado principalmente con un gradiente en la concentración de nitrato aunque con un valor de correlación bajo (Tabla 19, página 230). Según este eje se pueden distinguir a los grupos J, N y W1 asociados a altos valores de dichos parámetros y a los grupos L_O, F, T y C asociados a bajos valores, las restantes asociaciones se hallaron en una posición intermedia.

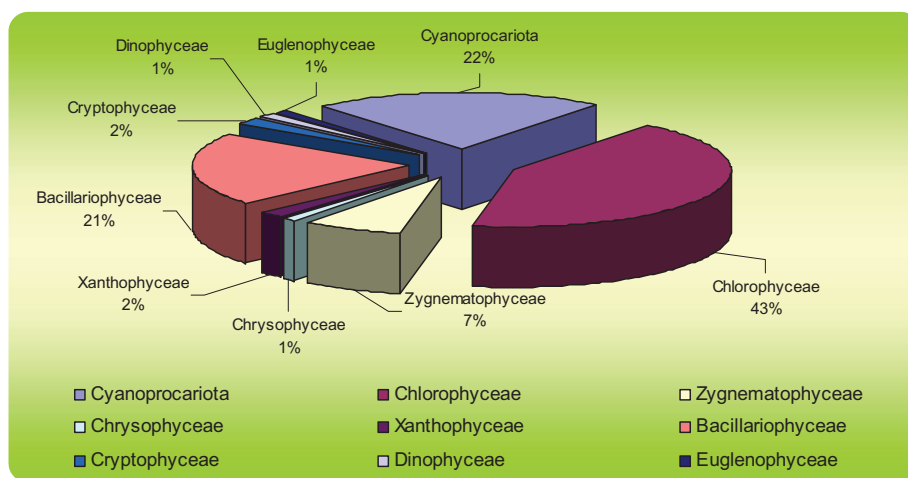


Figura 49. Composición del fitoplancton del embalse Paso de las Piedras: contribución de las distintas clases.

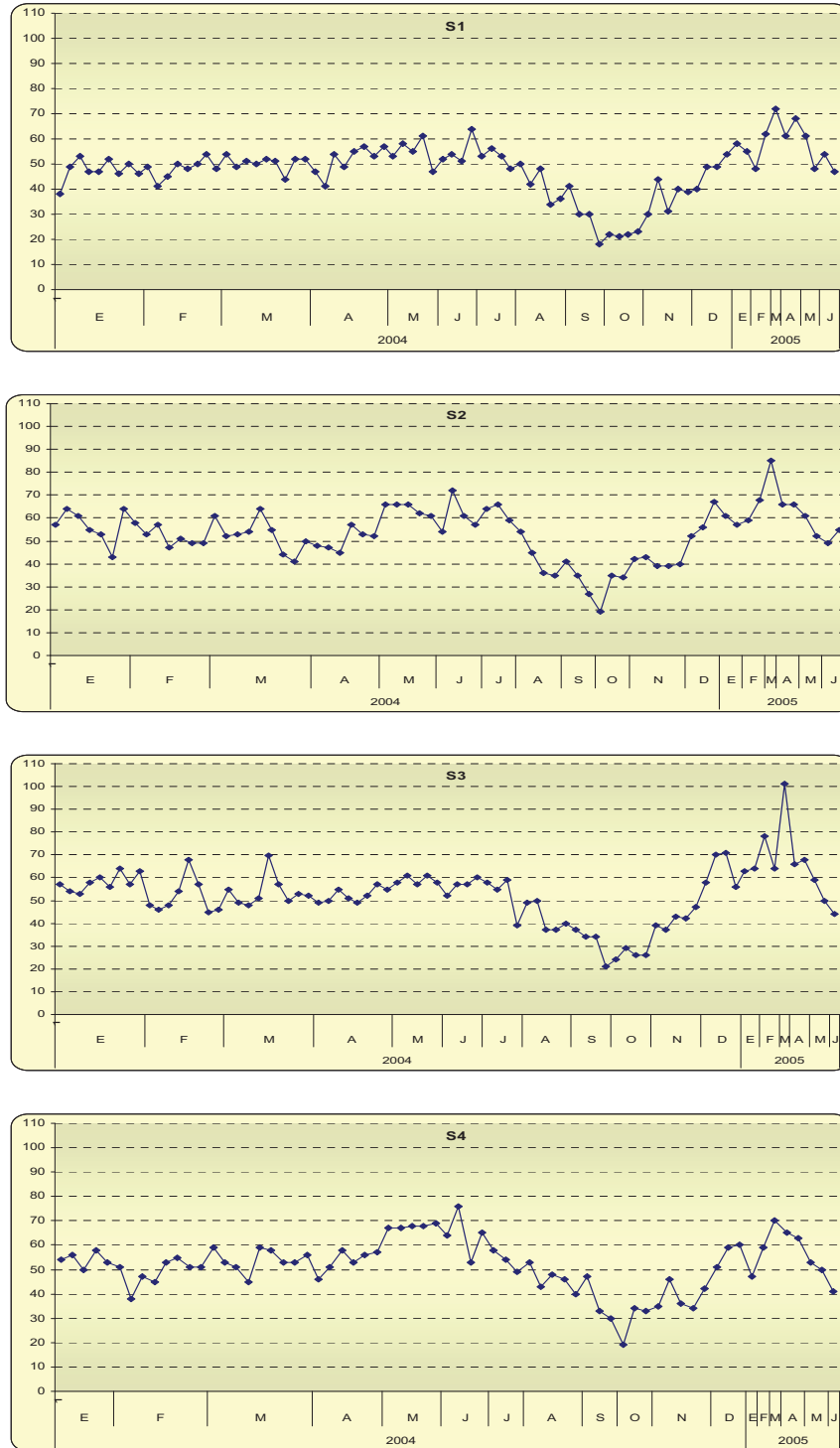


Figura 50. Variación de la riqueza específica (número de taxa) en las cuatro estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

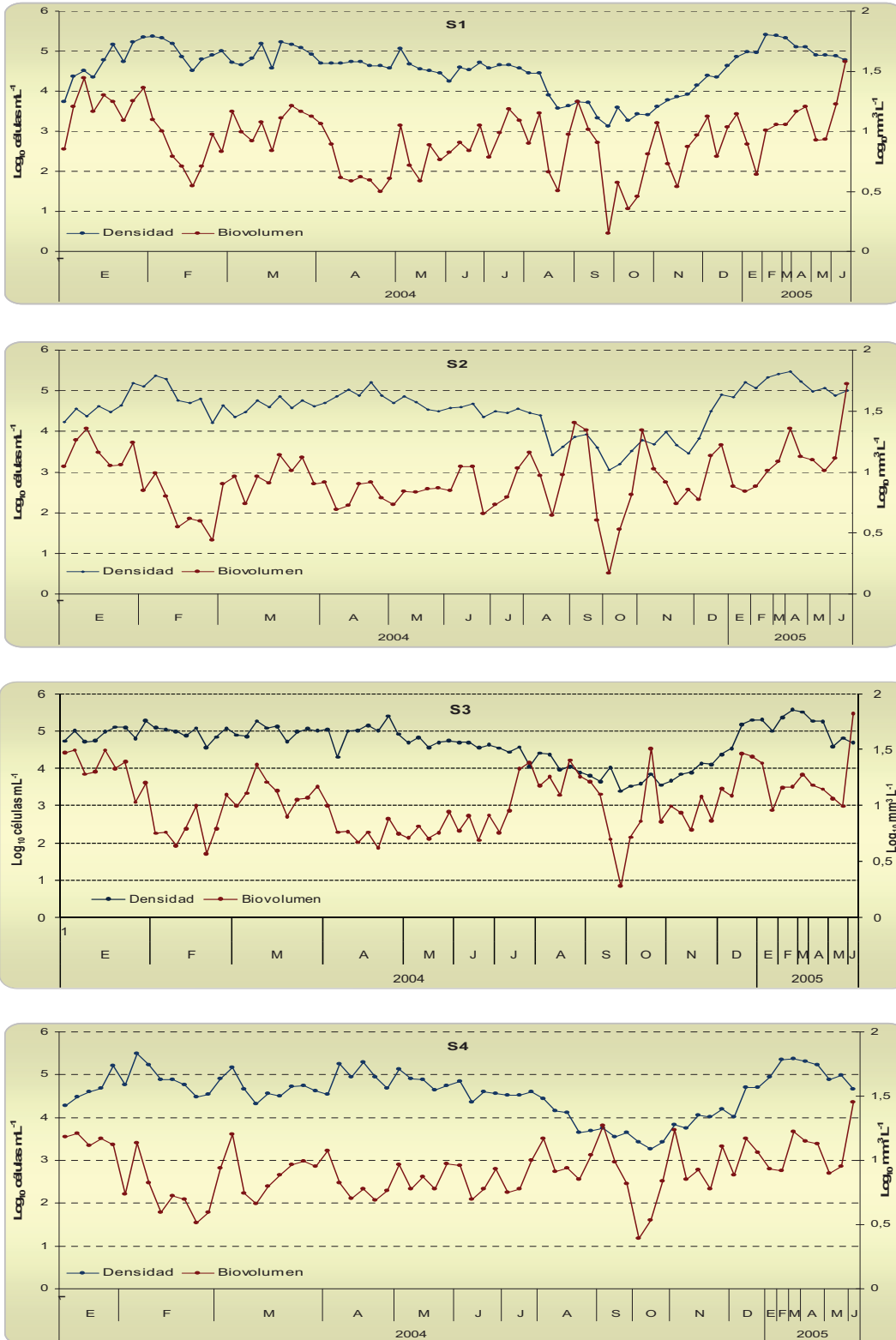


Figura 52. Variaciones de la densidad ($\text{células} \times 10^3 \cdot \text{mL}^{-1}$) y el biovolumen ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) del fitoplancton en cada una de las estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

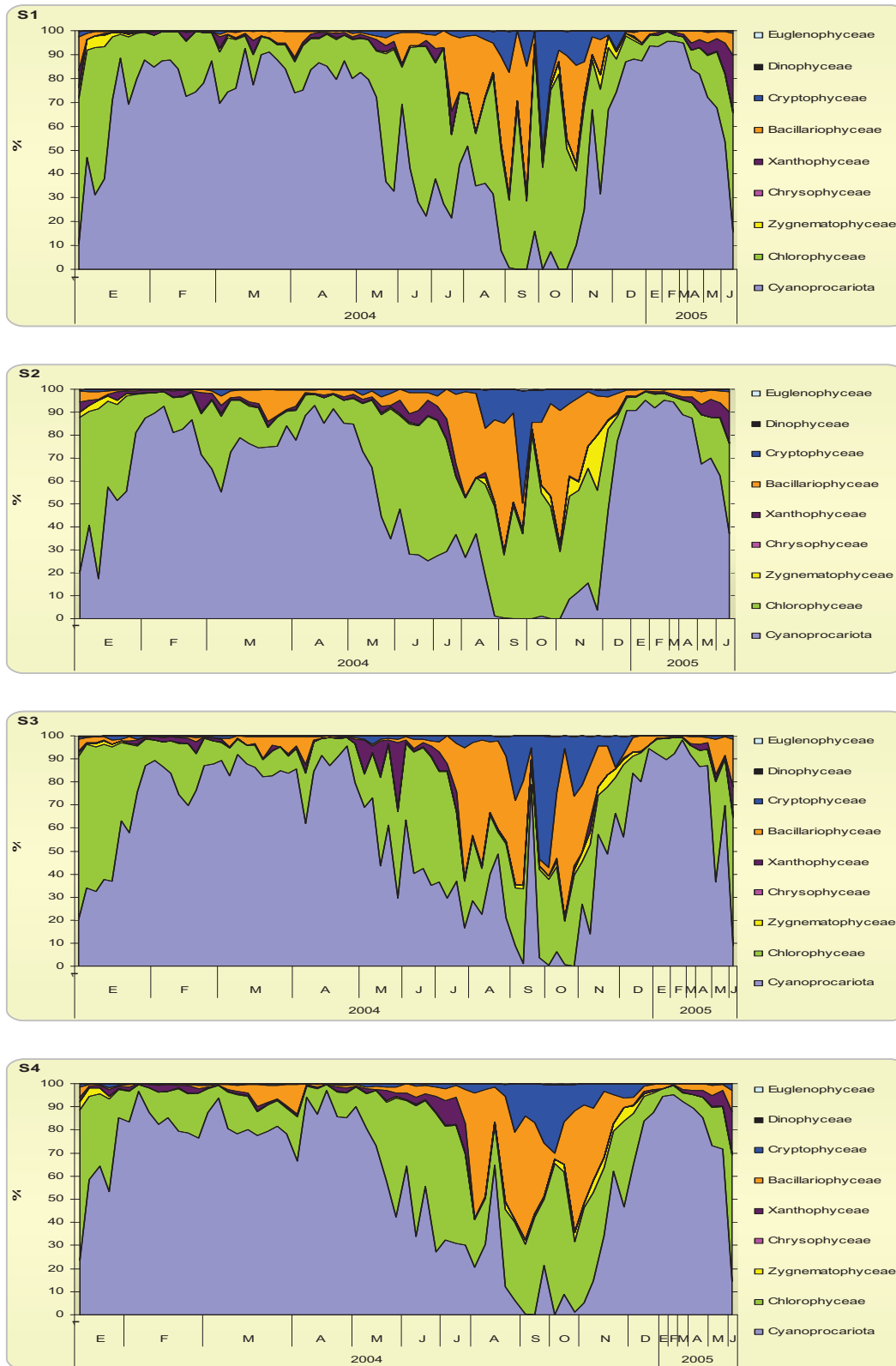


Figura 53. Variación de la contribución relativa (%) a la densidad de los principales grupos taxonómicos en cada una de las cuatro estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

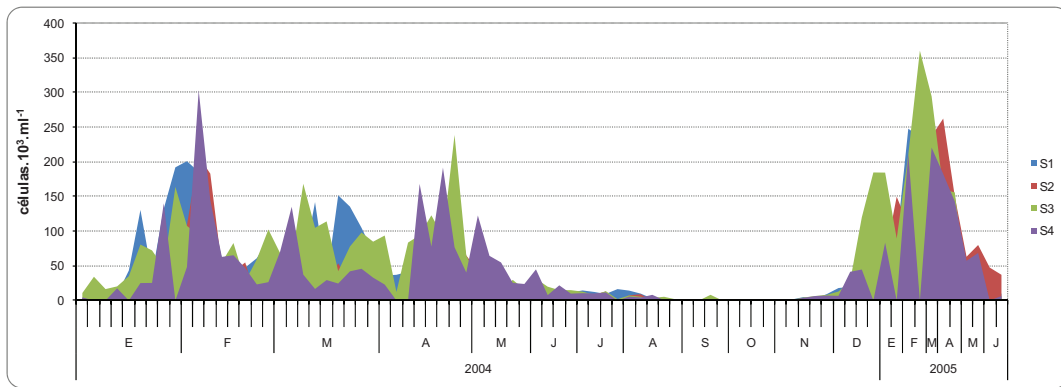


Figura 54. Variaciones en la densidad de cianobacterias (células. 10^3 .ml $^{-1}$) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

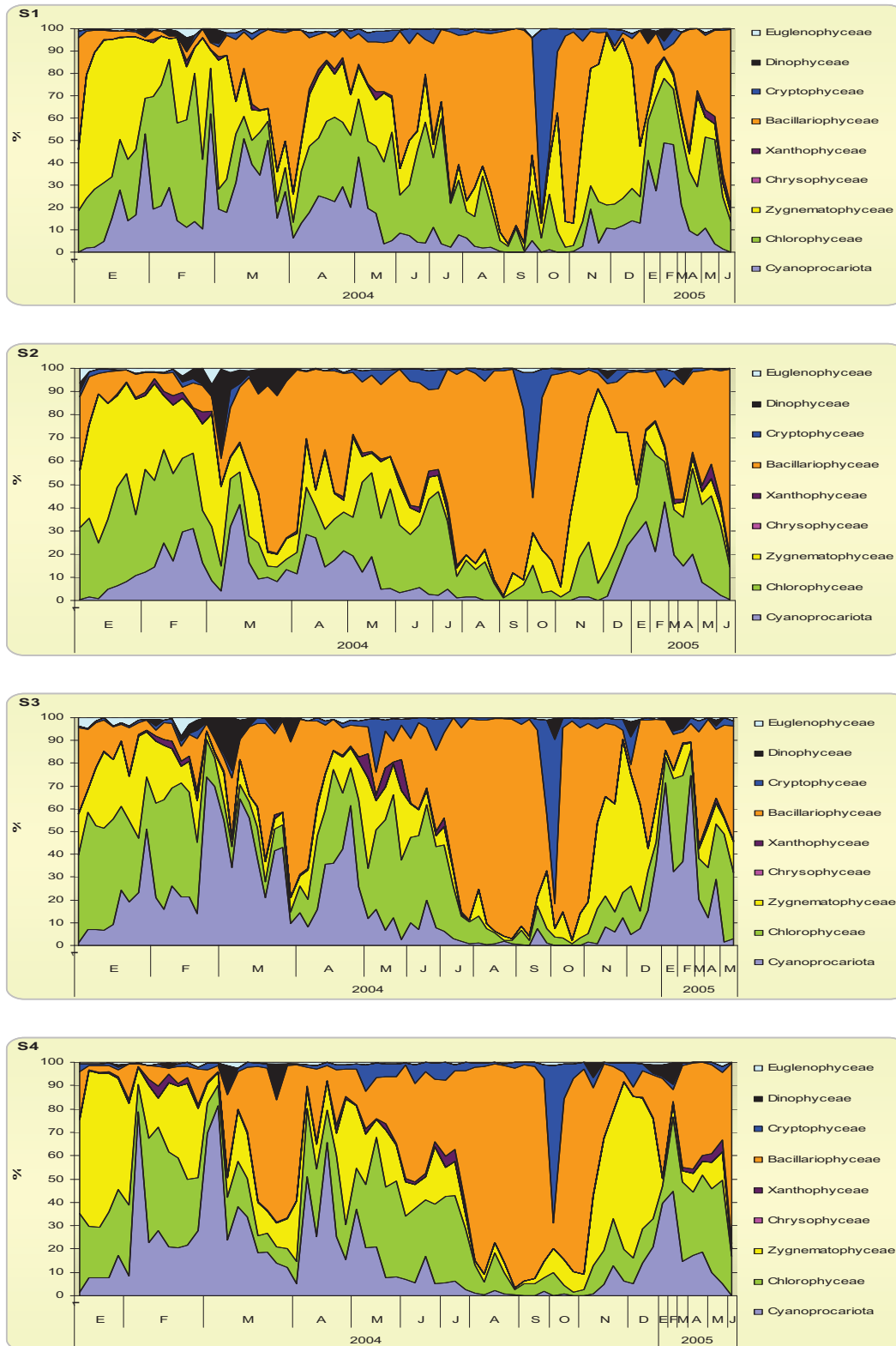


Figura 55. Variación de la contribución relativa (%) al biovolumen de los principales grupos taxonómicos en cada una de las cuatro estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

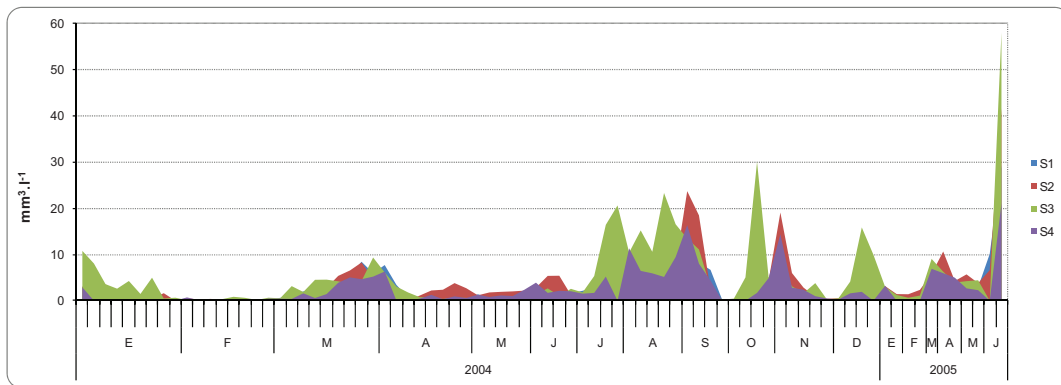


Figura 56. Variaciones en el biovolumen de las diatomeas ($\text{mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$) en las cuatro estaciones de monitoreo entre enero de 2004 y junio de 2005.

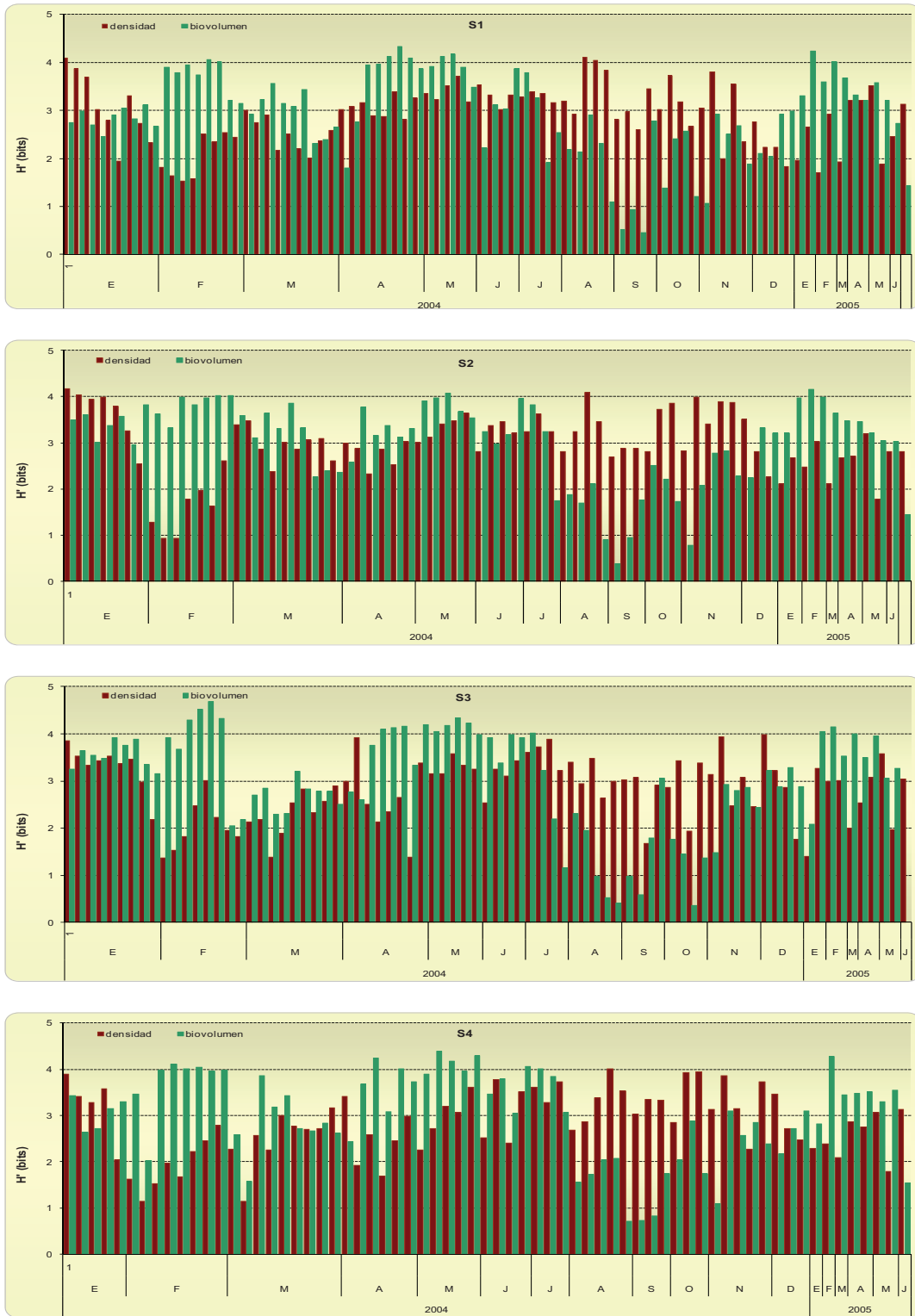


Figura 57. Comparación de la diversidad (H'), basada en la densidad y en el biovolumen, en cada una de las estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

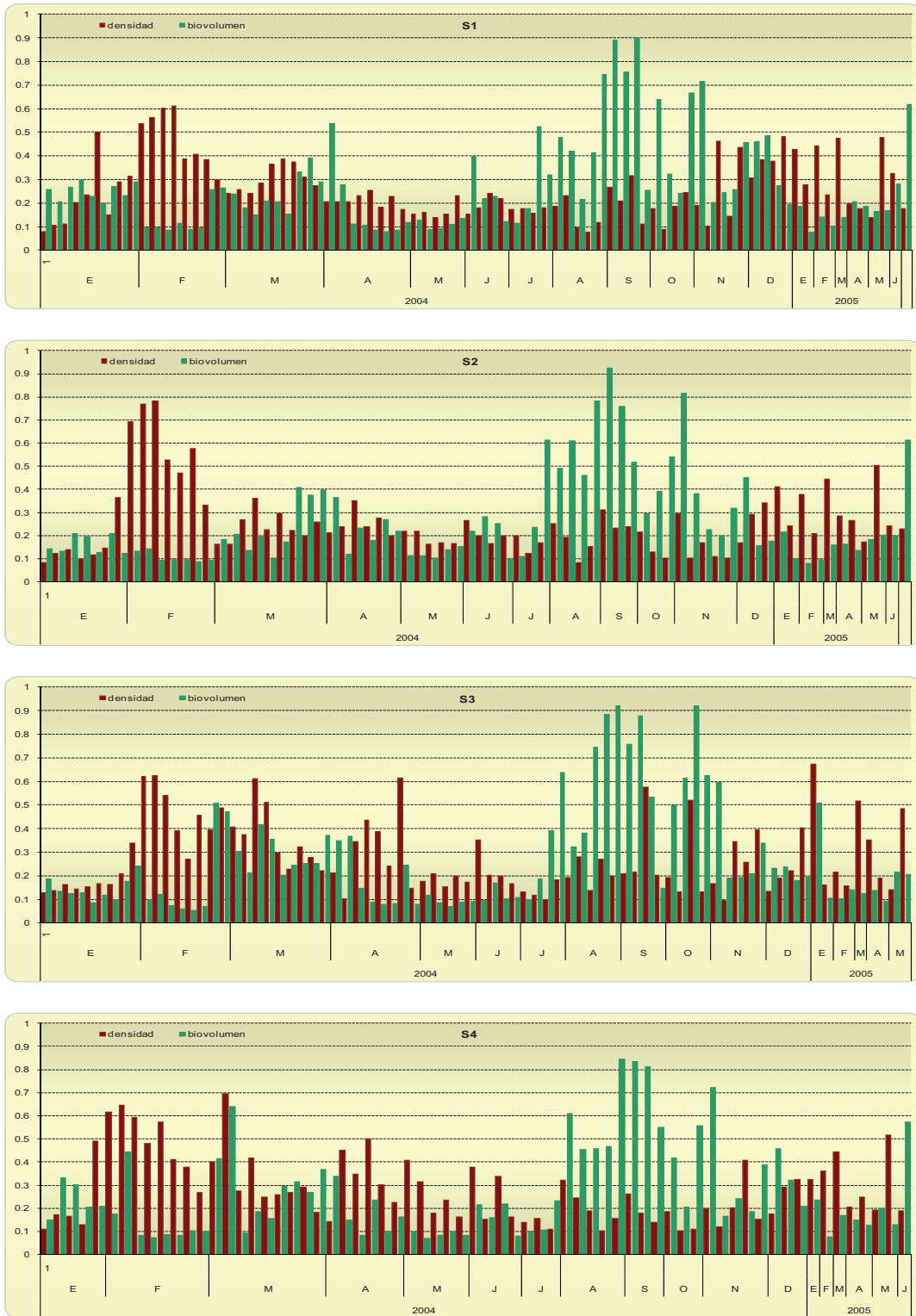


Figura 58. Comparación de la dominancia (D) basada en la densidad y en el biovolumen en las distintas estaciones de muestreo.

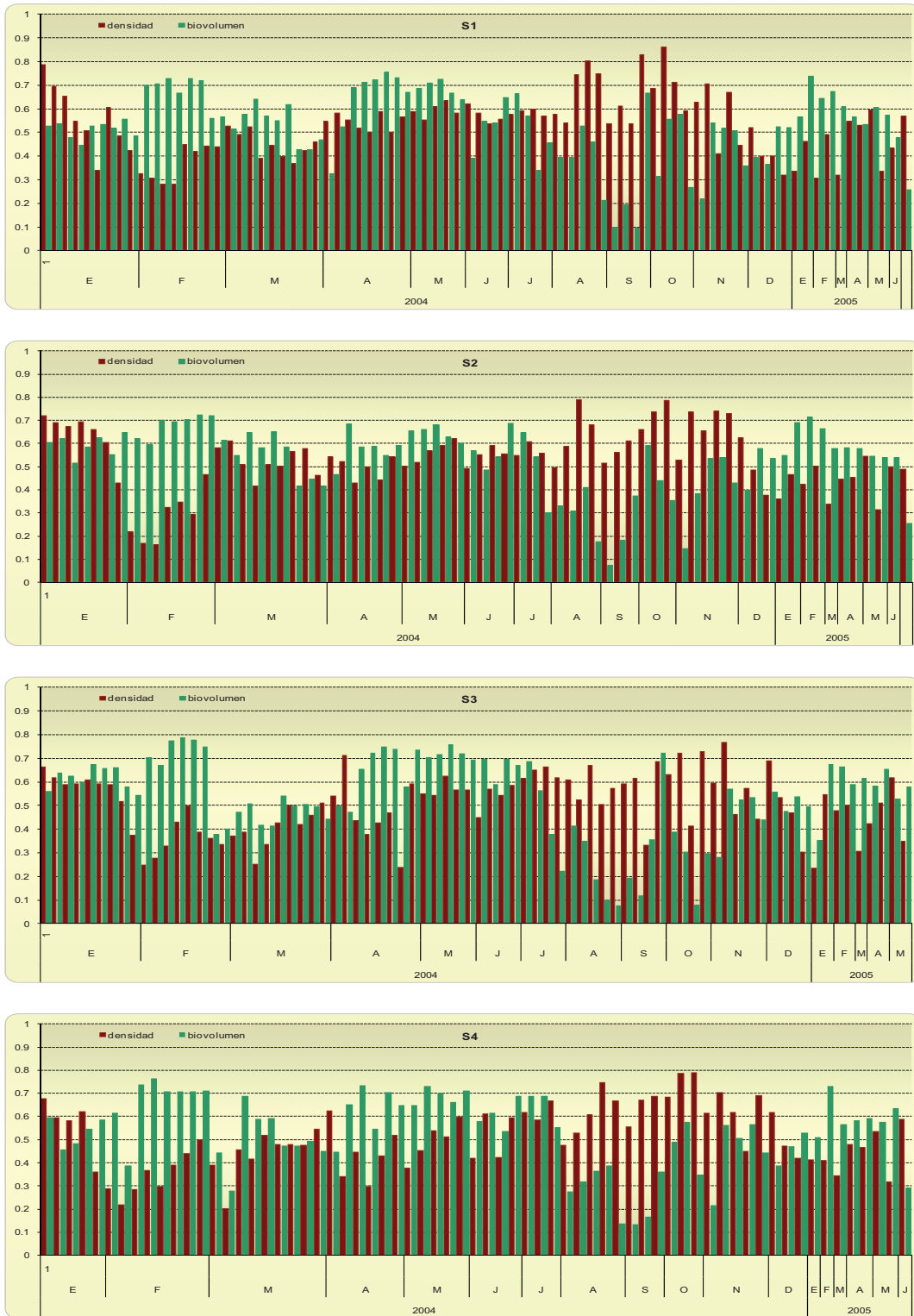


Figura 59. Comparación de la equitatividad (E) basada en la densidad y en el biovolumen en S4.

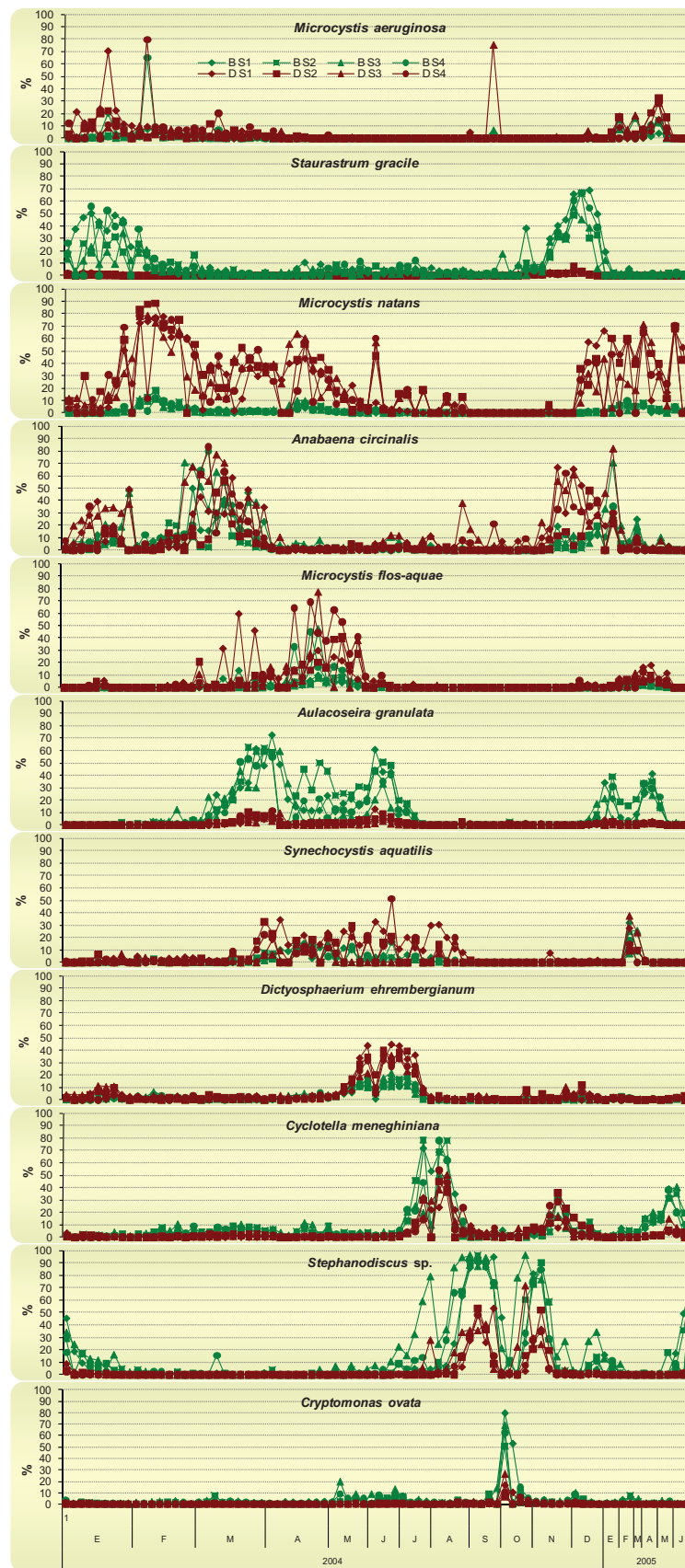


Figura 60. Abundancia y biovolumen relativos de las especies dominantes en las cuatro estaciones de monitoreo.

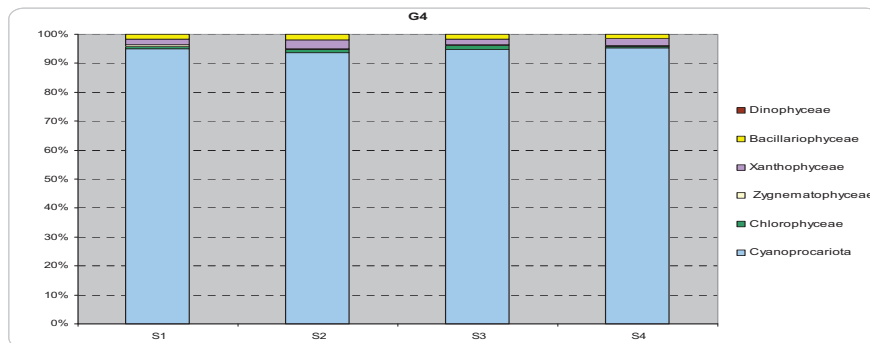
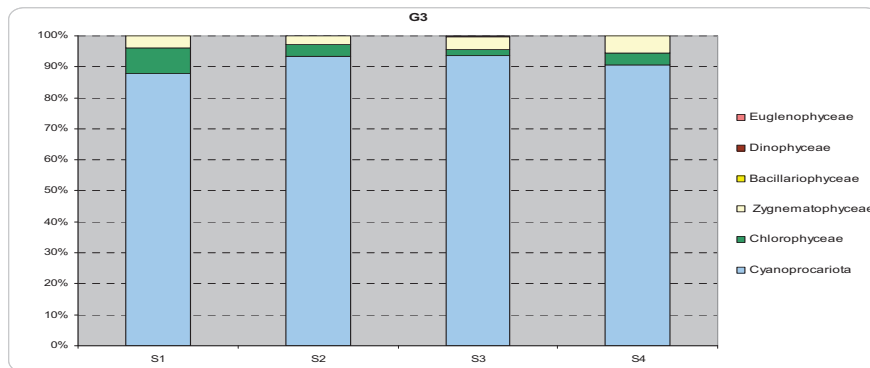
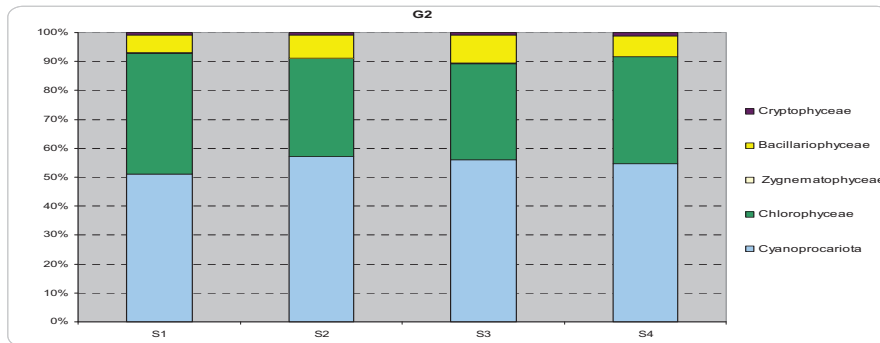
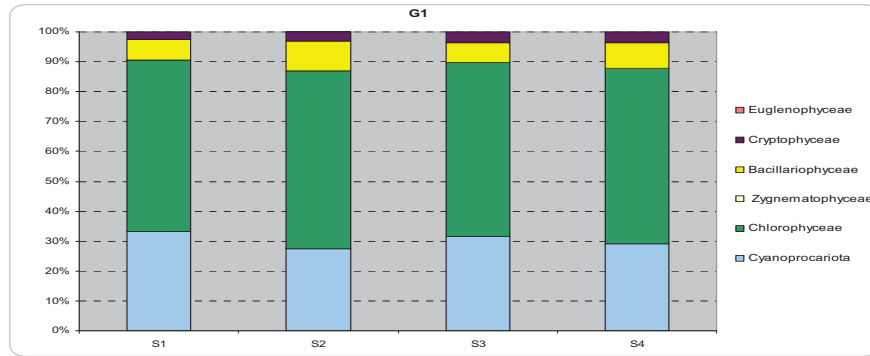


Figura 61. Contribución relativa (%) de la principales clases taxonómicas a los cuatro grupos de tamaños (G1, G2, G3 y G4) considerando la densidad promedio del fitoplancton en las cuatro estaciones de monitoreo, durante todo el período de muestreo.

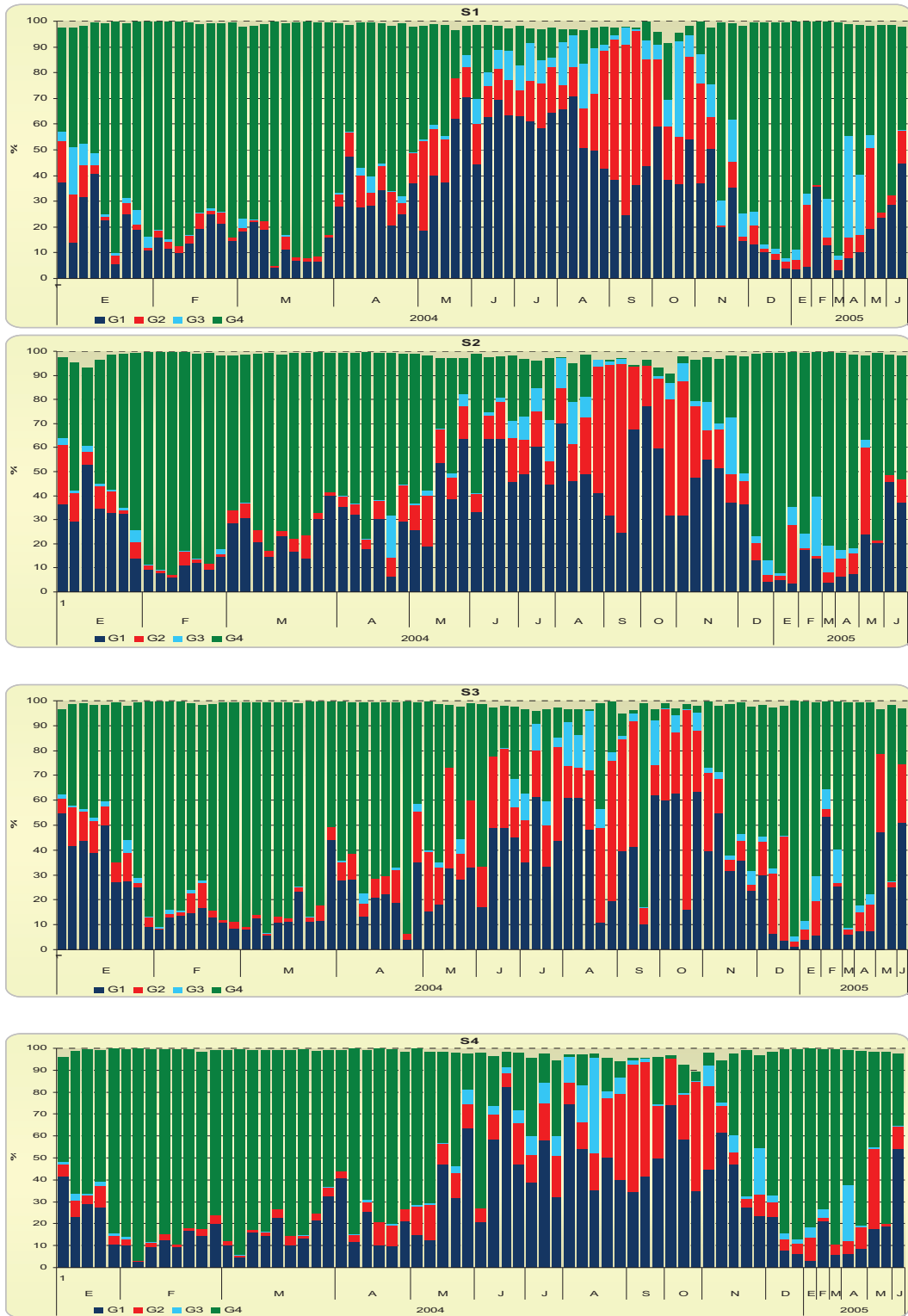


Figura 62. Contribución relativa (%) de las clases de tamaño (MDAL) a la densidad total del fitoplancton en las cuatro estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

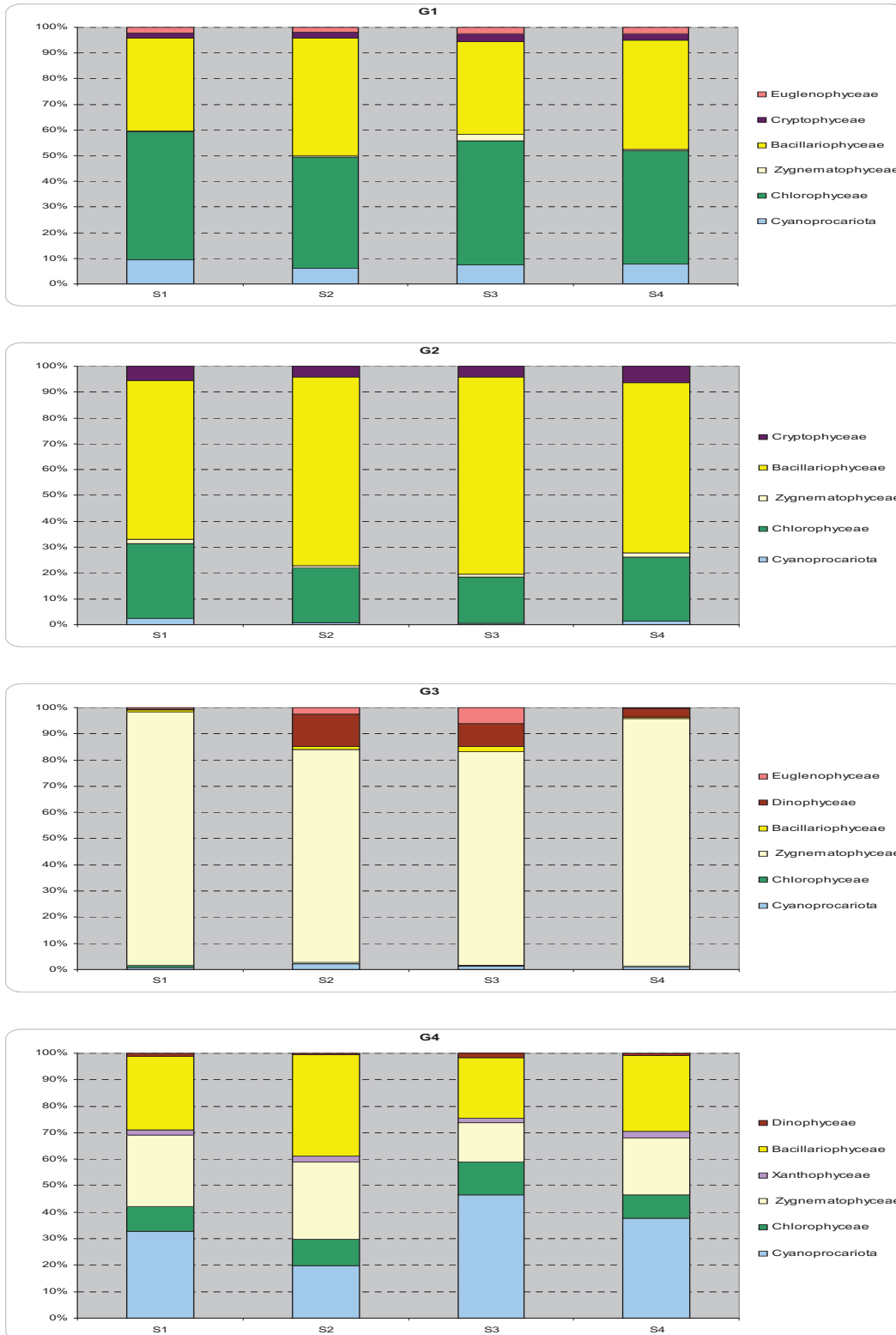


Figura 63. Contribución relativa (%) de la principales clases taxonómicas a cada uno de los grupos de tamaños (G1, G2, G3 y G4) considerando el biovolumen promedio del fitoplancton en las cuatro estaciones de monitoreo, durante todo el período de muestreo.

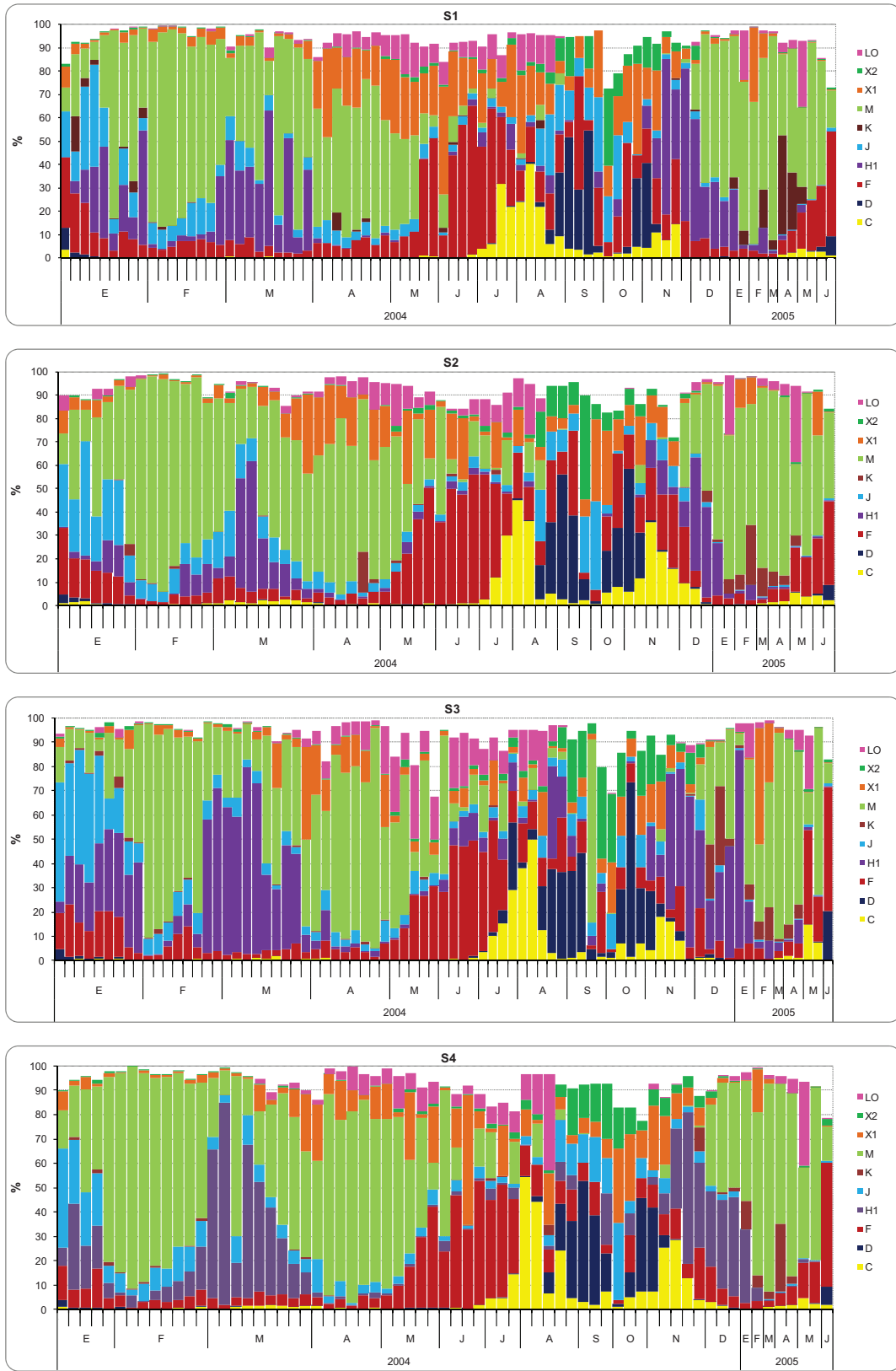


Figura 65. Contribución relativa (%) de principales grupos funcionales a la densidad total del fitoplancton en cada una de las cuatro estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

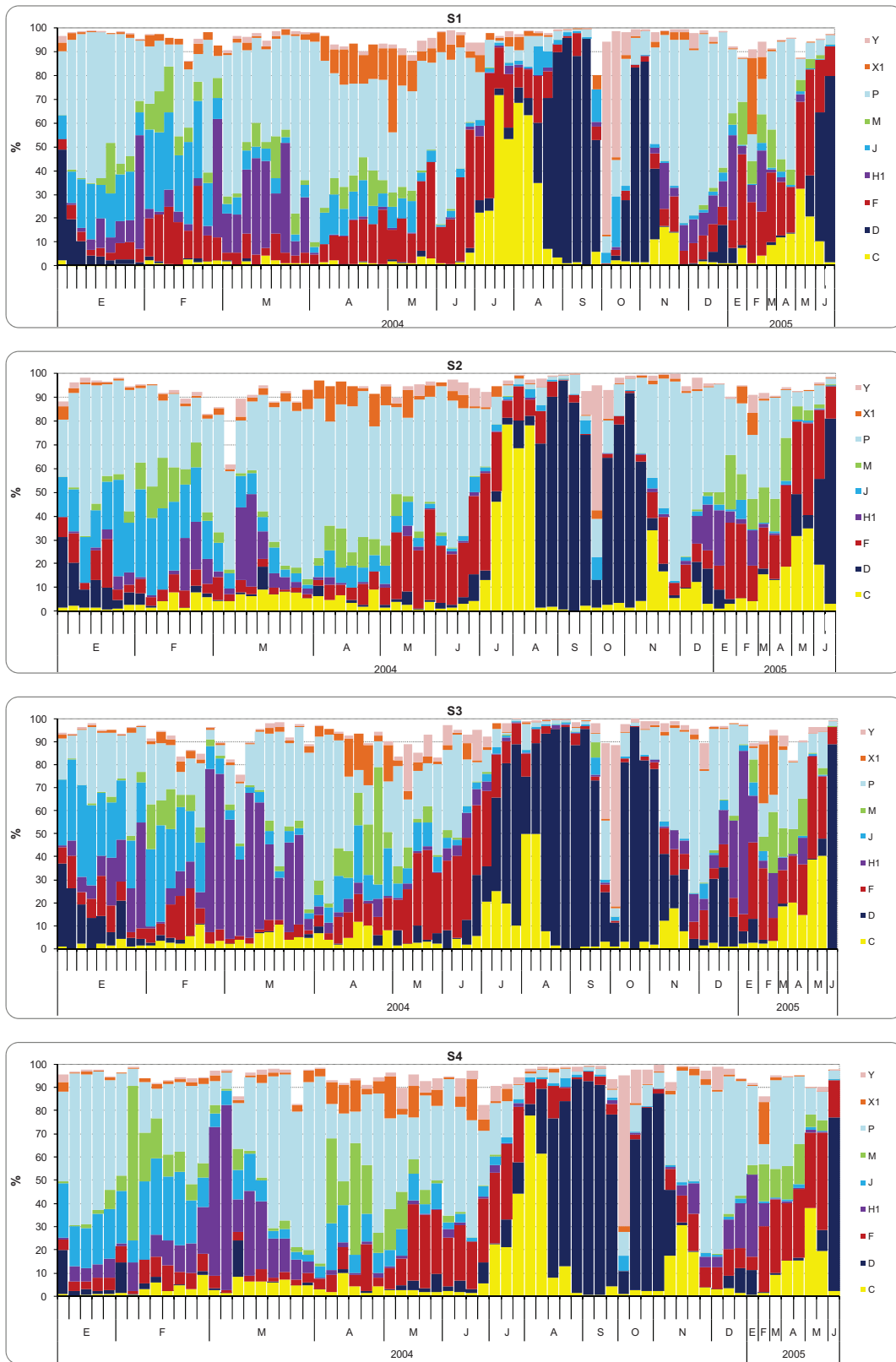


Figura 66. Contribución relativa (%) de principales grupos funcionales al biovolumen total del fitoplancton en cada una de las cuatro estaciones de muestreo (S1, S2, S3 y S4).

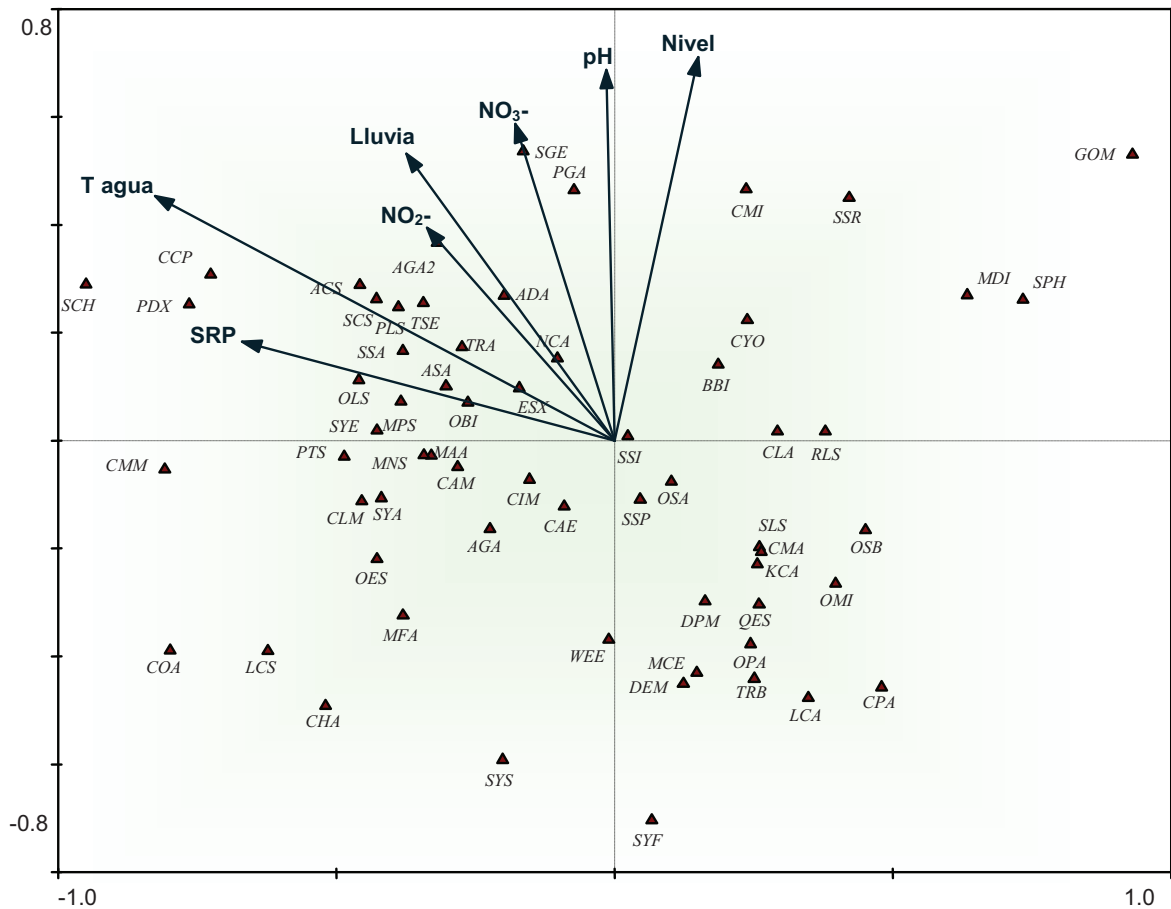


Figura 68. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC): Diagrama de ordenación con especies de algas descriptoras (\log_{10} [biovolumen+1]) y variables ambientales en el espacio de los dos primeros ejes de ordenación. El eje horizontal representa el eje 1 y el vertical al eje 2.

Especies de algas (▲): ACS: *Anabaena circinalis*, ADA: *Aphanocapsa delicatissima*, AGA: *Aulacoseira granulata*, AGA2: *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, ASA: *Anabaena sphaerica*, BBI: *Botryococcus braunii*, CAE: *Closterium aciculare*, CAM: *Coelosphaerium aerugineum*, CCP: *Cocconeis placentula* var. *lineata*, CHA: *Chlorella homosphaera*, CIM: *Coelastrum indicum*, CLA: *Closterium acutum* var. *variabile*, CLM: *Closterium moniliferum*, CMA: *Cyclotella meneghiniana*, CMI: *Cryptomonas marssonii*, CMM: *Coelastrum microporum*, COA: *Coelastrum astroideum*, CPA: *Coenocystis planconvexa*, CYO: *Cryptomonas ovata*, DEM: *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, DPM: *Dictyosphaerium pulchellum*, ESX: *Epithemia sorex*, GOM: *Gomphonema olivaceum*, KCA: *Kirchneriella contorta* var. *contorta*, LCA: *Lagerheimia ciliata*, LCS: *Lagerheimia citrififormis*, MAA: *Microcystis aeruginosa*, MCE: *Monoraphidium circinale*, MDI: *Monoraphidium dybowskii*, MFA: *Microcystis flos-aquae*, MNS: *Microcystis natans*, MPS: *Microcystis protocystis*, NCA: *Navicula cryptocephala* var. *cryptocephala*, OBI: *Oocystella borgei*, OES: *Oocystella eballoctistiformis* var. *americana*, OLS: *Oocystella lacustris*, OMI: *Oocystella marssonii*, OPA: *Oocystella parva*, OSA: *Oocystella solitaria*, OSB: *Oocystella submarina*, PDX: *Pediastrum duplex* var. *duplex*, PGA: *Planktosphaeria gelatinosa*, PLS: *Phacotus lenticularis*, PTS: *Pediastrum tetras*, QES: *Quadricoccus ellipticus*, RLS: *Rhodomonas lacustris*, SCH: *Staurastrum chaetoceras*, SCS: *Staurodesmus cuspidatus*, SGE: *Staurastrum gracile*, SLS: *Snowella lacustris*, SPH: *Stephanodiscus* sp., SSA: *Schroederia setigera*, SSI: *Sphaerocystis schroeteri*, SSP: *Staurastrum* sp., SSR: *Scenedesmus semipulcher*, SYA: *Synechocystis aquatilis*, SYE: *Synechococcus epigloeiicus*, SYF: *Synechocystis fuscopigmentosa*, SYS: *Synechocystis* sp., TRA: *Trachelomonas rotunda*, TRB: *Tribonema* sp., TSE: *Tetrastrum staurigeniaeforme*, WEE: *Woronichinia elorantae*.

Variables ambientales: T agua: temperatura del agua (C°), nivel: nivel del embalse (m snm), SRP: concentración de fósforo reactivo soluble (mg.l^{-1}), NO_3^- : concentración de nitrato (mg.l^{-1}), NO_2^- : concentración de nitrito (mg.l^{-1}), Lluvia: precipitaciones caídas entre muestreos sucesivos (mm) y pH.

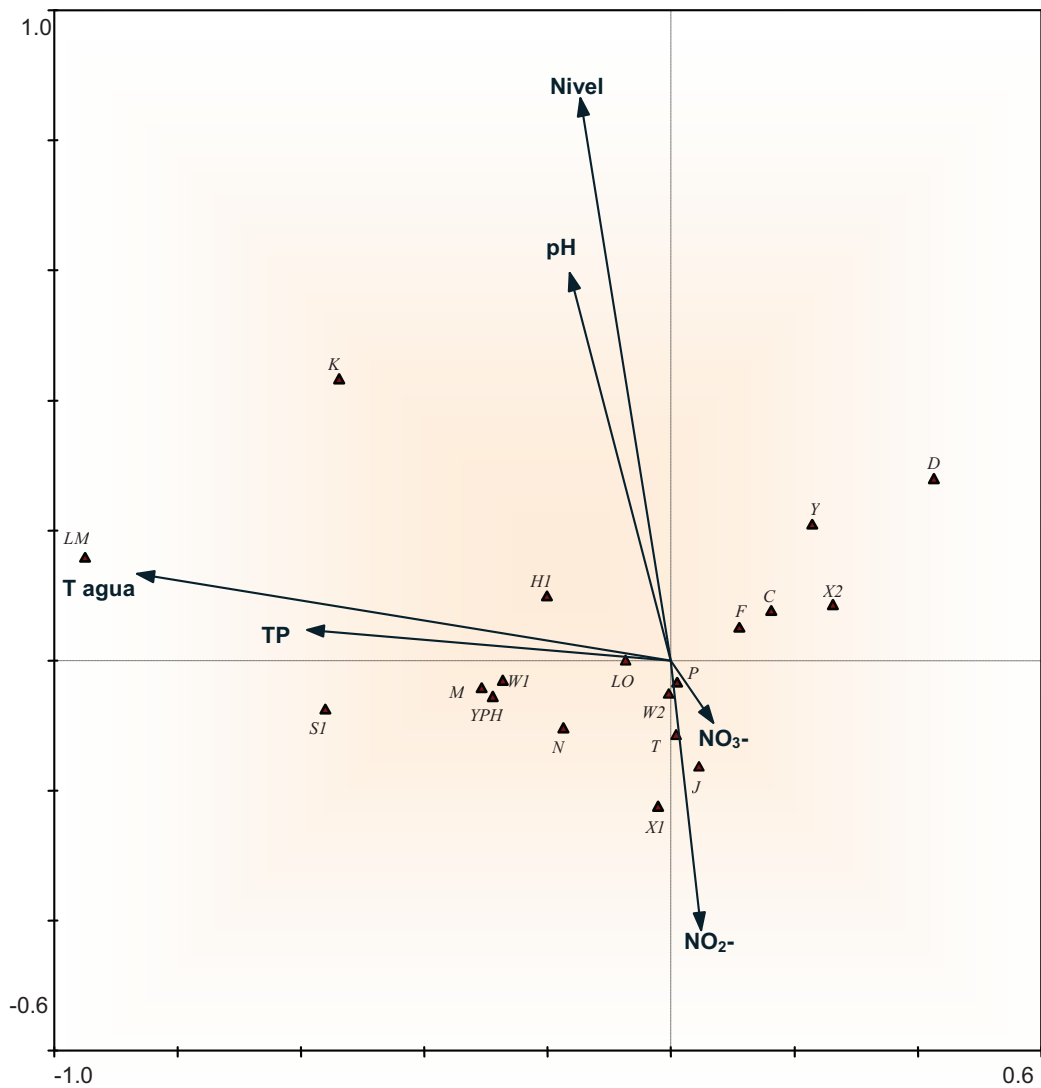


Figura 69. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC): Diagrama de ordenación con grupos funcionales ($\log_{10} [\text{células.mL}^{-1}+1]$) y variables ambientales en el espacio de los dos primeros ejes de ordenación. El eje horizontal representa el eje 1 y el vertical al eje 2.

Grupos funcionales: ▲

Variables ambientales: T agua: temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), nivel: nivel del embalse (m snm), TP: concentración de fósforo total (mg.l^{-1}), NO_3^- : concentración de nitrato (mg.l^{-1}), NO_2^- : concentración de nitrito (mg.l^{-1}) y pH.

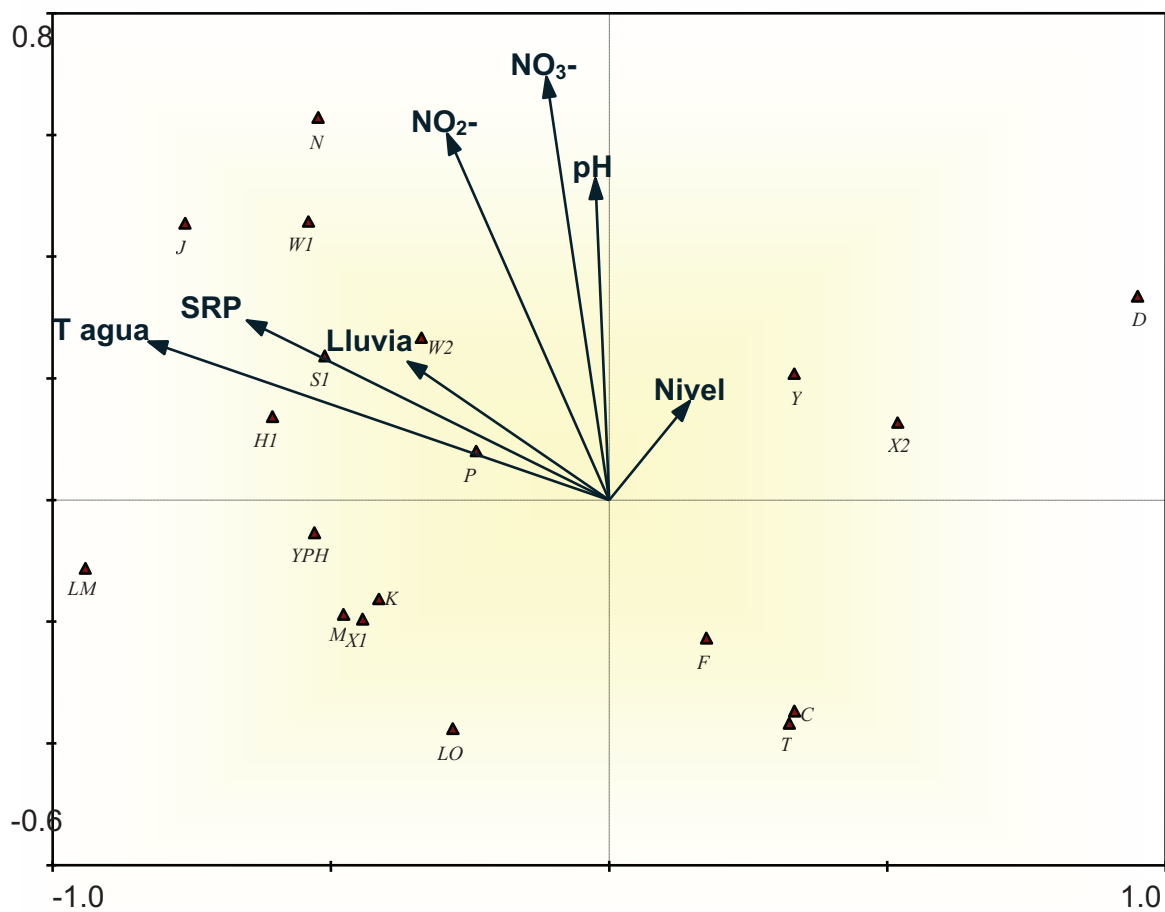


Figura 70. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC): Diagrama de ordenación con grupos funcionales ($\log_{10} [\text{biovolumen}+1]$) y variables ambientales en el espacio de los dos primeros ejes de ordenación. El eje horizontal representa el eje 1 y el vertical al eje 2.

Grupos funcionales: ▲

Variables ambientales: T agua: temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), nivel: nivel del embalse (m snm), SRP: concentración de fósforo reactivo soluble (mg.l^{-1}), NO_3^- : concentración de nitrato (mg.l^{-1}), NO_2^- : concentración de nitrito (mg.l^{-1}), Lluvia: precipitaciones caídas entre muestreos sucesivos (mm) y pH.

Tabla 10. Lista de taxa identificados en las cuatro estaciones de muestreo indicando la frecuencia de ocurrencia (F%) y el tipo de especie (R= raras; C= comunes; CT= constantes).

¹ especies que no pudieron ser discriminadas con la magnificación empleada (400 X) durante el análisis cuantitativo. * especies que presentaron frecuencias de ocurrencia superiores al 50% en las cuatro estaciones de muestro. -- no se registró ningún individuo durante el análisis cuantitativo.

Taxón	S1		S2		S3		S4	
	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo
CYANOPROCARIOTA								
<i>Aphanothece smithii</i>	6,3	R	11,4	C	10,1	C	7,5	R
<i>Synechococcus epigloeicus</i> *	57,5	CT	62,9	CT	60,8	CT	56,7	CT
<i>Rhabdogloea scenedesmoides</i>	22,5	C	24,3	C	15,2	C	23,9	C
<i>Synechocystis aquatilis</i> *	76,3	CT	58,6	CT	55,7	CT	61,2	CT
<i>Synechocystis</i> sp.	41,3	C	31,4	C	38,0	C	41,8	C
<i>Synechocystis fuscopigmentosa</i>	10,0	C	12,9	C	11,4	C	7,5	R
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	11,3	C	21,4	C	22,8	C	20,9	C
<i>Merismopedia trolleri</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Merismopedia tenuissima</i>	--	--	--	--	--	--	1,5	R
<i>Merismopedia elegans</i>	7,5	R	8,6	R	8,9	R	6,0	R
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>	35,0	C	22,9	C	26,6	C	20,9	C
<i>Coelosphaerium dubium</i>	3,8	R	7,1	R	6,3	R	6,0	R
<i>Coelosphaerium punctiferum</i>	5,0	R	10,0	C	8,9	R	6,0	R
<i>Snowella lacustris</i>	41,3	C	38,6	C	36,7	C	43,3	C
<i>Snowella fennica</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Woronichinia elorantae</i>	50,0	CT	52,9	CT	41,8	C	40,3	C
<i>Microcystis aeruginosa</i>	45,0	C	51,4	CT	60,8	CT	56,7	CT
<i>Microcystis flos-aquae</i>	58,8	CT	48,6	C	49,4	C	52,2	CT
<i>Microcystis natans</i> *	77,5	CT	81,4	CT	82,3	CT	80,6	CT
<i>Microcystis protocystis</i>	30,0	C	34,3	C	31,6	C	31,3	C
<i>Chroococcus limneticus</i>	11,3	C	8,6	R	6,3	R	1,5	R
<i>Chroococcus minutus</i>	8,8	R	4,3	R	10,1	C	14,9	C
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	5,0	R	8,6	R	3,8	R	4,5	R
<i>Limnothrix guttulata</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Jaaginema minimum</i>	3,8	R	2,9	R	2,5	R	3,0	R
<i>Spirulina major</i>	1,3	R	1,4	R	3,8	R	4,5	R
<i>Planktothrix agardhii</i>	2,5	R	8,6	R	8,9	R	10,4	C
<i>Planktothrix</i> sp.	--	--	1,4	R	3,8	R	0,0	
<i>Phormidium hamelii</i>	--	--	--	--	--	--	1,5	R
<i>Phormidium aerugineo-caeruleum</i>	3,8	R	4,3	R	2,5	R	4,5	R
<i>Phormidium tergestinum</i>	3,8	R	14,3	C	2,5	R	7,5	R
<i>Tychonema</i> sp.	1,3	R	4,3	R	1,3	R	1,5	R
<i>Oscillatoria foreau</i>	13,8	C	12,9	C	11,4	C	17,9	C
<i>Anabaena circinalis</i> *	86,3	CT	84,3	CT	93,7	CT	91,0	CT
<i>Anabaena sphaerica</i>	10,0	C	17,1	C	24,1	C	17,9	C

Taxón	S1		S2		S3		S4	
	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	F%	Tipo	F%
CHLOROPHYCEAE								
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> *	68,8	CT	67,1	CT	74,7	CT	73,1	CT
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	35,0	C	41,4	C	45,6	C	44,8	C
<i>Ankyra judayi</i>	13,8	C	20,0	C	20,3	C	11,9	C
<i>Korshikoviella limnetica</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Schroederia setigera</i> *	82,5	CT	74,3	CT	84,8	CT	85,1	CT
<i>Golenkinia radiata</i>	36,3	C	35,7	C	31,6	C	26,9	C
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>cornutum</i>	1,3	R	2,9	R	3,8	R	1,5	R
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	40,0	C	38,6	C	38,0	C	40,3	C
<i>Pediastrum tetras</i>	23,8	C	24,3	C	38,0	C	26,9	C
<i>Micractinium pusillum</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Quadricoccus ellipticus</i>	40,0	C	41,4	C	41,8	C	41,8	C
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> *	83,8	CT	92,9	CT	91,1	CT	89,6	CT
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> *	82,5	CT	81,4	CT	88,6	CT	82,1	CT
<i>Botryococcus braunii</i>	60,0	CT	48,6	C	40,5	C	46,3	C
<i>Coenocystis planctonica</i> var. <i>planctonica</i>	20,0	C	21,4	C	22,8	C	14,9	C
<i>Coenocystis planconvexa</i> *	65,0	CT	88,6	CT	83,5	CT	79,1	CT
<i>Thorakochloris nygaardii</i>	3,8	R	7,1	R	5,1	R	4,5	R
<i>Lagerheimia citrififormis</i>	30,0	C	22,9	C	32,9	C	29,9	C
<i>Lagerheimia subsalsa</i>	36,3	C	67,1	CT	64,6	CT	61,2	CT
<i>Lagerheimia balatonica</i>	15,0	C	21,4	C	16,5	C	14,9	C
<i>Lagerheimia ciliata</i>	16,3	C	25,7	C	22,8	C	23,9	C
<i>Oocystis naegeli</i>	16,3	C	18,6	C	19,0	C	25,4	C
<i>Oocystella rhomboidea</i> *	81,3	CT	80,0	CT	83,5	CT	86,6	CT
<i>Oocystella marssonii</i> *	70,0	CT	71,4	CT	74,7	CT	86,6	CT
<i>Oocystella borgei</i>	51,3	CT	30,0	C	32,9	C	28,4	C
<i>Oocystella lacustris</i> *	90,0	CT	81,4	CT	88,6	CT	77,6	CT
<i>Oocystella parva</i> *	95,0	CT	95,7	CT	93,7	CT	89,6	CT
<i>Oocystella solitaria</i> *	51,3	CT	57,1	CT	59,5	CT	59,7	CT
<i>Oocystella submarina</i>	43,8	C	47,1	C	44,3	C	47,8	C
<i>Oocystella ecbalocystiformis</i> var. <i>americana</i> *	71,3	CT	74,3	CT	81,0	CT	73,1	CT
<i>Chlorella homosphaera</i> *	55,0	CT	54,3	CT	55,7	CT	56,7	CT
<i>Chlorella oocystoides</i>	41,3	C	7,1	R	5,1	R	3,0	R
<i>Monoraphidium circinale</i> *	82,5	CT	74,3	CT	84,8	CT	89,6	CT
<i>Monoraphidium dybowskii</i> *	75,0	CT	68,6	CT	81,0	CT	70,1	CT
<i>Monoraphidium tortile</i>	1,3	R	1,4	R	--	--	1,5	R
<i>Monoraphidium contortum</i>	12,5	C	20,0	C	19,0	C	13,4	C
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	11,3	C	18,6	C	13,9	C	11,9	C
<i>Kirchneriella irregularis</i> var. <i>irregularis</i>	21,3	C	31,4	C	30,4	C	26,9	C
<i>Kirchneriella irregularis</i> var. <i>spiralis</i>	8,8	R	27,1	C	27,8	C	29,9	C
<i>Kirchneriella</i> sp. *	61,3	CT	75,7	CT	81,0	CT	74,6	CT

Taxón	S1		S2		S3		S4	
	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo
<i>Kirchneriella subcapitata</i>	38,8	C	42,9	C	40,5	C	32,8	C
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>contorta</i> *	55,0	CT	62,9	CT	64,6	CT	56,7	CT
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>elegans</i>	38,8	C	45,7	C	57,0	CT	46,3	C
<i>Pseudoquadrigula lacustris</i> *	65,0	CT	75,7	CT	77,2	CT	71,6	CT
<i>Tetraedron minimum</i>	--	--	--	--	3,8	R	--	--
<i>Tetraedron hemisphaericum</i> *	65,0	CT	75,7	CT	70,9	CT	82,1	CT
<i>Coelastrum microporum</i> *	88,8	CT	88,6	CT	91,1	CT	92,5	CT
<i>Coelastrum astroideum</i> *	71,3	CT	71,4	CT	74,7	CT	73,1	CT
<i>Coelastrum indicum</i> *	95,0	CT	98,6	CT	96,2	CT	92,5	CT
<i>Tetrastrum komarekii</i>	8,8	R	7,1	R	5,1	R	7,5	R
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	15,0	C	25,7	C	25,3	C	16,4	C
<i>Rayssiella hemisphaerica</i>	6,3	R	4,3	R	10,1	C	6,0	R
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>arcuatus</i> ^{1*}	66,3	CT	64,3	CT	72,2	CT	65,7	CT
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>platydiscus</i> ¹								
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	6,3	R	7,1	R	6,3	R	10,4	C
<i>Scenedesmus obliquus</i>	2,5	R	--	--	--	--	--	--
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>	--	--	4,3	R	2,5	R	0,0	
<i>Scenedesmus semipulcher</i> *	73,8	CT	75,7	CT	78,5	CT	68,7	CT
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	16,3	C	10,0	C	12,7	C	19,4	C
<i>Scenedesmus aldavei</i>	--	--	--	--	--	--	1,5	R
<i>Scenedesmus lefevrii</i> var. <i>manguinii</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Scenedesmus intermedius</i>	1,3	R	--	--	1,3	R	1,5	R
<i>Scenedesmus communis</i>	12,5	C	24,3	C	12,7	C	10,4	C
<i>Scenedesmus raciborski</i>	27,5	C	27,1	C	30,4	C	32,8	C
<i>Chlamydomonas</i> sp 1	17,5	C	21,4	C	26,6	C	23,9	C
<i>Chlamydomonas</i> sp 2	26,3	C	35,7	C	24,1	C	22,4	C
<i>Chlamydomonas</i> sp 3 *	60,0	CT	58,6	CT	73,4	CT	70,1	CT
<i>Chlamydomonas peterfii</i>	11,3	C	22,9	C	17,7	C	28,4	C
<i>Phacotus lenticularis</i> *	81,3	CT	84,3	CT	83,5	CT	77,6	CT
ZYGNEMATOPHYCEAE								
<i>Closterium aciculare</i> *	95,0	CT	98,6	CT	96,2	CT	100,0	CT
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i> *	75,0	CT	72,9	CT	74,7	CT	68,7	CT
<i>Closterium moniliferum</i>	20,0	C	27,1	C	10,1	C	22,4	C
<i>Cosmarium botrytis</i>	--	--	2,9	R	--	--	5,4	R
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	38,8	C	28,6	C	41,8	C	23,9	C
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	11,3	C	12,9	C	11,4	C	9,0	R
<i>Staurastrum gracile</i> *	82,5	CT	81,4	CT	77,2	CT	77,6	CT
<i>Staurastrum hexacerum</i>	5,0	R	7,1	R	10,1	C	4,5	R
<i>Staurastrum</i> sp.	27,5	C	21,4	C	36,7	C	35,8	C
<i>Spirogyra</i> sp. 1	2,5	R	1,4	R	3,8	R	4,5	R
<i>Spirogyra</i> sp. 2	--	--	--	--	--	--	--	--

Taxón	S1		S2		S3		S4	
	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo
<i>Zygnema</i> sp.	--	--	--	--	--	--	--	--
CHRYSOPHYCEAE								
<i>Salpingoeca</i> sp.	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Lagynion</i> sp.	1,3	R	1,4	R	3,8	R	1,5	R
XANTHOPHYCEAE								
<i>Tetraplektron torsum</i>	17,5	C	15,7	C	11,4	C	13,4	C
<i>Isthmochloron lobulatum</i>	35,0	C	37,1	C	31,6	C	37,3	C
<i>Tribonema</i> sp. *	80,0	CT	82,9	CT	79,7	CT	76,1	CT
BACILLARIOPHYCEAE								
<i>Aulacoseira granulata</i> *	67,5	CT	80,0	CT	70,9	CT	76,1	CT
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	21,3	C	25,7	C	27,8	C	19,4	C
<i>Cyclotella meneghiniana</i> *	100,0	CT	100,0	CT	100,0	CT	100,0	CT
<i>Stephanodiscus</i> sp. *	57,5	CT	70,0	CT	70,9	CT	62,7	CT
<i>Melosira varians</i>	--	--	2,9	R	1,3	R	4,5	R
<i>Diatoma vulgare</i>	--	--	5,7	R	--	--	13,4	C
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	2,5	R	12,9	C	1,3	R	7,5	R
<i>Tabularia fasciculata</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	26,3	C	27,1	C	25,3	C	28,4	C
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i>	15,0	C	12,9	C	3,8	R	22,4	C
<i>Gomphonema olivaceum</i>	3,8	R	14,3	C	8,9	R	17,9	C
<i>Gyrosigma spencerii</i>	1,3	R	2,9	R	1,3	R	--	--
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	23,8	C	71,4	CT	39,2	C	59,7	CT
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>veneta</i>	7,5	R	28,6	C	12,7	C	16,4	C
<i>Navicula peregrina</i>	3,8	R	11,4	C	8,9	R	6,0	R
<i>Navicula recens</i>	8,8	R	41,4	C	35,4	C	43,3	C
<i>Navicula exigua</i> var. <i>capitata</i>	--	--	1,4	R	--	--	--	--
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>radiosa</i>	2,5	R	8,6	R	5,1	R	10,4	C
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>tenella</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Navicula menisculus</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Diploneis puella</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1,3	R	1,4	R	1,3	R	1,5	R
<i>Epithemia sorex</i>	7,5	R	20,0	C	11,4	C	22,4	C
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>proboscidea</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Rhopalodia operculata</i>	--	--	--	--	--	--	1,5	R
<i>Hantzschia amphioxys</i>	--	--	1,4	R	1,3	R	--	--
<i>Nitzschia acicularis</i>	5,0	R	17,1	C	17,7	C	6,0	R
<i>Nitzschia dissipata</i>	1,3	R	2,9	R	2,5	R	1,5	R
<i>Nitzschia palea</i>	27,5	C	64,3	CT	40,5	C	49,3	C
<i>Nitzschia hungarica</i> ¹	--	--	1,4	R	--	--	--	--
<i>Nitzschia constricta</i> ¹	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Nitzschia</i> sp.	1,3	R	1,4	R	1,3	R	--	--

Taxón	S1		S2		S3		S4	
	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo	F%	Tipo
<i>Surirella caspia</i>	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Cymatopleura solea</i>	--	--	2,9	R	3,8	R	1,5	R
CRYPTOPHYCEAE								
<i>Cryptomonas ovata</i> *	77,5	CT	81,4	CT	84,8	CT	91,0	CT
<i>Cryptomonas marssonii</i> *	66,3	CT	62,9	CT	69,6	CT	71,6	CT
<i>Rhodomonas lacustris</i> *	96,3	CT	100,0	CT	100,0	CT	100,0	CT
DINOPHYCEAE								
<i>Peridinium</i> sp.	1,3	R	14,3	C	7,6	R	6,0	R
<i>Ceratium hirundinella</i> fa. <i>austriacum</i>	8,8	R	8,6	R	17,7	C	6,0	R
EUGLENOPHYCEAE								
<i>Euglena variabilis</i>	5,0	R	10,0	C	15,2	C	1,5	R
<i>Trachelomonas rotunda</i> *	77,5	CT	87,1	CT	74,7	CT	82,1	CT

Tabla 11. Lista de taxa abundantes (A) y dominantes (D) considerando la densidad (células mL⁻¹), presentes en las cuatro estaciones de muestreo.

Taxones	S1	S2	S3	S4	Taxones	S1	S2	S3	S4
CYANOPROCARIOTA					<i>Oocystella lacustris</i>	A	A	A	
<i>Aphanothece smithii</i>	A	A	A	A	<i>Oocystella parva</i>	A	A	A	A
<i>Synechococcus epigloeicus</i>	A	A	A	A	<i>Oocystella submarina</i>	A	A		
<i>Synechocystis aquatilis</i>	A	A	A	D	<i>Oocystella ecballocystiformis</i> var. <i>americana</i>	A	A	A	
<i>Synechocystis</i> sp.			A	A	<i>Chlorella homosphaera</i>		A	A	
<i>Synechocystis fuscopigmentosa</i>	A	A	A	A	<i>Monoraphidium circinale</i>		A		
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	A	A	A	A	<i>Monoraphidium dybowskii</i>	A	A	A	A
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>	A	A	A	A	<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>contorta</i>				A
<i>Coelosphaerium dubium</i>		A		A	<i>Coelastrum microporum</i>	A	A	A	A
<i>Coelosphaerium punctiferum</i>	A	A	A		<i>Coelastrum astroideum</i>	A	A	A	A
<i>Snowella lacustris</i>	A	A	A	A	<i>Coelastrum indicum</i>	A	A	A	A
<i>Woronichinia elorantae</i>	A	A	A	A	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>				A
<i>Microcystis aeruginosa</i>	D	A	A	D	<i>Scenedesmus semipulcher</i>	A	A	A	A
<i>Microcystis flos-aquae</i>	D	A	A	D	<i>Phacotus lenticularis</i>			A	
<i>Microcystis natans</i>	D	D	D	D	ZYGNEMATOPHYCEAE				
<i>Microcystis protocystis</i>	A	A	A	A	<i>Closterium aciculare</i>	A	A	A	A
<i>Anabaena circinalis</i>	D	D	A	D	<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>				A
<i>Anabaena sphaerica</i>	A	A	A	A	<i>Staurastrum gracile</i>	A	A	A	A
CHLOROPHYCEAE					XANTHOPHYCEAE				
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	A	A	A	A	<i>Tribonema</i> sp.	A	A	A	A
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>		A			BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Schroederia setigera</i>	A	A	A	A	<i>Aulacoseira granulata</i>	A	A	A	A
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	A	A	A	A	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>			A	
<i>Quadricoccus ellipticus</i>		A	A	A	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	A	A	A	D
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	A	A	A	A	<i>Stephanodiscus</i> sp.	D	D	A	A
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	A	A	A	A	<i>Gomphonema olivaceum</i>				A
<i>Botryococcus braunii</i>	A	A	A	A	CRYPTOPHYCEAE				
<i>Coenocystis planconvexa</i>	A	A	A	A	<i>Cryptomonas ovata</i>	A	A	A	A
<i>Oocystella marssonii</i>	A	A	A	A	<i>Cryptomonas marssonii</i>			A	A
					<i>Rhodomonas lacustris</i>	A	A	A	A

Tabla 12. Lista de taxa abundantes (A) y dominantes (D), considerando el biovolumen ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$), presentes en las cuatro estaciones de muestreo.

Taxones	S1	S2	S3	S4	Taxones	S1	S2	S3	S4
CYANOPROCARIOTA					<i>Phacotus lenticularis</i>	A		A	
<i>Synechocystis aquatilis</i>	A	A	A	A	ZYGNEMATOPHYCEAE				
<i>Synechocystis</i> sp.			A	A	<i>Closterium aciculare</i>	A	A	A	A
<i>Synechocystis fuscopigmentosa</i>	A	A	A	A	<i>Closterium moniliferum</i>	A	A	A	A
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>		A		A	<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	A		A	
<i>Coelosphaerium dubium</i>		A			<i>Staurastrum chaetoceras</i>			A	A
<i>Woronichinia elorantae</i>	A	A	A	A	<i>Staurastrum gracile</i>	D	D	D	D
<i>Microcystis aeruginosa</i>	A	A	A	D	<i>Staurastrum</i> sp.		A	A	A
<i>Microcystis flos-aquae</i>	A	A	A	A	<i>Spirogyra</i> sp. 1		A	A	A
<i>Microcystis natans</i>	A	A	A	A	XANTHOPHYCEAE				
<i>Microcystis protocystis</i>	A	A	A		<i>Tribonema</i> sp.	A	A	A	A
<i>Planktothrix agardhii</i>	A				BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Anabaena circinalis</i>	A	A	D	D	<i>Aulacoseira granulata</i>	D	D	D	D
<i>Anabaena sphaerica</i>				A	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>			A	
CHLOROPHYCEAE					<i>Cyclotella meneghiniana</i>	D	D	A	D
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	A	A	A	A	<i>Stephanodiscus</i> sp.	D	D	D	D
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	A	A	A	A	<i>Diatoma vulgare</i>				A
<i>Schroederia setigera</i>	A	A		A	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>			A	
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	A	A	A	A	<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>		A		A
<i>Pediastrum tetras</i>			A		<i>Navicula peregrina</i>	A	A	A	A
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	A	A	A	A	<i>Epithemia sores</i>			A	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	A	A	A	A	<i>Nitzschia</i> sp.			A	
<i>Lagerheimia citrifomis</i>	A	A	A	A	<i>Cymatopleura solea</i>		A	A	A
<i>Lagerheimia ciliata</i>	A				CRYPTOPHYCEAE				
<i>Oocystella marssonii</i>	A	A	A	A	<i>Cryptomonas ovata</i>	D	D	D	D
<i>Oocystella borgei</i>	A				<i>Cryptomonas marssonii</i>			A	
<i>Oocystella lacustris</i>	A		A		<i>Rhodomonas lacustris</i>	A	A	A	A
<i>Oocystella parva</i>	A	A	A	A	DINOPHYCEAE				
<i>Oocystella solitaria</i>	A	A	A	A	<i>Peridinium</i> sp.	A	A	A	A
<i>Chlorella homosphaera</i>			A		<i>Ceratium hirundinella</i> fa. <i>austriacum</i>	A	A	A	A
<i>Coelastrum microporum</i>	A	A	A	A	EUGLENOPHYCEAE				
<i>Coelastrum astroideum</i>	A	A	A	A	<i>Euglena variabilis</i>	A	A	A	
<i>Coelastrum indicum</i>	A	A	A	A	<i>Trachelomonas rotunda</i>	A	A	A	A

Tabla 13. Lista de especies descriptoras (especies que fueron dominantes o abundantes en al menos un muestreo considerando el biovolumen y/o la densidad) caracterizadas por el grupo funcional, el grupo de tamaño, el hábito y la estrategia ecológica de cada especie.

Taxon (cont.)	Grupo funcional	Grupo de tamaño	Estrategia ecológica	Hábito
CYANOPROCARIOTA				
<i>Aphanothece smithii</i> *	K	G3	CS	colonial
<i>Synechococcus epigloeiicus</i>	X1	G1	C	filamentos cortos
<i>Synechocystis aquatilis</i>	X1	G1	C	solitaria
<i>Synechocystis</i> sp.	X1	G1	C	solitaria
<i>Synechocystis fuscopigmentosa</i>	X1	G2	C	colonial
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	K	G2	CS	colonial
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>	K	G3	CS	colonial
<i>Coelosphaerium dubium</i> *	K	G3	CS	colonial
<i>Coelosphaerium punctiferum</i> *	K	G3	CS	colonial
<i>Snowella lacustris</i>	L ₀	G3	S	colonial
<i>Woronichinia elorantae</i>	L ₀	G2	S	colonial
<i>Microcystis aeruginosa</i>	M	G4	S	colonial
<i>Microcystis flos-aquae</i>	M	G4	S	colonial
<i>Microcystis natans</i>	M	G4	S	colonial
<i>Microcystis protoeystis</i>	M	G4	S	colonial
<i>Planktothrix agardhii</i> *	S1	G4	R	filamentos
<i>Anabaena circinalis</i>	H1	G4	S	filamentos
<i>Anabaena sphaerica</i>	H1	G4	S	filamentos
CHLOROPHYCEAE				
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	F	G2	CS	colonias pequeñas
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	F	G2	CS	solitaria
<i>Schroederia setigera</i>	X1	G4	C	solitaria
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	J	G4	CR	cenobios

Taxon (cont.)	Grupo funcional	Grupo de tamaño	Estrategia ecológica	Hábito
<i>Pediastrum tetras</i>	J	G2	CR	cenobios
<i>Quadricoccus ellipticus</i>	F	G1	CS	colonias pequeñas
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	F	G1	CS	colonial
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	F	G2	CS	colonial
<i>Botryococcus braunii</i>	F	G3	CS	colonial
<i>Coenocystis planconvexa</i>	F	G1	CS	solitaria
<i>Lagerheimia citrififormis</i>	F	G1	CS	solitaria
<i>Lagerheimia ciliata</i>	F	G1	CS	solitaria
<i>Oocystella marssonii</i>	F	G1	CS	solitaria o colonias pequeñas
<i>Oocystella borgei</i>	F	G1	CS	solitaria o colonias pequeñas
<i>Oocystella lacustris</i>	F	G1	CS	solitaria o colonias pequeñas
<i>Oocystella parva</i>	F	G1	CS	solitaria o colonias pequeñas
<i>Oocystella solitaria</i>	F	G2	CS	solitaria
<i>Oocystella submarina</i>	F	G1	CS	solitaria o colonias pequeñas
<i>Oocystella ecballocystiformis</i> var. <i>americana</i>	F	G1	CS	solitaria o colonias pequeñas
<i>Chlorella homosphaera</i>	X1	G1	C	solitaria
<i>Monoraphidium circinale</i>	X1	G1	C	solitaria
<i>Monoraphidium dybowskii</i>	X1	G1	C	solitaria
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>contorta</i> .	F	G1	CS	colonias pequeñas
<i>Coelastrum microporum</i>	J	G1	CR	cenobios
<i>Coelastrum astroideum</i>	J	G1	CR	cenobios
<i>Coelastrum indicum</i>	J	G2	CR	cenobios
<i>Tetrastrum stauroniaeforme</i>	J	G1	CR	cenobios
<i>Scenedesmus semipulcher</i>	J	G1	CR	cenobios
<i>Phacotus lenticularis</i>	Y _{PH}	G1	CS	solitaria/flagelado

Taxon (cont.)	Grupo funcional	Grupo de tamaño	Estrategia ecológica	Hábito
ZYGNETMATOPHYCEAE				
<i>Closterium aciculare</i>	P	G4	R	solitaria
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	P	G3	R	solitaria
<i>Closterium moniliferum</i>	P	G4	R	solitaria
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	N	G2	SR	solitaria
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	P	G1	R	solitaria
<i>Staurastrum gracile</i>	P	G3	R	solitaria
<i>Staurastrum</i> sp.	P	G2	R	solitaria
<i>Spirogyra</i> sp. 1 *	T	G4	R	filamentos
XANTHOPHYCEAE				
<i>Tribonema</i> sp.	T	G4	R	filamentos
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Aulacoseira granulata</i>	P	G4	R	filamentos
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	P	G4	R	filamentos
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	C	G1	R	solitaria
<i>Stephanodiscus</i> sp.	D	G2	R	solitaria
<i>Gomphonema olivaceum</i>	D	G2	R	solitaria
<i>Diatoma vulgare</i> *	D	G2	R	solitaria
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	D	G2	R	solitaria
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	D	G2	R	solitaria
<i>Navicula peregrina</i> *	D	G3	R	solitaria
<i>Epithemia sorex</i>	C	G2	R	solitaria
<i>Nitzschia</i> sp. *	D	G4	R	solitaria
<i>Cymatopleura solea</i> *	D	G4	R	solitaria
CRYPTOPHYCEAE				
<i>Cryptomonas ovata</i>	Y	G2	CRS	solitaria/flagelado

Taxon (cont.)	Grupo funcional	Grupo de tamaño	Estrategia ecológica	Hábito
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Y	G1	CRS	solitaria/flagelado
<i>Rhodomonas lacustris</i>	X2	G1	C	solitaria/flagelado
DINOPHYCEAE				
<i>Peridinium</i> sp. *	L ₀	G3	S	solitaria/flagelado
<i>Ceratium hirundinella</i> fa. <i>austriacum</i> *	LM	G4	S	solitaria/flagelado
EUGLENOPHYCEAE				
<i>Euglena variabilis</i> *	W1	G3	R/CR/CRS	solitaria/flagelado
<i>Trachelomonas rotunda</i>	W2	G1	R/CR/CRS	solitaria/flagelado

* Especies raras

Tabla 14. Valores promedios de las variables fisicoquímicas en cada estado de la sucesión.

Estado	Nivel (m snm)	pH	T agua (°C)	T aire (°C)	Cond. (mS.cm ⁻¹)	Secchi (m)	TSS (µg.l ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)	TP (mg.l ⁻¹)	SRP (mg.l ⁻¹)	Sílice (mg.l ⁻¹)	N:P
Cianobacterias - <i>S. gracile</i>	162,87	8,63	21,79	16,45	0,36	1,33	3,10	1,48	0,04	0,58	0,37	0,76	4,20
Cianobacterias - <i>A. granulata</i>	162,47	8,62	20,76	20,57	0,36	1,40	3,59	1,30	0,02	0,51	0,33	1,89	4,17
Cianobacterias - <i>A. granulata</i> - <i>D. ehrenbergianum</i>	162,46	8,08	12,16	11,99	0,45	1,78	2,68	1,29	0,02	0,40	0,23	0,90	6,42
<i>Stephanodiscus</i> sp. - <i>C. meneghiniana</i>	163,07	7,97	8,88	8,74	0,53	1,39	6,31	1,48	0,02	0,40	0,21	1,18	7,40
<i>Stephanodiscus</i> sp. - <i>C. ovata</i>	163,70	9,24	12,10	13,18	0,38	1,49	8,13	1,49	0,02	0,38	0,19	0,73	8,18
Cianobacterias - <i>S. gracile</i> II	163,76	8,85	18,98	19,00	0,41	1,61	4,26	1,34	0,02	0,36	0,17	1,07	8,43

T agua: temperatura del agua; T aire: temperatura del aire; Cond.: conductividad; Secchi: profundidad de visión del disco de Secchi; TSS: sólidos suspendidos totales; NO₃⁻: nitratos; NO₂⁻: nitritos; TP: fósforo total; SRP: fósforo reactivo soluble; N:P: relación N:P

Tabla 15. Valores promedios de las variables biológicas y grupos funcionales y de tamaño dominantes en cada estado de la sucesión.

Estado	Densidad células.10 ³ .ml ⁻¹	Biovolumen mm ³ .l ⁻¹	Riqueza	H' _d	H' _b	D _d	D _b	E _d	E _b	GT _d	GT _b	GF _d	GF _b
Cianobacterias - <i>S. gracile</i>	74,43	16,96	53,93	3,31	3,22	0,19	0,20	0,58	0,57	4	3 y 4	M, H1 y J	P ^{*3}
Cianobacterias - <i>A. granulata</i>	89,25	7,79	51,67	2,26	3,29	0,40	0,21	0,40	0,58	4	4	M	P ^{*4}
Cianobacterias - <i>A. granulata</i> - <i>D. ehrenbergianum</i>	66,52	5,75	56,75	3,02	3,65	0,24	0,16	0,52	0,63	4 y 1	4	M	P
<i>Stephanodiscus</i> sp. - <i>C. meneghiniana</i>	22,69	10,00	48,30	3,40	2,22	0,17	0,44	0,62	0,40	1	1 y 2	F	C y D
<i>Stephanodiscus</i> sp. - <i>C. ovata</i>	4,06	3,27	29,46	3,07	1,54	0,21	0,59	0,65	0,33	1 y 2	2	D ^{*1}	D
Cianobacterias - <i>S. gracile</i> II	28,14	10,27	46,47	3,00	2,51	0,25	0,33	0,55	0,46	4	3 y 2	H1 ^{*2}	P

H'_d: diversidad basada en la densidad; H'_b: diversidad basada en el biovolumen; D_d: dominancia basada en la densidad; D_b: dominancia basada en el biovolumen; E_d: equitatividad basada en la densidad; E_b: equitatividad basada en el biovolumen; GT_d: grupos de tamaño basados en la densidad; GT_b: grupos de tamaño basados en el biovolumen; GF_d: grupos funcionales basados en la densidad; GF_b: grupo funcionales basados en el biovolumen.

*1 En S1: D y F

*2 En S2: H1 y F

*3 En S3: J

*4 En S3: H1

Tabla 16. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los dos primeros ejes del ACC en base a la densidad de las especies descriptoras (\log_{10} [células ml⁻¹+1])

Variable	Eje 1	Eje 2
T agua	-0,6711	0,5455
TP	-0,5315	0,1662
Nivel	0,2578	0,7923
pH	0,0642	0,5873
NO ₂ ⁻	-0,2603	-0,1980
NO ₃ ⁻	-0,0459	-0,0059

Tabla 17. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los dos primeros ejes del ACC en base al biovolumen de las especies descriptoras (\log_{10} [biovolumen+1])

Variable	Eje 1	Eje 2
T agua	-0,7674	0,3531
SRP	-0,6215	0,1433
Nivel	0,1397	0,5544
pH	-0,0139	0,5355
NO ₂ ⁻	-0,3131	0,3075
Lluvia	-0,3476	0,4143
NO ₃ ⁻	-0,1654	0,4573

Tabla 18. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los dos primeros ejes del ACC en base a la densidad de los grupos funcionales (\log_{10} [células $\text{ml}^{-1}+1$])

Variable	Eje 1	Eje 2
T agua	-0,6576	0,1043
TP	-0,4484	0,0373
Nivel	-0,115	0,6769
pH	-0,1245	0,4668
NO_2^-	0,0370	-0,3247
NO_3^-	0,0520	-0,0751

Tabla 19. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los dos primeros ejes del ACC en base al biovolumen de los grupos funcionales (\log_{10} [biovolumen+1])

Variable	Eje 1	Eje 2
T agua	-0,7609	0,1606
SRP	-0,598	0,1823
Nivel	0,1334	0,1002
pH	-0,0229	0,3263
NO_2^-	-0,2678	0,3717
Lluvia	-0,3326	0,1405
NO_3^-	-0,1036	0,4294

5. Hongos parásitos de microalgas fitoplanctónicas

Durante el análisis cualitativo del fitoplancton se observó que individuos de diferentes especies de algas estaban parasitadas por hongos, entre ellas podemos mencionar a *Closterium aciculare*, *Oocystella parva*, *Oocystella lacustris*, *Staurastrum gracile*, *Staruastrum* sp., *Dictyosphaerium pulchellum* y *Planktosphaeria gelatinosa*. Sólo en las tres primeras especies dicha patología se observó frecuentemente y es sobre las cuales se describe el ciclo de infección.

5.1. Detalles de la infección sobre *Closterium aciculare*

Células sanas de *C. aciculare* (Figura 71a, página 236) fueron susceptibles de ser infectadas por un hongo patógeno. La infección se evidenció por la presencia de una gran cantidad de estructuras esféricas adheridas a las células de *Closterium aciculare* (Figura 71b, página 236 y 72b, página 237), estas estructuras fueron identificadas como esporangios del hongo patógeno *Rhizophyidium couchii* Sparrow (División Chytridiomycota, Orden Rhizophydiales Familia Rhizophydiaceae). Los esporangios eran esféricos, sésiles, de 7 a 14 μm de diámetro, con un sistema rizoidal extenso y ramificado dentro de la célula huésped, (Figura 71d y e, página 236). En algunos ejemplares se pudo observar un cúmulo de material rojizo dentro de la célula hospedante, en el punto de penetración del rizoide (Figura 71d, página 236).

Las zoósporas eran esféricas, de 2 a 5 μm de diámetro, con un flagelo posterior de aproximadamente 20 - 30 μm de largo y un prominente glóbulo lipídico excéntrico, característico de la división (Figura 71c, página 236 y 72a, página 237). Las zoósporas se liberaron individualmente a través de un único poro apical del

esporangio, permanecieron por un período muy breve sobre la abertura y luego se alejaron nadando (Figura 71f, página 236). Los esporangios vacíos permanecieron sobre la célula huésped luego de la liberación de las zoósporas (Figura 71g, página 236 y 72c, página 237) que infectaban nuevos hospedantes. Se pudieron observar infecciones múltiples, donde un espécimen presentaba más de una zoóspora adherida (Figura 71b, página 236 y 72b, página 237).

Luego del enquistamiento de la zoóspora, en el punto de contacto con la célula huésped, comenzó a depositarse una delgada capa de mucilago, la cual a veces se observó colonizada por bacterias (Figura 72b y c, página 237). A medida que el esporangio crecía el mucílago se hacía más evidente y tomaba una coloración rojiza; según Canter & Lund (1969) esta coloración se debería a la deposición de material ferruginoso (Figura 71g, página 236).

Se observaron esporas de resistencia sésiles, esféricas, de aproximadamente 10 μm de diámetro, rodeadas por una pared gruesa y lisa y con un único glóbulo de gran tamaño en su interior (Figura 71h, página 236).

En un estado avanzado de la infección se observó una completa destrucción del cloroplasto de la célula huésped (Figura 71e, página 236). Esporangios similares a los de *Rhizophyidium couchii* también se observaron sobre *Staurostrum gracile* y *Staruastrum* sp. pero no se pudo observar ningún otro estadio del ciclo de vida (Figura 74a, página 239).

5.2. Detalles de la infección sobre *Oocystella parva* y *Oocystella lacustris*

También se observaron células y colonias de *Oocystella parva* y *Oocystella lacustris* con zoósporas adheridas. En un estado avanzado de infección las células hospedantes mostraron un contenido necrosado, de color pardo (Figura 73a, página

238). Se pudieron observar diferentes estadios del ciclo de vida del hongo, aunque no todos. Las características morfológicas de dichos estadios son similares a las de *Chytridium deltanum* Masters (Order Chytridiales, Family Chytridiaceae). Se observaron zoósporas enquistadas esféricas, de 1,5 a 2 μm de diámetro, con un glóbulo excéntrico y prominente típico del orden Chytridiales. Un tubo de penetración fino emergía de la zoóspora enquistada, atravesando la pared de la colonia hasta contactar la célula hospedadora más cercana (Figura 73b, página 238); luego, la zoóspora originó un esporangio esférico de aproximadamente 5 μm de diámetro (Figura 73c, página 238). Se observaron esporas de resistencia endobióticas esféricas, pardas, de aproximadamente 3 μm de diámetro, en número de una por célula hospedante (Figura 73d, página 238).

5.3. Otros hongos parásitos observados

Se observaron zoósporas de Chytridiales adheridas a células de *Planktosphaeria gelatinosa* (Figura 74b, página 239) y *Dictyosphaerium pulchellum* (Figura 74d, página 239), así como un esporangio sobre *Dictyosphaerium pulchellum* (Figura 74c, página 239).

5.4. Impacto de *Rhizophydium couchii* sobre la población de *Closterium aciculare*

Durante enero de 2004 se registró el máximo número de células de *C. aciculare* en el fitoplancton (más de 400 células. ml^{-1}) y su densidad se mantuvo elevada hasta comienzos de junio de 2004 (70-260 células. ml^{-1}). La prevalencia de la infección, en cambio, fue muy baja hasta abril (de 0 a 0,7%), comenzó a incrementar

entre mayo y junio y alcanzó un máximo de 33% en julio de 2004, coincidiendo con la caída en la densidad de *C. aciculare* (Figura 75, página 240). Se registró una correlación negativa entre la densidad de *C. aciculare* y la prevalencia de la infección ($r_s=-0,42$, $p<0,05$).

Con respecto a las variables abióticas estudiadas en el embalse, al momento del inicio de la infección los cambios más importantes se registraron en la temperatura del agua y la radiación solar (Figuras 76 y 77, página 240). La infección comenzó cuando la temperatura del agua cayó por debajo de los 13°C y la radiación solar fue menor de 4.3 Kw.m⁻². Hubo una correlación positiva significativa entre la densidad de *C. aciculare* y la temperatura del agua y la radiación solar ($r_s=0,43$, $p<0,05$ y $r_s=0,40$, $p<0,05$, respectivamente) así como una correlación negativa significativa entre la prevalencia de la infección y dichos parámetros ($r_s=-0,85$, $p<0,01$ y $r_s=-0,82$, $p<0,01$, respectivamente).

Durante el período estudiado se registró una caída en la concentración de fósforo (tanto fósforo total como fósforo reactivo soluble) antes del comienzo de la infección (Figura 78, página 241). El nitrato experimentó una caída justo antes del comienzo de la infección pero rápidamente retornó a valores elevados, mientras que el nitrito mostró un comportamiento más irregular a lo largo de todo el período de estudio (Figura 79, página 241). Hubo una correlación negativa significativa entre la prevalencia de la infección y la concentración de fósforo total y fósforo reactivo soluble ($r_s=-0,63$, $p<0,01$ y $r_s=-0,71$, $p<0,01$, respectivamente), mientras que no hubo correlación ni con la concentración de nitrato ni de nitrito.

Siguiendo los cambios en la concentración de nitrógeno y fósforo, la relación N:P presentó un incremento marcado antes del inicio de la infección y luego permaneció alrededor de la relación de Redfield (relación atómica 16:1 o relación

másica 7:1) durante toda la epidemia (Figura 80, página 241), lo cual indicaría que el crecimiento del alga no estuvo limitado por ninguno de los dos nutrientes.

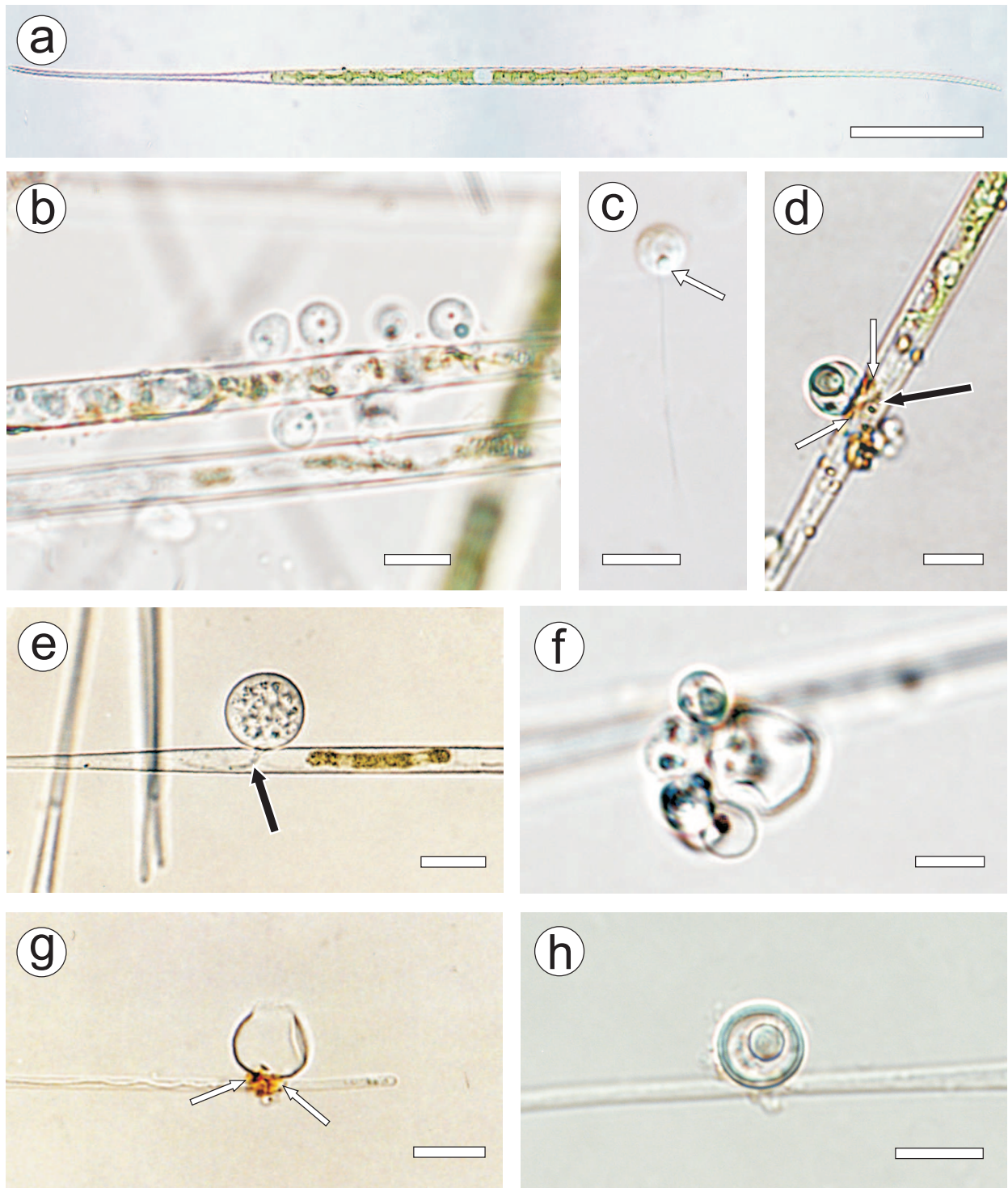


Figura 71. Detalles de la infección de *Rhizophydium couchii* sobre *C. aciculare* I (fotografías de microscopía óptica). a: célula de *C. aciculare* sana. **b:** zoosporas enquistadas. **c:** zoospora libre (la flecha blanca señala el glóbulo lipídico). **d:** esporangio joven (la flecha negra señala el sistema rizoidal, las flechas blancas señalan el cúmulo de material rojizo en el punto de penetración del rizoide). **e:** esporangio maduro (la flecha negra señala el sistema rizoidal). **f:** liberación de zoosporas. **g:** esporangio vacío (las flechas blancas señalan el mucílago con deposición de material ferruginoso) **h:** espora de resistencia. Barras escala en a, e, g y h= 10 μm ; en b, c, d y f: 5 μm

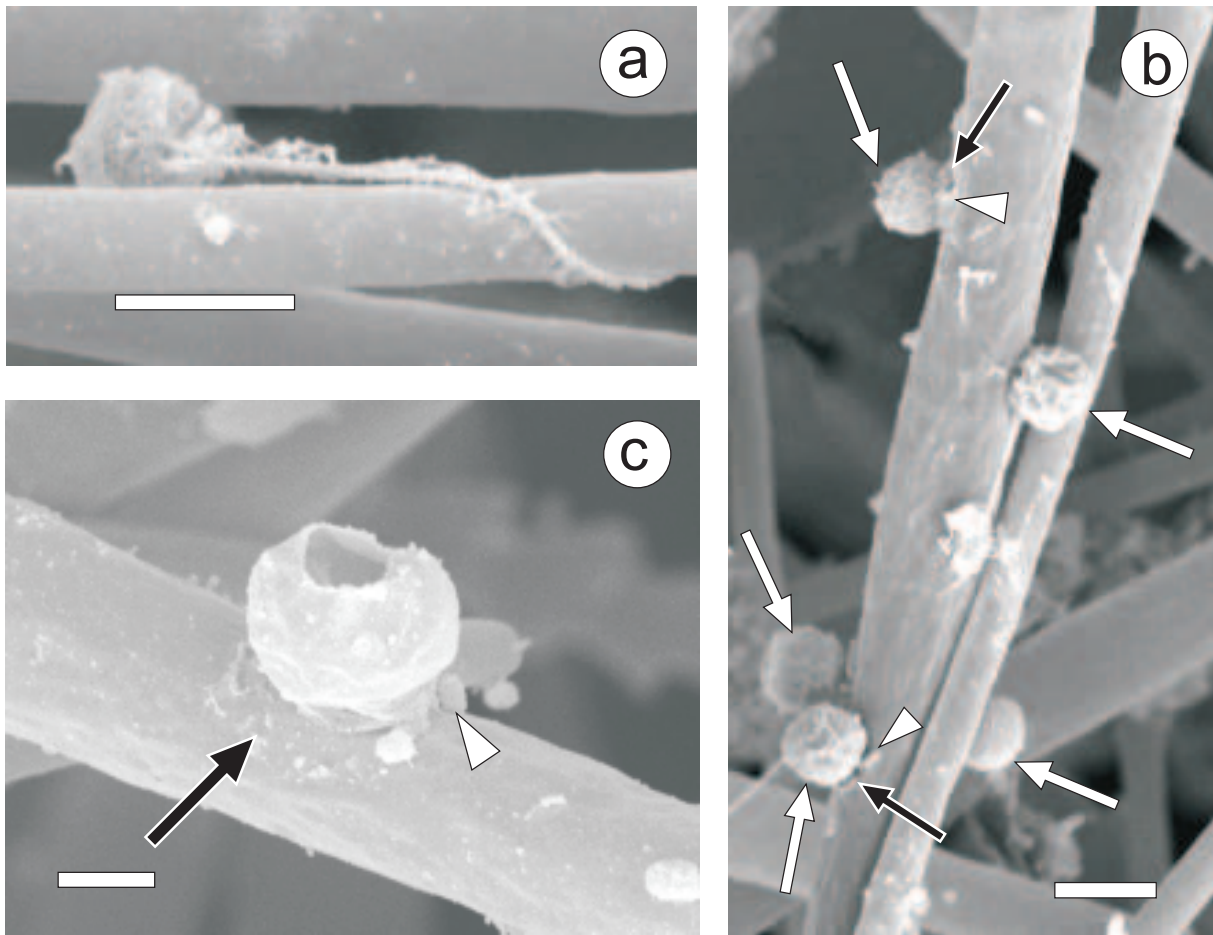


Figura 72. Detalles de la infección de *Rhizophydium couchii* sobre *C. aciculare* II (fotografías de microscopía electrónica de barrido). a: zoospora libre. **b:** zoosporas enquistadas (las flechas blancas señalan las zoosporas, las flechas negras señalan la capa de mucílago y las cabezas de flechas muestran bacterias adheridas al mucílago. **c:** esporangio vacío (la flecha negra señala la capa de mucílago y la cabeza de flecha señala las bacterias adheridas al mucílago). Barra escala= 5 μ m.

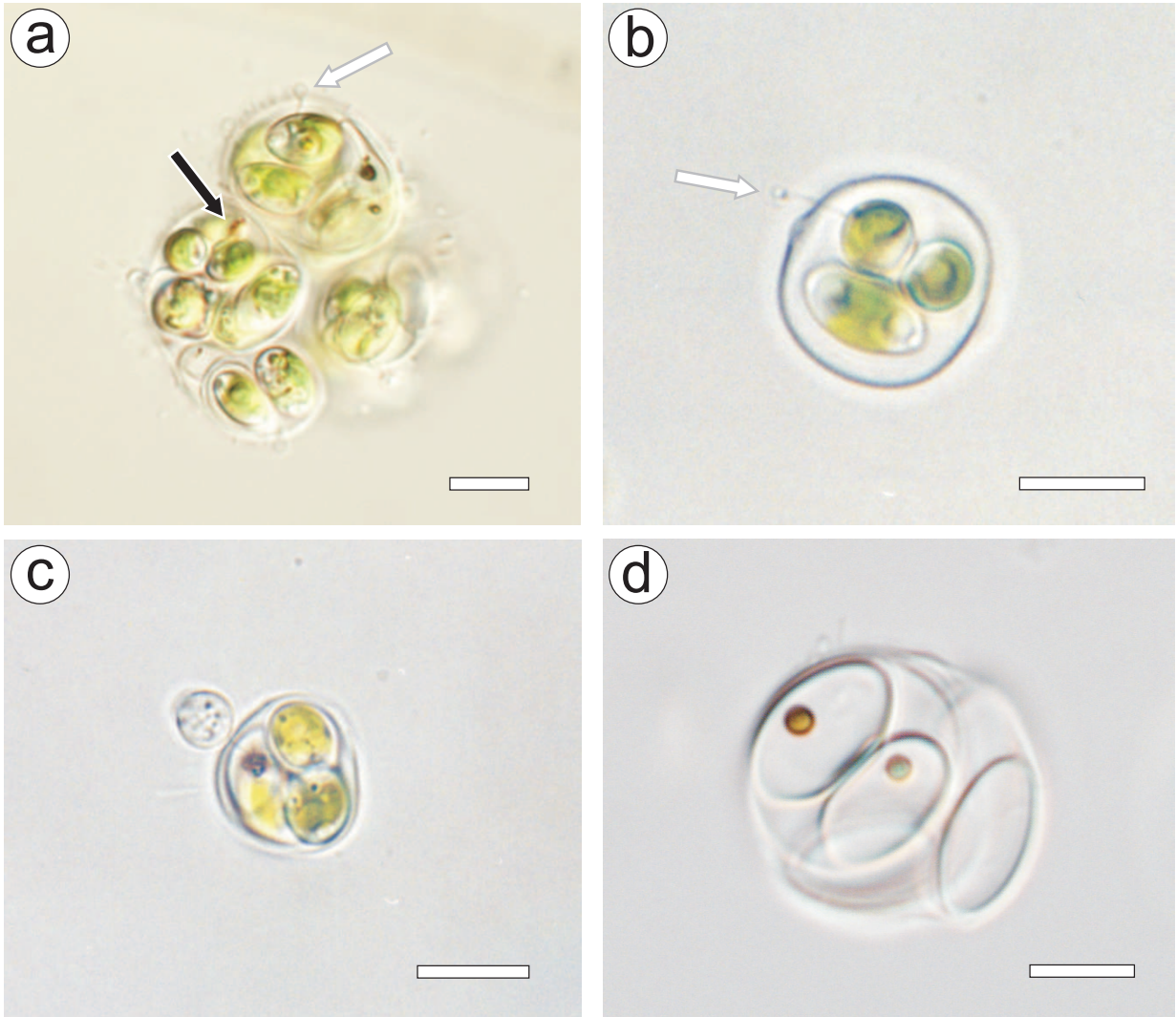


Figura 73. Detalles de la infección sobre *Oocystella* spp. (fotografías de microscopía óptica) a: colonia de *Oocystella lacustris* con zoosporas adheridas (flechas blancas) y con células con contenido necrosado (flechas negras). **b:** colonia de *Oocystella parva* con zoospora adherida (flecha blanca). **c:** colonia de *Oocystella parva* con esporangio. **d:** colonia de *Oocystella parva* con espora de resistencia. Barras escala = 10 µm.

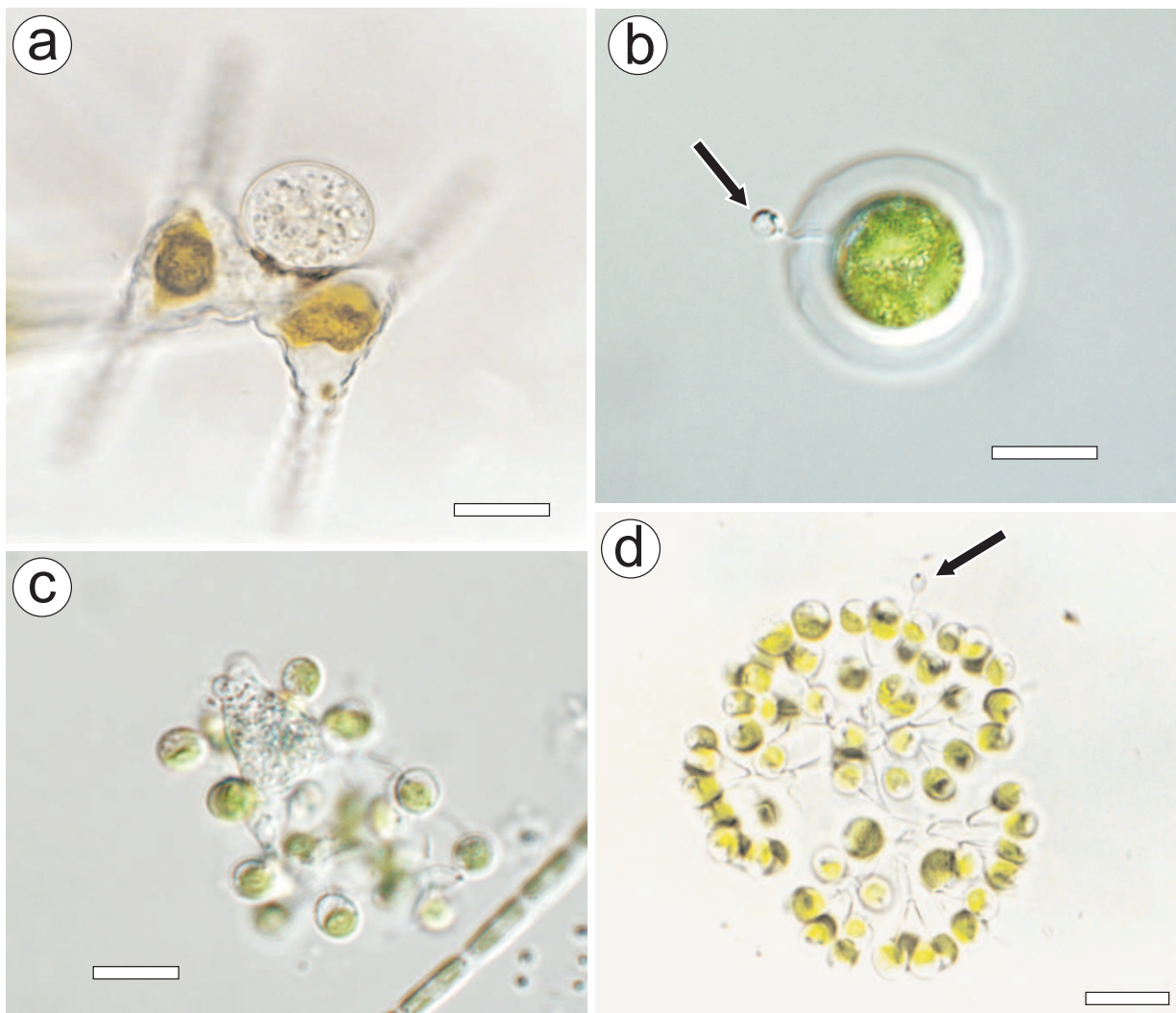


Figura 74. Otros hongos parásitos de microalgas observados en el embalse Paso de las Piedras. a: esporangio sobre *Staurastrum gracile*. **b:** zoospora adherida sobre *Planktosphaeria gelatinosa* (la flecha negra señala a la zoospora). **c:** esporangio sobre *Dictyosphaerium pulchellum*. **d:** zoospora adherida sobre *Dictyosphaerium pulchellum* (la flecha negra señala a la zoospora). Barras escala = 10 μ m.

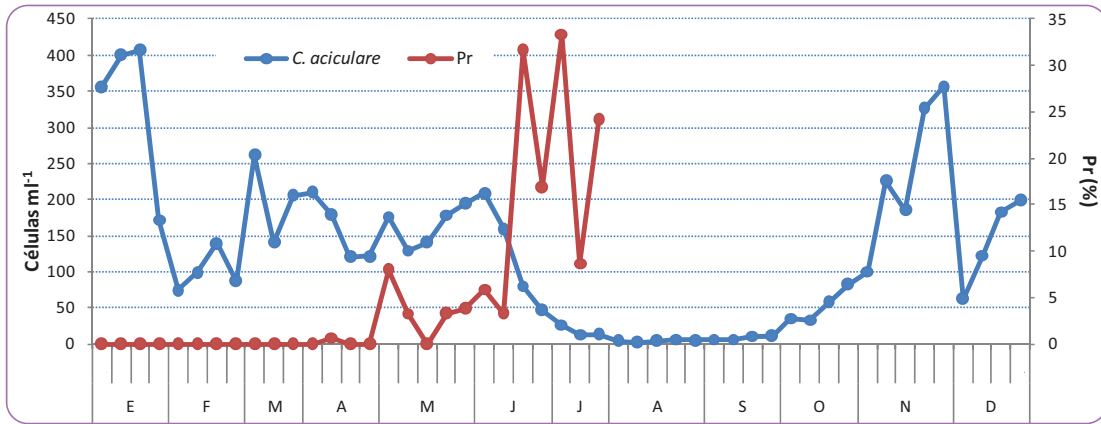


Figura 75. Cambio temporal en la densidad de *Closterium aciculare* (células mL⁻¹) y en la prevalencia de infección (%).

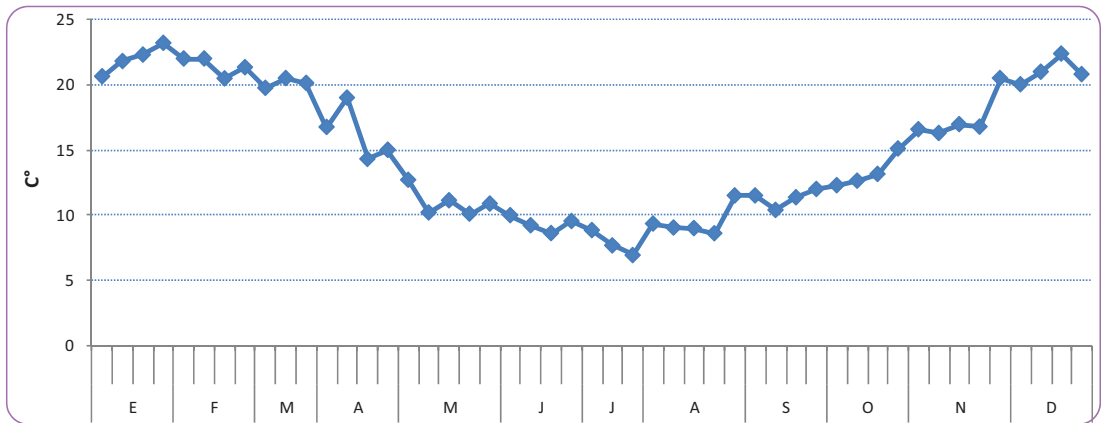


Figura 76. Cambio temporal en la temperatura del agua (°C) entre enero y diciembre de 2004.

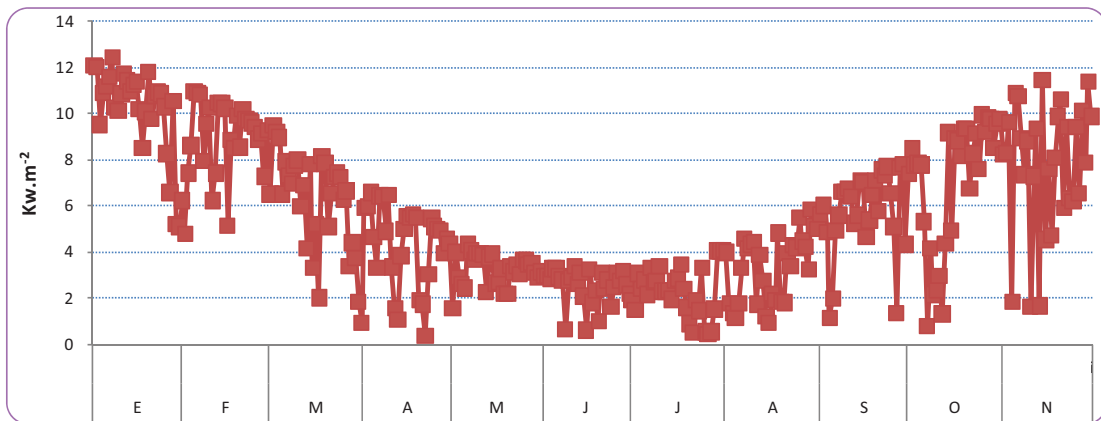


Figura 77. Cambio temporal en la radiación solar (Kw m⁻²) entre enero y noviembre de 2004.

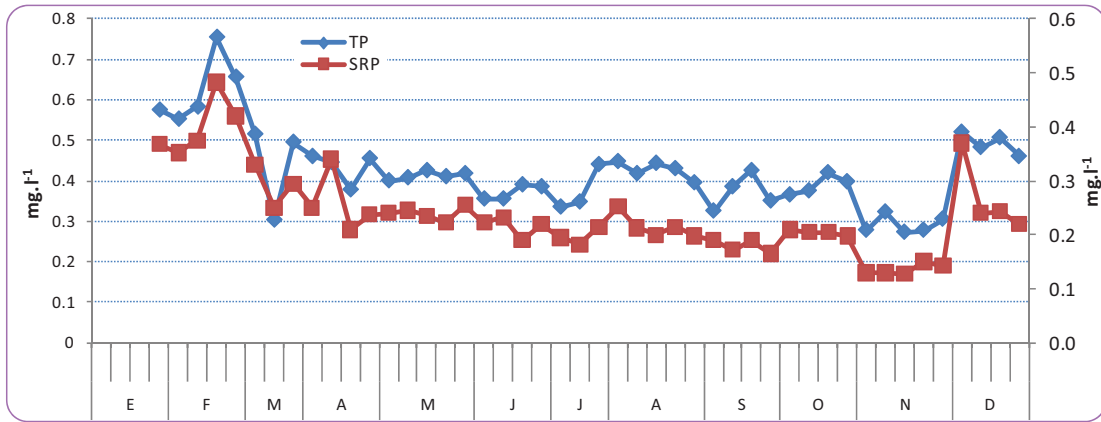


Figura 78. Cambio temporal en la concentración de fósforo (TP: fósforo total; SRP: fósforo reactivo soluble) entre enero y diciembre de 2004.

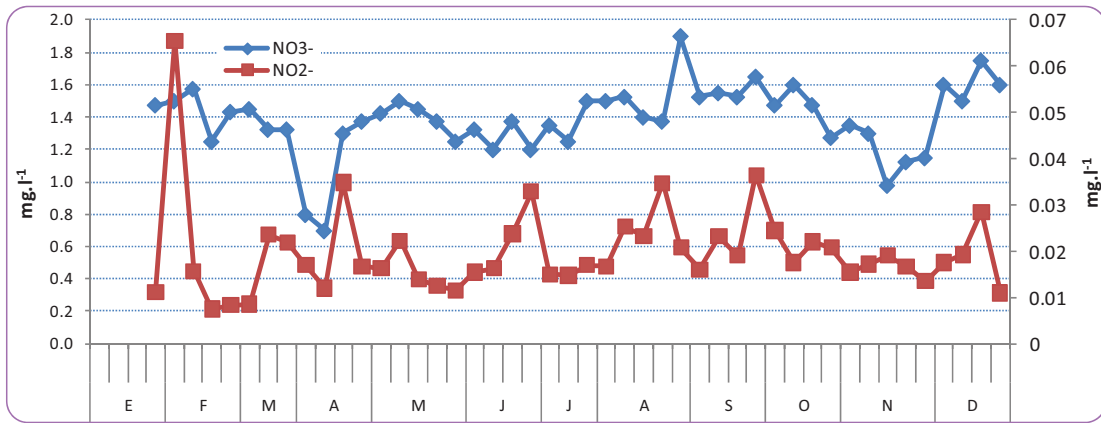


Figura 79. Cambio temporal en la concentración de nitrógeno (NO₃⁻: nitrato; NO₂⁻: nitrito) entre enero y diciembre de 2004.

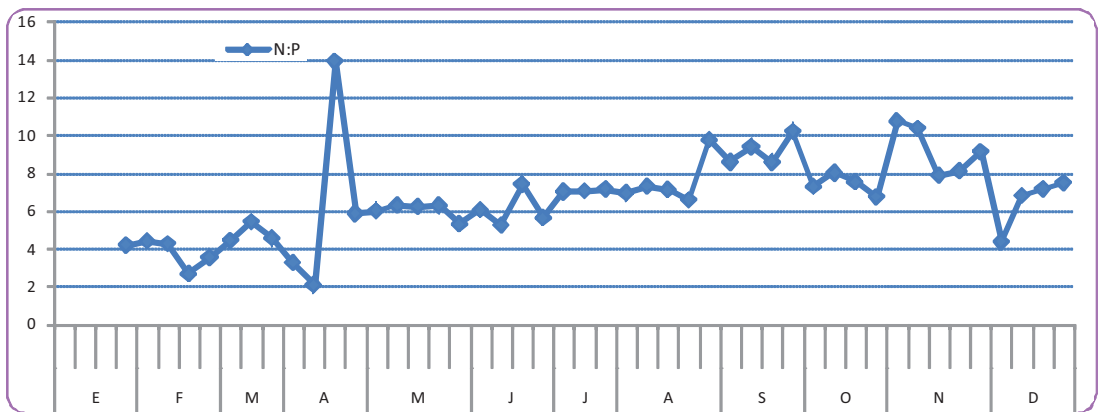


Figura 80. Cambio temporal en la relación N:P entre enero y diciembre de 2004.

DISCUSIÓN

1. Variables ambientales y fisicoquímicas y su relación con la calidad del agua

Al considerar aquellas variables fisicoquímicas cuyos valores están regulados por organismos internacionales, tales como sólidos suspendidos ($<500 \text{ mg.l}^{-1}$ en agua potable según la EPA 2003), conductividad eléctrica ($<0,8 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ en agua potable según la Organización Mundial de la Salud (MDBC 1999) y pH (6,5-8,5 en agua potable según la EPA 2003), se vio que en el lago Paso de las Piedras sólo el pH presentó valores superiores al intervalo recomendado durante el período estudiado (enero de 2004 a junio de 2005), condición coincidente con el alto nivel de productividad del sistema.

Con respecto a los nutrientes, los valores de nitrógeno registrados siempre estuvieron por debajo de los umbrales establecido por la EPA (2003) para agua potable (10 mg.l^{-1} para nitratos y 1 mg.l^{-1} para nitritos), por lo que el uso como fuente de agua potable *a priori* no representa un riesgo para la salud de la población. No obstante, tanto el nitrógeno como el fósforo presentaron valores elevados cuando se los comparó con otros lagos de características similares, tales como Ben Chifley en Australia (nitrógeno total: $0,5 - 2,2 \text{ mg.l}^{-1}$, fósforo reactivo soluble: $0,003 - 0,017 \text{ mg.l}^{-1}$ y fósforo total: $0,03 - 0,057 \text{ mg.l}^{-1}$) (Rahman *et al.*, 2005) y el lago Gargalheiras en Brasil (fósforo total: $0,763 \text{ mg.l}^{-1}$, nitrógeno total: $1,098 \text{ mg.l}^{-1}$) (Chellappa & Medeiros Costa, 2003). Asimismo, ambos nutrientes siempre se encontraron por encima de los valores de limitación para el desarrollo de las algas (Ryding & Rast, 1992) de $0,005 \text{ mg.l}^{-1}$ para el fósforo reactivo soluble y $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$ para el nitrógeno biológicamente disponible (nitrato+nitrito+amonio).

Los resultados del análisis de componentes principales indican que las variaciones estacionales en los parámetros fisicoquímicos y biológicos en aguas del embalse Paso de las Piedras se deben principalmente a cambios en las condiciones ambientales e hidrológicas. Con respecto a estas últimas algunas variables, tales como la conductividad eléctrica, la transparencia, la concentración de sílice y el contenido de clorofila *a* mostraron valores diferentes en la estación S3 con respecto a las estaciones S1, S2 y S4, que generalmente indicaron una peor calidad del agua. Estas variaciones eran esperables ya que la estación S3 se encuentra ubicada próxima a la desembocadura del arroyo El Divisorio y este arroyo aporta aguas marcadamente turbias (33 NTU), con una cantidad significativa de material particulado (46 mg.l^{-1}) y de sales disueltas (conductividad $0,95 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$), a diferencia del río Sauce Grande, cuyas aguas son claras (4 NTU), con baja concentración de sales disueltas ($0,39 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$) y bajo contenido de material particulado total ($6,6 \text{ mg.l}^{-1}$) (Orioli *et al.*, 2008). Un factor coadyuvante a esta situación es la dirección prevalente de los vientos (N-NW) que promueve la acumulación de partículas en la estación S3. Debido a que el caudal de agua que ingresa desde arroyo El Divisorio es unas 10 veces menor al que ingresa del río Sauce Grande (UNS-ABSA-ORAB-ADA, 2004), las otras estaciones de muestreo no se vieron marcadamente afectadas.

2. Transparencia y dinámica de los principales nutrientes

La transparencia del agua usualmente se expresa como la profundidad de visión del disco de Secchi, la cual es función de la reflexión de la luz por su superficie y, por lo tanto, está influenciada por las características de absorción tanto del agua como de la materia disuelta y particulada existente en ella (Wetzel, 1981). Numerosos autores han mencionado que la profundidad del disco de Secchi permite

estimar la densidad aproximada del fitoplancton en lagos donde el plancton es la fuente primaria de turbidez (Wetzel, 1981; Almazán & Boyd, 1978). En el embalse Paso de las Piedras, los menores valores de profundidad de visión del disco de Secchi se registraron entre enero y marzo de 2004 (1,2-1,95 m) y fines de diciembre de 2004 y marzo de 2005 (1,10-1,95 m), coincidiendo con los períodos de mayor densidad del fitoplancton. Asimismo, entre agosto y septiembre de 2004 se registraron bajas lecturas del disco de Secchi (1,08-1,58 m). Durante dicho período se registró un pico en la concentración de sólidos suspendidos totales y valores elevados de biovolumen, producto de la dominancia de diatomeas, principalmente *Cyclotella meneghiniana* y *Stephanodiscus* sp. En la estación S3 se halló una correlación significativa entre la profundidad de visión del disco de Secchi y el biovolumen, mientras que en S1 la correlación fue significativa con la densidad del fitoplancton. En ningún caso los valores de profundidad de visión del disco de Secchi estuvieron correlacionados con la concentración de clorofila *a*. Esto coincide con el concepto de Edmondson (1980), quien considera que la visibilidad del disco de Secchi es en realidad afectada por el número de partículas presentes en el fitoplancton y no por su contenido de clorofila *a*.

La alta concentración de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo registrada en el embalse Paso de las Piedras podría explicarse sobre la base de las características propias del terreno donde está localizado el embalse, ya que se trata de suelos fértiles con alto contenido de fósforo (Orioli *et al.*, 2008), y la co-ocurrencia de varias fuentes difusas producto de la intensa actividad agrícola-ganadera y la creciente urbanización y utilización de los cursos de agua a lo largo de toda su cuenca de drenaje. Los suelos sobre los que se construyó el embalse son los mismos que los de la subcuenca de El Divisorio, por lo cual no debería descartarse que los

mismos, más el continuo agregado de los sedimentos transportados a este arroyo, estén manteniendo una alta concentración de fósforo reactivo soluble y de otros elementos.

Con respecto a los nutrientes, entre fines de marzo y principios de abril de 2004 se registró un descenso importante en la concentración de nitrato en las cuatro estaciones de monitoreo. La simultaneidad del descenso en las cuatro estaciones sugiere fuertemente que el fenómeno fue producido por dilución producto de las lluvias que tuvieron lugar durante ese período. Además, una mayor asimilación por el fitoplancton durante la proliferación de Cyanobacteria de los meses de verano y otoño contribuyó al descenso.

Las diferencias constantes halladas entre las estaciones de muestreo, con valores de concentración de nitrato estadísticamente mayores en S1, se explican por la proximidad de esta estación a la desembocadura del río Sauce Grande, el cual constituye el principal aporte neto de compuestos nitrogenados al embalse (UNSA-ORAB-ADA, 2004).

El fósforo, presentó valores relativamente constantes a lo largo del período estudiado, con la excepción de aumentos marcados del fósforo total y del fósforo reactivo soluble en S1 durante el mes de febrero de 2005 y una disminución también marcada en la concentración de fósforo reactivo soluble en S4 durante abril de 2004.

En términos generales, la variación en la concentración de los diferentes compuestos de fósforo durante el período estudiado fue menos marcada que los cambios en la concentración de nitrógeno. Esto podría deberse a que la dinámica del fósforo no estaría tan influenciada por las condiciones ambientales como lo estaría la del nitrógeno, tal vez debido a una liberación de fósforo desde el sedimento más que a una entrada de fósforo externo. Ha sido mencionado por numerosos autores

(Nürnberg, 1987; James, 1991; Moosmann *et al.*, 2006) que los sedimentos pueden actuar como fuente y como reservorio de nutrientes en los lagos y embalses y el reciclaje de los mismos en la interfase sedimentos-agua juega un rol crítico en el proceso de eutrofización y en el desarrollo de proliferaciones masivas de algas. Asimismo, la tasa de intercambio de nutrientes en la interfase sedimento-agua es un fenómeno complejo que depende de varios factores incluyendo la temperatura, el oxígeno disuelto, el potencial redox, el pH y la actividad microbiana (Bostrom *et al.*, 1988). La concentración de fósforo total hallada en sedimentos del embalse Paso de las Piedras fue elevada y similar a las halladas en el río Catatumbo (Colombia y Venezuela) y en ríos y sistemas estuariales de Australia, sistemas impactados por la entrada de nutrientes desde fuentes difusas (Hill *et al.*, 1992; Birch *et al.*, 1999, Rivas *et al.*, 2000). Las elevadas concentraciones de fósforo en sedimentos de lagos ha sido mencionada como resultado de *run-off*, con el consiguiente ingreso de material conteniendo fósforo adsorbido a partículas coloidales y a materia orgánica soluble (Dunn *et al.*, 2007).

La relación N:P osciló alrededor de valores próximos a la relación de Redfield (relación atómica 16:1 o relación másica 7:1), con la excepción del máximo y mínimo, los cuales se debieron principalmente a valores extremos en la concentración de fósforo reactivo soluble más que a un aumento o disminución de alguno de los compuestos de nitrógeno. Esta relación N:P cercana a la proporción de Redfield indica que ninguno de estos nutrientes es el principal factor limitante para el crecimiento de las algas, lo que indica que las variaciones en la estructura de la comunidad y por ende el desarrollo de proliferaciones masivas de fitoplancton, estarían más influenciados por condiciones ambientales e hidrológicas que por la disponibilidad de nutrientes. Straskraba (1980) y Tilman *et al.* (1982) han señalado

que diferencias en la intensidad luminosa y en la temperatura del agua juegan un papel importante en el control del crecimiento del fitoplancton en ciertas condiciones. Según Provasoli (1969) elementos traza y factores orgánicos (tales como sodio, potasio, trazas de metales y vitamina) pueden ser variables que influyen en la cantidad y tipos de fitoplancton encontrado en lagos y pantanos. Asimismo, valores de fósforo reactivo soluble por encima de $0,005 \text{ mg.l}^{-1}$ y nitrógeno biológicamente disponible (nitrato + nitrito + amonio) por encima de $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$, como los hallados en el embalse, indican, según Ryding & Rast (1992), que ninguno de los dos nutrientes es el principal factor limitante para el crecimiento de las algas. Dichos autores explican que la curva de crecimiento de las algas en respuesta a los nutrientes aumenta linealmente hasta un cierto punto a partir del cual se observa una meseta donde otros factores diferentes a los nutrientes serían los limitantes. En un estudio previo en el embalse Paso de las Piedras se evaluó la influencia de factores ambientales sobre la velocidad de crecimiento de *Microcystis aeruginosa* y *Anabaena circinalis* durante una proliferación algal mediante el empleo de un modelo y se pudo determinar que la velocidad de crecimiento nunca llegó al máximo posible y que los factores que resultaron limitantes fueron la temperatura y la radiación solar (Fernández *et al.*, 2007).

El contenido de sílice en el agua del embalse Paso de las Piedras fue de moderado a bajo, como en la mayoría de los lagos eutróficos en donde la zona trofógena generalmente presenta un contenido de sílice pequeño debido a una intensa acumulación en frústulos de diatomeas y a sedimentación (Wetzel, 1981). Numerosos autores han estudiado la relación entre la concentración de sílice y la densidad de diatomeas (Lund, 1949; Lund, 1959; Sommer, 1988, etc). Según Reynolds (2006), en la mayoría de los lagos la concentración de sílice comienza a

interferir con el crecimiento de las diatomeas por debajo de los $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ y se convierte en limitante por debajo de los $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$. En este estudio, la concentración de sílice en el agua cayó por debajo de los $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ a fines del mes de marzo y principios de abril en 2004 (Figura 41, página 160), luego de un aumento en el biovolumen de diatomeas (Figura 56, página 201). Durante el mes de julio, a su vez, hubo otra caída en la concentración de sílice que coincidió con el inicio del pico de diatomeas de invierno-primavera. Luego aumentó nuevamente, permitió el desarrollo de la proliferación y seguidamente se agotó en el mes de septiembre, lo que provocó una caída abrupta en el biovolumen de las diatomeas, que sustentó a su vez un pico en la densidad de *Microcystis aeruginosa*. Finalmente el sílice volvió a aumentar dando lugar al desarrollo del segundo pico de proliferación de diatomeas de invierno. Los aumentos de sílice durante los meses de diciembre y febrero provocaron también incrementos en el biovolumen de diatomeas aunque de menor magnitud. Durante este período las diatomeas estuvieron sometidas a una mayor competencia ya que las condiciones de luz y temperatura fueron favorables para el desarrollo de cianobacterias y clorófitas. Por el contrario, el pequeño aumento en la concentración de sílice en S3 durante el mes de mayo tuvo un efecto mucho más marcado sobre el biovolumen de las diatomeas. En el gráfico también puede observarse claramente una coincidencia en las mayores concentraciones de sílice en S3 con un mayor biovolumen de diatomeas en esa estación.

Los resultados de este estudio están de acuerdo con la postura de Wetzel (1981) en el sentido de que la disminución de sílice es el factor más importante que determina el descenso de la población de diatomeas. En efecto, en los lagos en los que la concentración de sílice es moderada o baja ($<5 \text{ mg.l}^{-1}$) un enriquecimiento progresivo y de larga duración con fósforo y nitrógeno puede llevar a una rápida

reducción biogénica en los niveles de sílice, por lo cual las diatomeas no pueden competir eficazmente y son sustituidas por fitoplancton no silíceo como las cianobacterias o clorófitas (Kilham, 1971). No obstante podemos observar que en los meses donde estos grupos se encuentran limitados por otros factores como la intensidad lumínica y la temperatura las diatomeas pueden explotar mejor pequeños incrementos en la concentración de sílice.

3. Estado trófico del embalse Paso de las Piedras

Considerando los tres sistemas de clasificación que emplean variables fisicoquímicas para evaluar el estado trófico (esquema de límite fijo y abierto de la OECD e índice de estado trófico de Carlson) se puede decir que utilizando los datos de fósforo total el reservorio Paso de las Piedras sería clasificado como hipertrófico, mientras que considerando clorofila *a*, transparencia y los valores de los coeficientes de Nygaard, calculados a partir de la composición del fitoplancton, permiten colocar al embalse en la categoría de lago eutrófico. Cuando el TSI es determinado a partir de dos o más variables es normal que ocurran diferencias en los valores. Lo mismo fue observado en el lago Skadar (Rakocevic-Nedovic & Hollert, 2005) y en la laguna costera Foz de Almargem (Coelho *et al.*, 2007).

Si bien hay diferencias en los índices calculados con diferentes datos, hay una clara tendencia que indica un alto grado de productividad en el sistema, lo cual coincide con el fenómeno de desarrollo de proliferaciones masivas de cianobacterias observado durante los meses de verano y principios del otoño. Los altos valores de los índices de estado trófico calculados a partir de la concentración de fósforo total en relación a las otras variables también apoyaría el hecho que el fitoplancton probablemente este limitado por otros factores más que por la concentración de

fósforo. Coincidiendo con Margalef (1983), durante la eutrofización la producción primaria aumenta, pero solo hasta un límite definido por la absorción de la luz por la propia clorofila. Según Carlson (1977), la exactitud de los valores del índice para el fósforo total depende de asumir que el fósforo es el principal factor limitante para el crecimiento algal y que la concentración de todas las formas de fósforo presentes es una función de la biomasa algal. Como esto no siempre es cierto, Carlson sugiere que, para los fines de clasificación, se le dé prioridad a los parámetros biológicos tales como la clorofila.

4. Estructura de la comunidad fitoplanctónica

4.1. Riqueza, densidad y biovolumen

El número total de taxones registrado (162) fue algo mayor al mencionado en trabajos anteriores por Intartaglia & Sala (1989) y por Guerrero (1989). De ellas, fueron pocas las especies dominantes, *Microcystis natans*, *Synechocystis aquatilis* y *Microcystis flos-aquae* dominaron en términos de densidad; *Staurastrum gracile*, *Aulacoseira granulata*, *Cryptomonas ovata* lo hicieron en términos de biovolumen, mientras que *Cyclotella meneghiniana*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis* y *Stephanodiscus* sp. dominaron tanto en términos de densidad como de biovolumen. En cuanto a la frecuencia de ocurrencia, las especies raras, comunes y frecuentes se encontraron en proporciones similares, estando sólo una especie, *Cyclotella meneghiniana*, presente en todas las muestras.

La densidad del fitoplancton fue alta en comparación la hallada en los años 1982-1983 por Guerrero *et al.* (1991), quienes mencionan valores menores a 100.000 células.ml⁻¹; en cambio fue menor a la encontrada por estos autores para el período

1988-1989, en el cual se alcanzaron valores máximos de aproximadamente 900.000 células.ml⁻¹. Con respecto al biovolumen, hubo un descenso marcado durante fines de septiembre y principios de octubre de 2004 que coincidió con el descenso en la densidad, pero en general presentó un comportamiento más variable a lo largo del periodo evaluado, sin una tendencia clara.

Hubo notables diferencias en cuanto a los grupos taxonómicos que contribuyeron mayoritariamente a la densidad y al biovolumen, en el primer caso la mayor contribución se debió a cianobacterias, clorofíceas y diatomeas, mientras que en el caso del biovolumen la mayor contribución la hicieron diatomeas y zignematáceas. Con referencia a las estaciones de muestreo, el biovolumen en S3 fue mayor que en las restantes, explicado por el mayor número de diatomeas. Asimismo, se pudo observar un desacople entre la máxima densidad y el máximo biovolumen, ya que el primero se registró en febrero de 2005, mientras que el segundo ocurrió en junio de 2005.

El volumen celular difirió enormemente entre especies, con rangos que variaron entre 0,38 μm^3 (*Merismopedia* cf. *temuissima*) y $1,7 \times 10^5 \mu\text{m}^3$ (*Closterium moniliferum*). Es conocido que el diámetro celular puede variar aproximadamente unas 1000 veces, mientras y que el volumen puede hacerlo hasta un millón de veces (Smayda, 1978), con implicancias importantes en la ecología y la fisiología de las especies. Entre los parámetros que dependen del tamaño y la forma celulares encontramos a las tasas de crecimiento y fotosintética (Smith & Kalff, 1983; Happey-Wood, 1993; Tang, 1995; Tang & Peters, 1995; Raven, 1998), a la toma de nutrientes (Lewis, 1976; Grover, 1989), a la velocidad de sedimentación (Reynolds, 1984a) y al pastoreo (Gliwicz, 1980). Varios autores han señalado que la estimación de la biomasa total mediante el número de células es una medida inadecuada en

ciertos estudios, al igual que los niveles de clorofila y de carbono detrítico viable (Smayda, 1978). Esto refleja la importancia de analizar ambos componentes, densidad y biovolumen, al momento de estudiar la estructura de las comunidades fitoplanctónicas para evitar así una imagen sesgada sobre las especies que contribuye mayoritariamente a la producción primaria del ambiente en cuestión.

4.2. Índices biológicos

Muchos factores físicos, químicos y biológicos influyen sobre la comunidad fitoplanctónica y afectan a la diversidad. Elber & Schanz (1989) encontraron una asociación entre la alta diversidad o aumentos en la diversidad con un nivel de nutrientes bajo y constante y con alta presión de pastoreo, lo cual reduce o previene la dominancia de especies individuales, mientras que la baja diversidad o la disminución de la diversidad estaba asociada con condiciones extremadamente favorables para una especie en particular, tales como baja presión de pastoreo y pastoreo selectivo. Trifonova (1993) a su vez, consideró que la alta diversidad sería una consecuencia de condiciones ambientales inestables, como la mezcla persistente por acción del viento y la consecuente constante recirculación de nutrientes. Asimismo, la autora encontró índices de diversidad mayores en un lago no estratificado a diferencia de uno estratificado, pese a que ambos presentaban el mismo nivel trófico.

Moustaka-Gouni (1993), en un estudio en el Lago Volvi (Grecia) encontró una correlación significativa entre la diversidad basada tanto en la densidad como en el biovolumen. En el embalse Paso de las Piedras, los índices de diversidad basados en la densidad y el biovolumen presentaron valores similares, no obstante hubo un desfase en los momentos de ocurrencia de los mismos. También se observó un

desfasaje entre la dominancia y la equitatividad calculadas a partir de la densidad y el biovolumen. En el mes de febrero de 2004, cuando se consideró la densidad del fitoplancton, se registró la mínima diversidad y equitatividad y la máxima dominancia. En cambio cuando se consideró el biovolumen, en el mismo mes se registró la máxima diversidad y equitatividad y la mínima dominancia mientras que entre agosto y octubre de 2004 se observó la situación inversa. Esto se debería a que durante el verano y principios del otoño el fitoplancton se encontró dominado por unas pocas especies con un gran número de células, generalmente cianobacterias formadoras de grandes colonias. Como dichas especies presentaron un volumen celular pequeño, el biovolumen total en realidad se encontró repartido de forma relativamente uniforme entre las especies presentes. Durante la primavera, en cambio, si bien en general no hubo un número muy elevado de células, predominaron especies de gran tamaño, por lo cual la diversidad basada en el biovolumen presentó valores inferiores a la basada en la densidad.

En términos generales la diversidad depende del número de especies presentes en la comunidad así como de la distribución de los individuos en las especies (Pielou, 1966). En el embalse Paso de las Piedras, al igual que en el Lago Volvi en Grecia (Moustaka-Gouni, 1993), la diversidad estuvo más influenciada por la equitatividad que por la densidad o el biovolumen, como puede observarse por los coeficientes de correlación obtenidos.

Según Holzmann (1993) un índice de diversidad basado en el biovolumen enfatiza la influencia de las clases de tamaño mayores (con gran volumen y por lo tanto mayor biomasa); por el contrario si se usa un índice de diversidad basado sólo en el número de células las poblaciones de algas de gran tamaño pueden ser subestimadas por grandes masas de pequeños organismos. Por lo tanto una medida

de la diversidad basada en la biomasa en términos de biovolumen puede dar una visión más realista de la verdadera situación en un lago.

Hay una tendencia hacia una mayor diversidad en lagos mesotróficos que en lagos oligotróficos o eutróficos ya que en ambientes mesotróficos es posible la coexistencia de un mayor número de especies (Holzman, 1993). No obstante, en el embalse Paso de las Piedras, pese a ser un ambiente altamente eutrófico, se observaron valores relativamente elevados de los índices de diversidad, con un máximo superior a 4 bits.

Al igual que el embalse Paso de las Piedras, muchos lagos eutróficos exhiben una alta diversidad, lo cual pareciera contradecir el principio de exclusión competitiva de Hardin (1960), según el cual en una comunidad sólo pueden coexistir tantas especies como recursos limitantes existan. Este dilema es conocido como “la paradoja del plancton” (Hutchinson, 1961). Según Paine (1966) la coexistencia de especies es promovida principalmente por interacciones de la cadena trófica y según Tilman (1977) la coexistencia refleja simultáneamente diferenciación de nicho de las especies que sobreviven. Connell (1978) por su parte, lo atribuyó a variaciones temporales y espaciales del ambiente. Según Reynolds (2006) todas estas explicaciones no son mutuamente excluyentes, mas bien deberían ser complementarias.

5. Sucesión y dinámica del fitoplancton

En latitudes templadas, los ciclos hidrológicos, la temperatura y la radiación solar varían anualmente y estructuran aspectos de los ecosistemas acuáticos como la estabilidad y la composición química, que son la base de las sucesiones fitoplanctónicas (Padisák, 2004). Estas últimas conllevan cambios estacionales en la

abundancia y biomasa del fitoplancton que son mucho más marcadas en regiones templadas y polares que en las tropicales, y en lagos eutróficos (Tschumi *et al.*, 1982) que en lagos oligotróficos (Kiefer, 1987). Por el contrario, en lagos hipertróficos con floraciones de cianobacterias relativamente permanentes la biomasa puede permanecer casi constante (Moed & Hoogveld, 1982).

Como era de esperar, en el embalse Paso de las Piedras la estructura taxonómica de la comunidad fitoplanctónica estuvo altamente correlacionada con las variables ambientales, con cambios en los taxones dominantes a lo largo del período de estudio. Cianobacterias, clorófitas y diatomeas fueron los constituyentes más importantes del fitoplancton.

Entre enero y junio de 2004 se observaron tres estados sucesivos con diferencias en cuanto a las especies dominantes. Los dos primeros estados se desarrollaron durante el verano y estuvieron caracterizados por la dominancia de algas de gran tamaño como *Staurastrum gracile* y *Aulacoseira granulata* y cianobacterias. El tercer estado se desarrolló durante el otoño y estuvo dominado por una mezcla de formas no palatables y por algas pequeñas palatables. Las formas no palatables corresponden a algas que son de gran tamaño para ser ingeridas por el zooplancton, que tienen bajo valor nutricional y/o que son productoras de metabolitos tóxicos. Durante estos tres períodos se observó un claro reemplazo entre especies de cianobacterias, dando lugar a una sucesión principalmente de tipo autogénica, es decir conducida por la acción de los propios organismos que integran la comunidad, los cuales a medida que se desarrollan alteran el ambiente y favorecen o dificultan el desarrollo de individuos de otras especies. Finalmente la disminución del fotoperíodo durante el otoño llevó a una disminución en la biomasa y en la producción primaria del fitoplancton hasta llegar al mínimo de invierno. Siguiendo el

criterio de Reynolds (1997), los dos primeros estados de cianobacterias representarían estados maduros de la sucesión, ya que se encuentran dominados principalmente por organismos S-estrategas, con baja tasa de crecimiento; el tercer estado, en cambio, sería un estado intermedio, con una mayor proporción de organismos C-estrategas.

Entre julio y octubre de 2004 se desarrollaron dos estados de diatomeas, el estado *Stephanodiscus* sp. - *Cyclotella meneghiniana* seguido por el estado *Stephanodiscus* sp. - *Cryptomonas ovata*; con un predominio de diatomeas tanto en términos de densidad como de biovolumen en ambos estados y de criptofíceas en el segundo. Esto coincide con lo predicho por el modelo PEG (Sommer *et al.*, 1986), según el cual el predominio de diatomeas y criptofitas de fines del invierno y primavera se debería a una mayor disponibilidad de nutrientes junto con un pequeño incremento de la temperatura. El estado *Stephanodiscus* sp. - *Cryptomonas ovata* constituiría el estado más inmaduro, ya que la mayoría de las especies acompañantes eran del tipo C-estrategas, los cuales según Reynolds (1997) predominan en los estados inmaduros de las sucesiones. Asimismo *Cryptomonas ovata* (CRS-estratega), pese a su tamaño relativamente grande, se encuentra entre los organismos de crecimiento más rápido (Sommer, 1982).

Este modelo propuesto por Sommer *et al.* (1986) fue elaborado para lagos estratificados, ricos en nutrientes, los cuales se agotan según la secuencia fósforo - sílice - nitrógeno. En el embalse Paso de las Piedras la concentración de nutrientes en la zona eufótica se mantuvo elevada durante todo el ciclo anual y asimismo, por tratarse de un reservorio polimíctico, el embalse estuvo constantemente expuesto al accionar del viento y no presentó períodos de estratificación (Intartaglia & Sala, 1989). Sin embargo, en términos generales la sucesión observada en la comunidad

fitoplanctónica coincidió con el modelo de Sommer, el que, como este autor lo predijo, serviría como base para comparar un amplio espectro de lagos. Según el modelo, los lagos eutróficos presentarían dos máximos de fitoplancton; uno en primavera (algas chicas) y otro en verano (algas grandes), separados por una fase de baja biomasa debido al consumo por parte del zooplancton llamada “fase de aguas claras”. A este respecto Trifonova (1993) señaló que la fase de aguas claras no es necesariamente una característica de lagos eutróficos poco profundos con rápida recirculación de nutrientes.

En el embalse Paso de las Piedras, en términos de densidad no se observó un pico en primavera, sino que la densidad del fitoplancton se mantuvo baja desde agosto hasta diciembre. En términos de biovolumen se observó un incremento a principios de septiembre seguido por una caída abrupta y una recuperación posterior. La disminución se debería más a un reemplazo de *Stephanodiscus* sp. por *Cryptomonas ovata* con menor volumen celular, que al desarrollo de una fase de aguas claras, aunque no se puede concluir al respecto ya que no se cuenta con datos de zooplancton.

Al estado *Stephanodiscus* sp. - *Cryptomonas ovata* le siguió un nuevo estado Cianobacterias - *Staurastrum gracile*, que llamamos II porque se diferencia del estado de enero por una abundancia relativa mucho menor de *Microcystis aeruginosa* y también porque el número de especies acompañantes fue mayor y estuvo representado principalmente por organismos R-estrategas. Según el modelo PEG, el fitoplancton de verano se encuentra bajo condiciones de baja presión de pastoreo por parte del zooplancton por lo cual la biomasa comienza a aumentar a la vez que su estructura se hace más compleja.

Cuando se estudió la sucesión del fitoplancton en términos de densidad de organismos las especies más importantes fueron las cianobacterias, en cambio cuando se tuvo en cuenta el biovolumen cobraron importancia otras especies antes ignoradas, tales como *Staurastrum gracile* y *Aulacoseira granulata*. Es por esto que es de gran importancia considerar ambas características al estudiar la dinámica de las poblaciones fitoplanctónicas, ya que un análisis basado sólo en el número de células podría exagerar la importancia de las formas pequeñas, que generalmente son más numerosas, mientras que un análisis basado sólo en el biovolumen puede exagerar la importancia de las formas de gran tamaño.

Hay que considerar que las formas más pequeñas tienen un metabolismo más intenso y se dividen más rápidamente, mientras que las formas más grandes pueden ser menos abundantes pero contienen una biomasa mayor, esto es particularmente importante cuando el metabolismo de las formas pequeñas se encuentra deprimido, donde las formas más grandes sirven como un reservorio de materia orgánica (Semina, 1978).

Asimismo, si bien no hay una relación lineal entre el tamaño celular y el contenido de clorofila *a*, ya que este último depende de la composición taxonómica, en general los organismos de mayor volumen celular tienen un contenido total de clorofila *a* mayor que los organismos pequeños y contribuyen en mayor proporción a la productividad neta del ecosistema (Felip & Catalan, 2000).

6. Clasificación funcional del fitoplancton y su relación con las variables abióticas

El análisis temporal de la clasificación funcional resultó ser una herramienta útil para reconstruir la estructura del fitoplancton en el embalse Paso de las Piedras.

Los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC) mostraron que la temperatura del agua y concentración de fósforo (tanto fósforo total como fósforo reactivo soluble) en primer lugar, junto con el nivel del lago y el pH explicaron una proporción altamente significativa de la variación en los grupos funcionales tanto en términos de densidad como en términos de biovolumen. Esta aproximación funcional constituye una buena síntesis de la variabilidad de las especies individuales.

En términos de densidad, se observó una sucesión en la aparición de los diferentes grupos funcionales que podría resumirse de la siguiente manera (en negrita los grupos dominantes):

M/H1/J/F → M/H1/J/F → **M/H1**/J/F → M/X1/J/F → F/X1/M → C/F/X1
 → D/F/J/X1/X2/M → **H1**/C/F/X1 → **M/H1** → M/ K/X1

Esta secuencia es similar a la descrita para varios lagos cataglaciales del norte de Alemania (Reynolds, 2006).

Entre los meses de enero y marzo de 2004, coincidiendo con los dos primeros estados de cianobacterias, dominaron prácticamente los mismos grupos funcionales (M, H1, J y F). Durante el estado Cianobacterias - *Staurastrum gracile* los cuatro grupos se encontraron en proporciones similares, mientras que durante el estado Cianobacterias - *Aulacoseira granulata* dominó primero el grupo M y luego se sumó el grupo H1. Tres de estos grupos, M, H1 y J, son sensibles a bajas intensidades lumínicas (Reynolds, 2006) y es por eso que no se registraron altas densidades más allá del mes de marzo (H1 y J) y abril (M). La mayor contribución en número al grupo M durante el mes de enero la aportó *Microcystis aeruginosa*, mientras que durante los meses de febrero y marzo el máximo correspondió a *Microcystis natans*. El grupo H1 estuvo representado principalmente por *Anabaena circinalis*, el grupo J

por *Coelastrum microporum* y *Pediastrum duplex* y el grupo F por *Oocystella parva* y *Dictyosphaerium ehrenbergianum*.

Al inicio del estado Cianobacterias - *Aulacoseira granulata* - *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, entre abril y mediados de mayo, dominó el grupo M, debido a elevadas densidades de *Microcystis natans* junto con *Microcystis flos-aquae*. El grupo H1 fue reemplazado por X1, explicado por las altas densidades de *Synechocystis aquatilis*, especie asignada al grupo Z por Reynolds (1997) y luego trasladada al grupo X1 por Huszar *et al.* (2000), grupo que engloba a los organismos nanoplanctónicos no móviles propios de ambientes eutróficos.

Hacia el final del estado Cianobacterias - *Aulacoseira granulata* - *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, entre fines de mayo y junio, dominó el grupo F, debido principalmente a la elevada densidad de *Dictyosphaerium ehrenbergianum*. El grupo F, característico de aguas claras porque tiene un umbral de luz alto, tiene una fuerte representación en ambientes mesotróficos. Los organismos que lo integran son sensibles al enriquecimiento y a las demandas que las altas biomásas imponen sobre el carbono y el flujo de luz (Reynolds *et al.*, 2002). En el embalse, este grupo dominó durante la transición entre el *bloom* de cianobacterias y el estado exclusivo de diatomeas, cuando aún la intensidad de luz no había llegado a sus valores mínimos. Hubo además una disminución en la densidad de las cianobacterias formadoras de grandes colonias las que por acumularse en la superficie debido a la presencia de vacuolas de gas reducían la cantidad de luz. Los organismos que integran este grupo son C-estrategas, por lo tanto presentan altas tasas de crecimiento que les permite alcanzar rápidamente grandes densidades. Son excluidos competitivamente por las diatomeas de los grupos C y D, las cuales tienen tasas

reproductivas más bajas pero se adaptan mejor a las condiciones imperantes durante fines del invierno y primavera.

Durante el estado *Stephanodiscus* sp. - *Cyclotella meneghiniana*, el grupo M desapareció casi por completo y dominó el grupo C al principio del periodo y el D hacia el final. El grupo C estuvo representado principalmente por *Cyclotella meneghiniana* y el D por *Stephanodiscus* sp. Ambas especies fueron las dos diatomeas más abundantes en el embalse.

Durante el estado *Stephanodiscus* sp. - *Cryptomonas ovata* dominó el grupo D, con la excepción finales de septiembre y principios de octubre cuando se registró una caída en la abundancia relativa de este grupo y un aumento transitorio en los grupos que lo acompañaron, esto es M (en S3) y X2, X1, F y J (en todas las estaciones).

Los grupos funcionales que representaron asociaciones de diatomeas (C y D) dominaron durante invierno y primavera. Estos grupos contienen especies CR-estrategas, las cuales compiten exitosamente bajo condiciones de poca luz. En el ACC se observa que, a diferencia de las cianobacterias, estos organismos están asociados a condiciones de baja temperatura y bajo contenido de fósforo.

Durante el mes de noviembre, en el inicio del periodo Cianobacterias - *Staurastrum gracile* II, se encontró una mezcla de especies pertenecientes a los grupos C, F, X1 y H1, con una dominancia del grupo H1 en S1, S2 y S4. Hacia el mes de diciembre se estableció la dominancia de los grupos H1 y M, debido a un marcado incremento en la densidad de *Anabaena circinalis* y *Microcystis natans* respectivamente. En S3 además, se produjo un incremento en la densidad del grupo K producto de un aumento en la densidad de *Aphanocapsa delicatissima*.

Entre febrero y abril de 2005 dominó el grupo M, debido a la elevada densidad principalmente de *Microcystis natans* y, en menor proporción, de *Microcystis aeruginosa*. A diferencia del mismo periodo en 2004 el grupo M estuvo acompañado por K y X1 y hubo una baja abundancia relativa de los grupos J, F y H1, no obstante hay que considerar que la frecuencia de muestreo durante este periodo fue mucho menor que en igual periodo de 2005. El grupo K, durante este periodo estuvo representado principalmente por *Coelosphaerium aerugineum*, y el X1 por *Synechocystis aquatilis*.

En el ACC se puede observar que los grupos dominantes (M, H1, F, C y D) tuvieron una mayor dispersión con respecto al eje 1 y siguieron un gradiente de temperatura y fósforo total, en cambio no estuvieron muy dispersos con respecto al eje 2. Se puede decir entonces que la temperatura y la concentración de fósforo habrían sido los factores que condujeron la sucesión de los grupos funcionales en términos de densidad a lo largo del año.

Los grupos funcionales que representan asociaciones de cianobacterias (K, M, S1 y H1) estuvieron asociados a altas temperaturas y alta concentración de fósforo total. Esta asociación entre cianobacterias y altas temperaturas también fue mencionada por Huszar *et al.* (2000) en ocho lagos de Brasil. Probablemente también haya influido la intensidad lumínica, ya que es mayor durante los meses más cálidos, no obstante este parámetro no se incluyó en el ACC debido a que no se contaba con datos completos de radiación solar para el área de estudio. Sólo el grupo K estuvo asociado a pH elevado; el resto fueron indiferentes al pH ya que estuvieron en una posición cercana al origen; esto no significa que las proliferaciones de cianobacterias puedan ocurrir bajo condiciones de pH bajo, ya que siempre se registraron valores superiores a 7, sino más bien que un pH elevado no es condición para el inicio de la

proliferación. Huszar *et al.* (2000) también encontraron que la abundancia de cianobacterias no estaba directamente relacionada al pH en lagos de Brasil, en coincidencia con lo señalado por Shapiro (1990). El grupo F, por su parte, se ubicó en el mismo cuadrante que los grupos de diatomeas, pero en una posición intermedia, más próximo al origen.

En términos de biovolumen la secuencia de la sucesión podría ser resumida de la siguiente manera (en negrita los grupos dominantes):

P/J/H1/F/D → **P/J/H1/F/M** → **P/H1** → **P/F/X1/J** → **C/F** → **D** → **Y/P**
D → **P/H1/F/D**

La mayor diferencia con respecto a la sucesión en la aparición de los diferentes grupos funcionales en función de densidad fue la dominancia aquí del grupo P durante los tres primeros estados de la sucesión. En términos de biovolumen este grupo superó al grupo M y dominó hasta fines de junio. En el mes de febrero co-dominó junto con H1. El grupo P estuvo representado principalmente por *Staurastrum gracile* durante enero, noviembre y diciembre de 2004, por *Closterium moniliferum* durante enero, febrero y mayo de 2004 y por *Aulacoseira granulata* durante marzo a junio de 2004 y enero a mayo de 2005. *Closterium aciculare* contribuyó con volúmenes celulares relativos relativamente bajos ($\leq 20\%$) pero constantes durante los meses de enero a junio de 2004 y octubre de 2004 a junio de 2005.

El grupo F, al igual que en términos de densidad, presentó el mayor biovolumen relativo durante mayo y junio de 2004 y estuvo representado principalmente por *Dictyosphaerium ehrenbergianum*. Durante los dos estados de

diatomeas de invierno y primavera la situación fue similar a la descrita en términos de densidad, sólo que, durante un par de muestreos, cobró más importancia en términos de biovolumen el grupo Y, representado principalmente por *Cryptomonas ovata*.

El grupo P engloba organismos R-estrategas característicos de ambientes eutróficos y fuertemente dependientes de la mezcla, tolerantes a intensidades lumínicas reducidas y deficiencia de carbono (Reynolds, 2006). Su importancia en términos de biovolumen estaría relacionada con las condiciones de polimixia propias del embalse.

En el ACC también se puede observar una asociación entre los grupos dominantes y un gradiente de temperatura y fósforo reactivo soluble, aunque la tendencia no es tan clara como en el caso de la densidad. Los grupos P y H1 estuvieron asociados a valores positivos de dichos parámetros, mientras que los grupos F, C, D y Y estuvieron asociados a valores negativos. Los grupos C y F, por su parte, estuvieron asociados a bajos niveles de nitrógeno.

7. Estructura de tamaños del fitoplancton

No se observaron marcadas diferencias en la estructura de tamaños del fitoplancton en términos de densidad y de biovolumen; sólo se observó una mayor contribución del grupo G3 al biovolumen durante los estados Cianobacterias - *Staurastrum gracile* y Cianobacterias - *Staurastrum gracile* II, debido a la mayor contribución de *Staurastrum gracile* al biovolumen con respecto a la densidad.

En términos generales, se observó un predominio de organismos de tamaño pequeño y mediano (grupos G1 y G2) durante los meses de invierno y primavera y de organismos de gran tamaño (grupos G3 y G4) durante verano y otoño. Esto

coincidiría con lo predicho por el modelo PEG (Sommer *et al.*, 1986) ya que el aumento del zooplancton durante primavera y verano habría tenido un mayor impacto sobre los organismos fitoplanctónicos de pequeño tamaño y habría estimulado una dominancia de organismos formadores de grandes colonias y de organismos poco palatables.

Según Reynolds (2006), las algas pequeñas, aun manteniendo una adecuada reserva de productos de la fotosíntesis, no logran dominar durante períodos prolongados de oscuridad ya que todos los procesos anabólicos independientes de la luz requieren un constante suministro de carbono fijado; por lo tanto, sería de esperar que durante los estados de invierno predominen las especies de gran tamaño ya que tendrían la capacidad de almacenar una mayor cantidad de productos de reserva. Sin embargo en el embalse Paso de las Piedras dominaron especies pertenecientes a las categorías más pequeñas (G1 y G2). A primera vista esto pareciera contradecir el postulado de Reynolds, no obstante es importante considerar que el grupo G4 está constituido principalmente por grandes colonias de cianobacterias, cuyas células individuales son muy pequeñas en comparación con los organismos unicelulares y/o pequeñas colonias o cenobios que predominan en los restantes grupos.

Bailey-Watts (1986) también observó un patrón estacional en el espectro de tamaños de las asociaciones fitoplanctónicas en el lago Leven (Escocia), con un predominio en algas de pequeño tamaño durante los meses de baja temperatura, debido a la escasa densidad de zooplancton, el incremento en las algas de gran tamaño estaría asociado con el máximo en la población de *Daphnia*. Del mismo modo, Gosselain *et al.* (1998) señaló un cambio en la estructura de tamaños de la comunidad fitoplanctónica de verano en el río Meuse (Bélgica) luego de un incremento en la biomasa y diversidad del zooplancton. Hubo un predominio de

grandes unidades de tamaño siguiendo una declinación de la biomasa del fitoplancton. La mayor presión de pastoreo también ocurrió durante la dominancia de *Daphnia*. En el embalse Paso de las Piedras, durante el mes de febrero, junto con el predominio del grupo G4 también se observó una disminución marcada en el biovolumen del fitoplancton, no así en su densidad.

8. Proliferaciones de cianobacterias

Las cianobacterias dominaron en número durante el verano y principios del otoño, alcanzando abundancias relativas superiores al 95%. Este predominio de cianobacterias en ambientes eutróficos durante los meses de verano y otoño es un fenómeno ampliamente reconocido (Oliver & Ganf, 2000; Mischke, 2003; Havens, 2008). El concepto “*bloom*” o “proliferación masiva” está pobremente definido en la literatura. En aguas potables y recreativas el mismo se define en términos de la concentración de células en la cual se producen inconvenientes, generalmente por encima de 20000 células.ml⁻¹ (Oliver & Ganf, 2000). Según este criterio, durante el período de estudio ocurrieron dos proliferaciones superficiales de cianobacterias: la primera entre mediados de enero y fines de mayo de 2004 y la segunda entre mediados de diciembre de 2004 y fines de mayo de 2005. En 2004 el *bloom* abarcó completamente los dos estados, Cianobacterias - *Staurastrum gracile* y Cianobacterias - *Aulacoseira granulata* y se extendió hasta la mitad del estado Cianobacterias - *Aulacoseira granulata* - *Dictyosphaerium ehrenbergianum*.

Los organismos que dominaron durante ambas proliferaciones fueron *Microcystis* spp. (Chroococcales) y *Anabaena circinalis* (Nostocales). Dos de las especies dominantes han sido mencionadas por diferentes autores como productoras potenciales de cianotoxinas: *Anabaena circinalis* (microcistina, anatoxina-a y

saxitoxina) y *Microcystis aeruginosa* (microcistina) (Ressom *et al.*, 1994; Chorus & Bartram, 1999; Dow & Swoboda, 2000). Asimismo, otras dos especies presentes en menor cantidad, *Snowella lacustris* y *Planktothrix agardhii*, también han sido señaladas como productoras de microcistina.

Durante la proliferación de 2004 se pudo observar una secuencia en la aparición de las diferentes especies, con un pico de *Microcystis aeruginosa* en enero, seguido por *Microcystis natans* en el mes de febrero, por *Anabaena circinalis* en marzo y, finalmente, por *Microcystis flos-aquae* en abril y mayo. *Microcystis aeruginosa* fue la especie que dominó por menos tiempo, tal vez porque la temperatura óptima para su crecimiento es relativamente alta, 30°C, (Chu *et al.*, 2007) y nunca se registraron temperaturas superiores a 25°C durante el periodo de estudio. *Microcystis natans*, en cambio, presentó abundancias relativas elevadas durante la mayor parte de la proliferación. No obstante no se dispone de datos en la literatura acerca de las condiciones óptimas para el desarrollo de esta especie, tal vez la falta de información se deba a que no es una especie muy ubicua y nunca ha sido citada como productora de proliferaciones. Durante la proliferación de 2005 no se pudo estudiar la sucesión de especies debido a la menor frecuencia de muestreo.

Según el esquema de clasificación de Reynolds *et al.* (2002), las especies que dominaron se encuentran dentro de los grupos funcionales H1 (*Anabaena circinalis*) y M (*Microcystis* spp.). Ambos grupos contienen organismos S-estrategas característicos de ambientes eutróficos y con elevada temperatura óptima de crecimiento. El grupo H1 incluye organismos fijadores de nitrógeno atmosférico, tolerantes a bajas concentraciones de carbono y nitrógeno pero sensibles a baja intensidad lumínica y baja concentración de fósforo, así como a la mezcla de la columna de agua. Esto coincide con lo observado en el análisis de correspondencia

canónica, ya que este grupo estuvo asociado a altas temperaturas, altas concentraciones de fósforo total en términos de densidad y altas concentraciones de fósforo reactivo soluble en términos de biovolumen. El grupo M, por su parte, incluye organismos tolerantes a la insolación y sensibles a la baja intensidad de luz y a la turbulencia, y estuvo asociado a elevada temperatura y elevada concentración de fósforo total en términos de densidad.

Si bien el grupo H1 incluye a las especies fijadoras de nitrógeno, su prevalencia, como señaló Reynolds (2006), no está confinada sólo a hábitats con bajo contenido de nitrógeno y amonio. Las concentraciones de nitrógeno y fósforo en el embalse se mantuvieron elevadas durante todo el período de estudio debido a su estado eutrófico-hipertrófico. No obstante, durante los dos primeros estados de cianobacterias se registró una disminución de la relación N:P (Tabla 14, página 227). Esto coincide con lo señalado por Horne & Commins (1987), quienes, luego de revisar la literatura existente sobre fijación de nitrógeno por cianobacterias y experimentos de adición de nutrientes, concluyeron que dicha concentración por sí sola no es un indicador confiable del nivel crítico total de nitrógeno inorgánico requerido para la inducción de la fijación de nitrógeno, sino que más bien debe considerarse la relación N:P. En el mismo sentido, Smith (1983) indicó que la baja relación N:P es responsable del predominio de cianobacterias en ambientes eutróficos y marcó el límite en una relación TN:TP de 22:1 para distinguir entre lagos dominados por cianobacterias fijadoras de nitrógeno y lagos con baja ocurrencia de dichas especies (Smith *et al.*, 1995).

Numerosos autores han señalado una relación estrecha entre la dominancia de *Microcystis* y *Anabanea* con condiciones de calma en la columna de agua, incremento en la temperatura y elevada intensidad lumínica (Paerl, 1988; Havens *et*

al., 1998; Huisman & Hulot, 2005). Cabe señalar que la mayoría de los datos corresponden a lagos estratificados (Paerl *et al.*, 2001) o a lagos someros no estratificados, donde las especies responsables de proliferaciones principalmente pertenecen al orden Oscillatoriales (Berger, 1989; Van Duin *et al.*, 1995; Mischke, 2003), y son muy pocos los trabajos en lagos polimícticos de profundidad media. En el embalse Paso de las Piedras es muy probable que no se cumplan condiciones de estabilidad en la columna ya que, como señalaron Intartaglia & Sala (1989) se trata de un embalse polimíctico, sujeto a constantes condiciones de viento intenso. No obstante, Steinberg & Hartmann (1988) señalaron que algunas especies de cianobacterias son capaces de adaptarse a condiciones de turbulencia permanente.

El evidente éxito de las cianobacterias ha sido atribuido a muchos y diferentes factores (Steinberg & Hartmann, 1988; Shapiro, 1990; de Bernardi & Giussani, 1990; Blomqvist, 1994; Oliver & Ganf, 2000), incluyendo la capacidad de algunas especies de fijar el nitrógeno atmosférico, la reducida presión de pastoreo en comparación con otras especies debido a la producción de metabolitos secundarios; la capacidad de flotación, lo cual les permite no sólo reducir las pérdidas por sedimentación sino también una utilización más eficiente de la luz y los nutrientes; la capacidad de utilizar bajas relaciones TN:TP y la capacidad de almacenar fósforo. Otra ventaja importante es la capacidad de permanecer como inóculo potencial sobre los sedimentos del fondo para reiniciar su crecimiento cuando las condiciones de luz y temperatura sean más favorables (Preston *et al.*, 1980; Barbiero & Welch, 1992; Barbiero & Kann, 1994). Para Reynolds *et al.* (1987), el éxito de las cianobacterias como grupo se debería principalmente a que cada especie está adaptada a explotar una parte del amplio espectro de características del ambiente más que a la adaptación de las especies a un amplio rango de variabilidad ambiental.

Por lo tanto, la ocurrencia y abundancia de los distintos tipos de cianobacterias no debería ser atribuida a un estímulo ambiental en particular sino más bien depende de un complejo intrincado de distintos factores.

9. Hongos parásitos de microalgas fitoplanctónicas

Existen muy pocos estudios acerca del género *Rhizophyidium* en nuestro país (Malacalza, 1968; Steciow, 1998) y esta constituye la primer cita para el país de la especie *R. couchii*. La identificación de este organismo se basó en la morfología de los distintos estadios del ciclo de vida (esporangio, sistema rizoidal, zoósporas y esporas de resistencia), así como en su tamaño. Todos coincidieron bien con la descripción realizada por Sparrow (1960), no obstante el diámetro de los esporangios observados por dicho autor varió entre 11 y 30 μm , mientras que en los especímenes observados en el embalse Paso de las Piedras el diámetro varió entre 7 y 14 μm . Estas diferencias en el tamaño podrían ser atribuidas a diferencias en el tamaño de las células hospedadoras y en tal sentido Paterson (1963) encontró una relación directa entre el tamaño del hospedante y el tamaño del esporangio en dos especies del género *Rhizophyidium*. Asimismo, Canter & Lund (1969) señalaron diámetros de entre 6 y 35 μm para los esporangios de *R. couchii*.

Sparrow (1960) halló a *R. couchii* parasitando diferentes especies de *Spirogyra* y por su parte Canter & Lund (1969) lo observaron sobre individuos de otros géneros de Zygnematophyceae tales como *Staurastrum*, *Staurodesmus*, *Cosmarium* y *Xanthidium*. Durante el presente estudio también se observaron esporangios maduros de *R. couchii* sobre *Staurastrum gracile* Ralfs ex Ralfs and *Staurastrum* sp.

En lo que respecta al impacto de *Rhizophyidium couchii* sobre la población de *Closterium aciculare* en el dique Paso de las Piedras, el incremento en la prevalencia de la infección estaría relacionado con una declinación en la población hospedante, ya que al momento de su máxima abundancia no se observó ningún espécimen parasitado, mientras que durante la declinación de dicha población se registró el mayor número de células parasitadas. Varios autores han expresado que las epidemias en microalgas fitoplanctónicas pueden establecerse más fácilmente cuando las condiciones de crecimiento son desfavorables para el hospedante (Reynolds, 1984b; Kagami & Urabe, 2002). En tal sentido Canter & Lund (1951) observaron que un incremento en el porcentaje de parasitismo de *Oscillatoria agardhii* var. *isothrix* por *Rhizophyidium megarrhizum* en Esthwaite Water, Inglaterra, coincidía con una disminución en el número de filamentos de la población hospedante. Estos autores sugirieron que tal declinación era provocada por factores ambientales pero que también podría ser acelerada por el parásito. Paterson (1960) también observó que el porcentaje de infección de *Rhizosiphon anabaenae* en Frains Lake, USA, aumentó durante la declinación de la población de *Anabaena planktonica*, y concluyó que la senescencia de la población del hospedante debida a factores ambientales era la que había permitido el establecimiento del parásito. Takano *et al.* (2008) también hallaron que la aparición de un hongo parásito sobre heterocistos de *Anabaena smithii* en Lago Shumarinai, Japón, estaba limitada por una declinación en la población algal.

Con respecto a las variables ambientales, la infección se desarrolló bajo condiciones de baja intensidad lumínica y baja temperatura, condiciones que a su vez afectaron negativamente el crecimiento de *C. aciculare*, pero en menor proporción, en vista de los valores de los coeficientes de correlación. Existen evidencias de que la

temperatura puede ser un factor significativo que regula el parasitismo por quitridios (Bar & Hickman, 1967; Masters, 1971, 1976; Van Donk & Ringelberg, 1983).

En el embalse Paso de las Piedras, clasificado como eutrófico-hipereutrófico (Fernández *et al.* 2009), la concentración de nutrientes siempre se encontró por encima de los valores de limitación para el crecimiento del fitoplancton de 0,005 mg.l⁻¹ para el fósforo reactivo soluble y 0,02 mg.l⁻¹ para el nitrógeno total (Ryding & Rast 1992). Kagami *et al.* (2002), en un estudio de crecimiento *in situ* bajo diferentes niveles de nutrientes, observaron que la tasa de crecimiento neta de *Staurastrum dorsidentiferum* infectado por *R. couchii* fue baja aún en los tratamientos enriquecidos.

Varios parámetros ambientales normalmente cambian simultáneamente en los sistemas acuáticos, tales factores pueden afectar la tasa de crecimiento tanto del hospedante como del parásito haciendo difícil discernir el efecto de dichos factores ambientales en las observaciones a campo (Van Donk & Ringelberg, 1983; Sen, 1988). En el presente estudio, la disminución en la densidad de la población de *C. aciculare* en el mes de julio podría deberse a condiciones ambientales desfavorables, pero muy probablemente la declinación fue acelerada por la presencia de *R. couchii*, ya que la infección se desarrolló bajo tales condiciones de baja intensidad lumínica, baja temperatura y disminución en la concentración de fósforo. No obstante, sería necesario evaluar en laboratorio los factores que influyen sobre la abundancia tanto de hospedantes como de parásitos y las condiciones de desarrollo óptimas para ambos.

Con respecto al organismo parásito de *Oocystis* sp., las características morfológicas fueron similares a las de *Chytridium deltanum* Masters (Order Chytridiales, Family Chytridiaceae), no obstante no se pudieron observar todos los

estadios del ciclo de vida. Si bien nunca se observaron zoósporas libres, las zoósporas enquistadas fueron más pequeñas que las observadas por Masters (1971). Dicho autor describió por primera vez el ciclo de vida de *C. deltanum* sobre *O. crassa*, y también lo encontró parasitando a *O. lacustris* y *O. submarina* en Manitoba. Lopez-Llorca & Hernandez (1996) observaron a este quitridio infectando a *O. lacustris* en Río Amadorio River (España). En nuestro país el único representante de este género citado fue *Chytridium olla* (López & Mac Carthy, 1985).

10. Estrategias de manejo y perspectivas

El control efectivo de la eutrofización en lagos y embalses está fuertemente asociado al principal factor que la origina, generalmente el aporte de cantidades excesivas de nutrientes desde la cuenca de drenaje. La prioridad principal de control es limitar o disminuir los aportes desde las fuentes de la cuenca de drenaje que contribuyen a las mayores cantidades de las distintas formas de nutrientes biológicamente disponibles. Otras medidas de control se pueden aplicar directamente en el lago para mejorar la eficacia de otros métodos de tratamiento o para disminuir temporalmente los síntomas mientras se formula o ejecuta una estrategia de control a largo plazo (Lee *et al.*, 1980; Sonzogni *et al.*, 1982; Ryding & Rast, 1992).

La alta concentración de nutrientes registrada en el embalse Paso de las Piedras podría explicarse mediante la existencia conjunta de varias fuentes difusas, incluyendo la intensa actividad agrícola-ganadera en su cuenca de drenaje, las características propias de los suelos sobre los que se construyó el embalse y la creciente urbanización y utilización de los cursos de agua a lo largo de la cuenca (Fernández *et al.*, 2009). Estos aportes de nutrientes de fuentes difusas se

caracterizan porque su entrada en las aguas que los reciben no tiene lugar por el modo “tubería”, como es el caso de los efluentes de aguas residuales municipales.

Los dos objetivos principales al momento de disminuir los posibles impactos de las actividades agrícolas sobre la eutrofización son la aplicación de fertilizantes minerales naturales de tal forma que se impidan su transporte y acceso a las masas de agua y la máxima prevención de la erosión del suelo (Ryding & Rast, 1992). En el caso en que sea necesaria la aplicación de fertilizantes químicos éstos se deberían aplicar sobre el suelo y su cantidad no debería exceder las necesidades reales del cultivo. Es importante poder demostrar a los agricultores que los costos asociados a aplicaciones excesivas de fertilizantes pueden ser frecuentemente más elevados que los beneficios esperables por el aumento del rendimiento de los cultivos; en lugar de establecer restricciones legales, que pocas veces se cumplen (Ryding & Rast, 1992). Las medidas tendientes a disminuir la erosión y las pérdidas asociadas de nutrientes implican la amortiguación con bandas de vegetación y cambios en las prácticas de labranza (cultivo en contorno, cultivo cruzado, cultivo en bandas, entre otros). La reforestación de zonas con pendientes abruptas y la prevención del sobrepastoreo, así como el establecimiento, por vía legal, de “zonas protegidas” son también herramientas de control importantes (Renard *et al.*, 1997).

Una alternativa promisoriosa para limitar la entrada de nutrientes desde fuentes difusas es la construcción de humedales artificiales en la zona de transición entre la fuente y el reservorio, estos sistemas tienen un mínimo impacto sobre el ecosistema y son de sencilla y económica explotación y control. Recientemente, López *et al.* (2007) diseñaron un humedal artificial a escala piloto sobre uno de los tributarios del embalse Paso de las Piedras (arroyo El Divisorio) utilizando a la macrófita *Scenecio bonariensis* como organismo biofiltrador y demostraron que el sistema respondía

satisfactoriamente a las necesidades de depuración del agua y supervivencia de la vegetación elegida.

En ocasiones, es importante llevar a cabo estrategias de control dentro del lago al mismo tiempo que se reduce la entrada de nutrientes desde las fuentes difusas. Por ejemplo, la respuesta general a una reducción en la concentración de fósforo es la disminución en la biomasa de cianobacterias; sin embargo, cuando la concentración inicial de fósforo está en exceso a los requerimientos, el efecto de su remoción puede ser mínimo (Oliver & Ganf, 2000). A su vez, si existe una acumulación de fósforo en los sedimentos del lago, la disminución en el ingreso de nutrientes sin un manejo adecuado dentro del lago para impedir la solubilización de fósforo desde el sedimento, llevaría en el corto plazo a una disminución de la relación N:P lo cual tendría como efecto un cambio en la comunidad fitoplanctónica favoreciendo el desarrollo de cianobacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico.

Las principales medidas de control dentro del lago implican acciones en: (1) la cobertura de los sedimentos del fondo con láminas de plástico o materiales particulados para evitar el intercambio de nutrientes entre el sedimento y el agua, (2) la eliminación de los sedimentos del fondo (dragado), (3) la aireación hipolimnética, (4) la utilización de compuestos químicos para combatir el crecimiento excesivo de algas y (5) la biomanipulación. Los primeros dos métodos tienen la desventaja de ser muy costosos. En cuanto a los compuestos químicos, el más utilizado ha sido el sulfato de cobre, sin embargo no es recomendable ya que también tendría efectos tóxicos sobre otros seres vivos (UNEP-IETC/ILEC, 2001). El control biológico, o biomanipulación, implica el uso de organismos específicos para controlar el crecimiento de algas y/u otros componentes de la cadena trófica. La remoción o la mayor presión de depredación sobre los peces zooplanctívoros pequeños, con el fin

de que el zooplancton se encuentre dominado por especies de gran tamaño y así reducir la densidad del fitoplancton ha sido empleada con éxito en numerosos lagos (Lago Mendota, USA; Embalse Bautzen, Alemania, entre otros) (Benndorf *et al.*, 1984; Cooke *et al.*, 2005). No obstante, este método ha demostrado ser poco efectivo al largo plazo en ambientes en avanzado estado de eutrofización o en ambientes donde dominan especies fitoplanctónicas formadoras de grandes colonias (Ryding & Rast, 1992).

Una alternativa de biomanipulación, hasta el momento poco desarrollada, es la utilización de organismos patógenos de microalgas nocivas. Los patógenos capaces de matar microalgas incluyen virus, bacterias, hongos y algunos protistas (Elbrächter & Schnepf, 1998; Brussaard, 2004; Mayali & Azam, 2004; Ibelings *et al.*, 2004). Numerosos autores han encontrado diferentes virus y bacterias infectando a poblaciones de *M. aeruginosa* en el ambiente natural, tanto dulceacuícola como marino (Fox *et al.*, 1976; Philips *et al.*, 1990; Choi *et al.*, 2005; Yoshida *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2008).

El parasitismo de algas planctónicas por hongos es un ejemplo de parasitismo letal que puede llevar a una rápida disminución de la población hospedante. Uno de los modelos mejor estudiados es el parasitismo de Chytridiomycetes en diatomeas fitoplanctónicas de agua dulce. Sin embargo, hay una sustancial falta de información acerca de la incidencia de hongos parásitos de microalgas nocivas. Canter (1972) observó que algunas cianobacterias de agua dulce de los géneros *Microcystis* y *Anabaena* eran susceptibles a parásitos fúngicos. En el embalse Paso de las Piedras se observó la presencia de *Rhizophydium couchii* parasitando a la población del *Closterium acicularis*, una especie problemática debido a que por sus grandes dimensiones obtura superficialmente los filtros de arena de la planta potabilizadora.

A pesar de ser una alternativa promisoría, la eficacia del control biológico *in situ* utilizando organismos patógenos no ha sido adecuadamente evaluada y, en la actualidad, los trabajos se limitan a estudios en el laboratorio.

CONCLUSIONES

El análisis de las características limnológicas y de la bioecología del fitoplancton del Embalse Paso de las Piedras permite concluir que:

- Las variaciones estacionales en los parámetros fisicoquímicos y biológicos estuvieron relacionadas principalmente con cambios en las condiciones ambientales e hidrológicas.
 - Durante el período estudiado sólo el pH presentó valores superiores al intervalo recomendado por organismos internacionales. Los valores de nitrógeno siempre estuvieron por debajo de los umbrales establecido por la EPA para agua potable, no obstante tanto éste como el fósforo se encontraron por encima de los valores de limitación para el desarrollo de las algas.
 - La conductividad eléctrica, la transparencia, la concentración de sílice y el contenido de clorofila *a* mostraron valores en la estación S3 que indican una menor calidad de agua. Ello es debido a que esta estación se encuentra ubicada próxima a la desembocadura del arroyo El Divisorio, el cual aporta aguas marcadamente turbias, con una cantidad significativa de material particulado y de sales disueltas.
 - Menores valores de profundidad de visión del disco de Secchi coincidieron con los períodos de mayor densidad del fitoplancton. Asimismo, entre agosto y septiembre de 2004 también se registraron bajas lecturas del disco de Secchi debido a un pico en la concentración de sólidos suspendidos totales y a valores elevados de biovolumen, producto de la dominancia de diatomeas, principalmente *Cyclotella meneghiniana* y *Stephanodiscus* sp.
 - Se halló una mayor concentración de nitrato en la estación S1 debido a su proximidad a la desembocadura del río Sauce Grande, el cual constituye el principal aporte neto de compuestos nitrogenados al embalse.
 - Las concentraciones de fósforo y nitrógeno total halladas en sedimentos del embalse Paso de las Piedras fueron elevadas.
 - La variación en la concentración de los diferentes compuestos de fósforo fue menos marcada que los cambios en la concentración de nitrógeno; esto se debería a una liberación de fósforo desde el sedimento, de modo que la dinámica de este compuesto estaría menos influenciada por las condiciones ambientales que la del nitrógeno.

- La relación N:P osciló alrededor de valores próximos a la relación de Redfield indicando que ninguno de estos nutrientes es el principal factor limitante para el crecimiento de las algas.
 - El contenido de sílice fue de moderado a bajo, con mayores concentraciones en S3 asociado a un mayor biovolumen de diatomeas en esa estación.

- La alta concentración de nutrientes en el embalse podría explicarse sobre la base de las características propias del terreno donde está localizado el embalse. Otras fuentes difusas serían el producto de la intensa actividad agrícola-ganadera a lo largo de toda su cuenca de drenaje y la creciente urbanización y utilización de los cursos de agua.

- Si se consideran los tres sistemas de clasificación que emplean variables fisicoquímicas para evaluar el estado trófico, sobre la base del fósforo total el reservorio podría clasificarse como hipertrófico. Si se evalúan los valores de clorofila *a*, transparencia y coeficientes de Nygaard calculados a partir de la composición del fitoplancton, el embalse podría colocarse en la categoría de lago eutrófico.

- Se registraron un total de 162 taxones. De ellos, *Microcystis natans*, *Synechocystis aquatilis* y *Microcystis flos-aquae* dominaron en términos de densidad; *Staurastrum gracile*, *Aulacoseira granulata* y *Cryptomonas ovata* lo hicieron en términos de biovolumen y *Cyclotella meneghiniana*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis* y *Stephanodiscus* sp. dominaron tanto en términos de densidad como de biovolumen.

- La clase Chlorophyceae presentó el mayor número de especies, le siguieron las clases Cyanoprocariota, Bacillariophyceae y Zygnematophyceae, las cuales modificaron sus porcentajes relativos a lo largo del período de estudio.

- La densidad promedio del fitoplancton osciló entre $63,1 \times 10^3$ y $79,7 \times 10^3$ células ml^{-1} . Los grupos que más contribuyeron a la densidad total fueron la división Cyanoprocariota y las clases Chlorophyceae y Bacillariophyceae. El biovolumen promedio osciló entre 8,15 y 12,28 $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$. Las clases que más contribuyeron al biovolumen total fueron Bacillariophyceae, Zygnematophyceae y Cryptophyceae. En la estación S3 el fitoplancton presentó un biovolumen promedio mayor al de las restantes estaciones.

- Se observaron valores relativamente elevados de los índices de diversidad, generados más por la equitatividad que por la densidad o el biovolumen.

- Los índices biológicos basados en la densidad y el biovolumen presentaron valores similares. Hubo sin embargo un desfase claro entre los mismos en el año 2004: en el mes de febrero se registraron las mínimas diversidad y equitatividad y la máxima dominancia en términos de densidad, mientras que, en términos de biovolumen, se registraron las máximas diversidad y equitatividad y la mínima dominancia. Entre agosto y octubre, en cambio, se observó la situación exactamente inversa. Esto se debería a que durante el verano y principios del otoño el fitoplancton se encontró dominado por unas pocas especies con un gran número de células, generalmente cianobacterias formadoras de grandes colonias. Como dichas especies presentaron un volumen celular pequeño el biovolumen total en realidad se encontró repartido de forma relativamente uniforme entre las especies presentes. Durante la primavera, en cambio, si bien no hubo un número muy elevado de células, predominaron especies de gran tamaño, por lo cual la diversidad basada en el biovolumen presentó valores inferiores a la basada en la densidad.

- La estructura de la comunidad fitoplanctónica estuvo altamente correlacionada con las variables ambientales, registrándose cambios en los taxones dominantes a lo largo del período de estudio.
 - Durante el año 2004 se identificaron seis estados sucesionales: estado cianobacterias - *Staurastrum gracile* (enero de 2004); estado cianobacterias - *Aulacoseira granulata* (febrero - marzo de 2004); estado cianobacterias - *Aulacoseira granulata* - *Dictyosphaerium ehrenbergianum* (abril - junio de 2004); estado *Stephanodiscus* sp. - *Cyclotella meneghiniana* (julio - agosto de 2004); estado *Stephanodiscus* sp. - *Cryptomonas ovata* (septiembre - octubre 2004); estado Cianobacterias - *Staurastrum gracile* II (noviembre - diciembre 2004).

- Los dos primeros estados estuvieron caracterizados por la dominancia de algas de gran tamaño y cianobacterias, principalmente organismos S-estrategas, por lo cual representarían estados maduros de la sucesión. El tercer estado estuvo dominado por una mezcla de formas no palatables para el zooplancton y por algas pequeñas palatables para el zooplancton. Este último sería un estado intermedio, con una mayor proporción de organismos C-estrategas. El estado *Stephanodiscus* sp. – *Cryptomonas ovata* constituiría el estado más inmaduro, ya que la mayoría de las especies acompañantes eran del tipo C-estrategas.

- La sucesión fitoplanctónica observada coincidió con el modelo PEG de Sommer:
 - Cuando se estudió la sucesión del fitoplancton en términos de densidad las especies más importantes fueron las de cianobacterias, en cambio cuando se tuvo en cuenta el biovolumen cobraron más importancia *Staurastrum gracile* y *Aulacoseira granulata*. Asimismo, se obtuvo un resultado diferente al estudiar la diversidad de la comunidad en términos de biovolumen que cuando se lo hizo en términos de densidad. Es así que, para evitar una imagen sesgada de las especies que contribuyeron mayoritariamente a la producción primaria de este ambiente, fue de gran importancia considerar ambas características al estudiar la dinámica de las poblaciones fitoplanctónicas.

- El análisis temporal de la clasificación funcional resultó ser una herramienta útil para reconstruir la estructura del fitoplancton en el embalse Paso de las Piedras. La temperatura del agua y concentración de fósforo en primer lugar, junto con el nivel del lago y el pH explicaron una proporción altamente significativa de la variación en los grupos funcionales tanto en términos de densidad como en términos de biovolumen.
 - Se registraron un total de 19 grupos funcionales. El grupo M fue el más importante en término de densidad, mientras que los grupos P y D fueron los que más contribuyeron al biovolumen. La mayoría de las asociaciones encontradas son típicas de sistemas eutróficos.
 - La T y la concentración de fósforo total serían los factores que condujeron la sucesión de los grupos funcionales en términos de densidad a lo largo del año.
 - En términos de biovolumen el grupo P superó al grupo M y dominó durante los tres primeros estados de la sucesión.

- No se observaron marcadas diferencias en la estructura de tamaños del fitoplancton en términos de densidad y de biovolumen. En términos generales, se observó un predominio de organismos de tamaño pequeño y mediano (grupos G1 y G2) durante los meses de invierno y primavera y de organismos de gran tamaño (grupos G3 y G4) durante verano y otoño.

- Durante el período de estudio ocurrieron dos proliferaciones superficiales de cianobacterias: la primera entre mediados de enero y fines de mayo de 2004 y la segunda entre mediados de diciembre de 2004 y fines de mayo de 2005.
 - Los organismos que dominaron durante ambas proliferaciones correspondieron a los órdenes Chroococcales (*Microcystis* spp.) y Nostocales (*Anabaena circinalis*). Según el esquema de clasificación de Reynolds *et al.* (2002), estas especies se encuentran dentro de los grupos funcionales M y H1 respectivamente.
 - Dos de las especies dominantes (*Anabaena circinalis* y *Microcystis aeruginosa*) junto a otras dos especies presentes en menor cantidad (*Snowella lacustris* y *Planktothrix agardhii*) han sido mencionadas por diferentes autores como productoras potenciales de cianotoxinas.
 - Los grupos funcionales que representan asociaciones de cianobacterias (K, M, S1 y H1) estuvieron asociados a altas temperaturas y alta concentración de fósforo total en términos de densidad.
 - Durante la proliferación de 2004 se pudo observar una secuencia en la aparición de las diferentes especies, con *Microcystis aeruginosa* seguida por *Microcystis natans*, luego por *Anabaena circinalis* y, finalmente, por *Microcystis flos-aquae*.

- Durante el análisis cualitativo del fitoplancton se observó a diferentes especies de algas parasitadas por hongos, tres de las cuales (*Closterium aciculare*, *Oocystella parva*, *Oocystella lacustris*) presentaron dicha patología frecuentemente.
 - El hongo que se halló parasitando a *Closterium aciculare* fue identificado como *Rhizophydium couchii* Sparrow (Orden Rhizophydiales, Familia Rhizophydiaceae) y ésta constituye la primer cita de la especie para el país.
 - Las características morfológicas del organismo parásito de *Oocystella* sp. fueron similares a las de *Chytridium deltanum* Masters (Orden Chytridiales, Familia Chytridiaceae).
 - La prevalencia de la infección de *Rhizophydium couchii* alcanzó un máximo de 33% en julio de 2004, coincidiendo con la caída en la densidad de *Closterium aciculare*. La infección se desarrolló bajo condiciones de baja intensidad lumínica y baja

temperatura, condiciones que a su vez afectaron negativamente el crecimiento de *Closterium aciculare*.

- La disminución en la densidad de la población de *Closterium aciculare* podría deberse a condiciones ambientales desfavorables a la vez que sería acelerada por la presencia de *Rhizophyidium couchii*.

- El conocimiento integral del Embalse Paso de las Piedras, adquirido durante el desarrollo de esta tesis, aporta fundados elementos de juicio para la implementación de estrategias de manejo, tanto del embalse como de su cuenca de drenaje, tendientes a mejorar la calidad del agua y/o prevenir situaciones que en un futuro podrían poner en peligro la utilización de ese recurso de vital importancia para el consumo humano.

PROYECCIONES

Esta tesis doctoral constituye la finalización de una etapa a la vez que marca el inicio de una nueva, motivada en una gran cantidad de interrogantes surgidos a lo largo de la investigación.

En virtud de los conocimientos adquiridos sobre la dinámica espacial y temporal de las variables fisicoquímicas, ambientales e hidrológicas y de la comunidad fitoplanctónica, sería importante realizar diferentes estudios, incluyendo:

- Un estudio más profundo de los sedimentos del embalse y de la interfase agua/sedimento para determinar la dinámica de nutrientes y minerales, especialmente del fósforo y nitrógeno, con el fin de poder predecir el comportamiento del sistema ante medidas de restauración que impliquen una disminución en el aporte de nutrientes exógenos.
- El estudio de organismos indicadores de calidad de agua de otras comunidades tales como el bentos y el necton, así como de las comunidades bacterianas.
- El estudio de organismos patógenos de microalgas, en especial de poblaciones causantes de proliferaciones masivas, con el fin de hallar estrategias naturales de control de las proliferaciones.
- El estudio de la dinámica del zooplancton y su interacción con las comunidades fitoplanctónicas

- El estudio de organismos indicadores y nutrientes en los principales afluentes y efluentes del embalse.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduriz, M. A., Gargano, A. O., Chimeno, P., Saldungaray, M. C. & Conti, V. P. 2003. Caracterización de los agrosistemas predominantes de la cuenca alta del Río Sauce Grande. *RLA* 32:3-26.
- Almazán, G. & Boyd, C. E. 1978. An evaluation of secchi disk visibility for estimating plankton density in fish ponds. *Hydrobiologia* 65:601-608.
- Alvarez, S. B. 2003. Estudio bioecológico y citotaxonomico del fitoplancton de una laguna eutrofizada, reservorio final de las aguas residuales de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa. Tesis doctoral. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur.
- Alvarez, S. B., Bazán, G. I. & Parodi, E. R. 2004. Ficoflora del reservorio final de aguas residuales de Santa Rosa (La Pampa, Argentina). I. Cyanophyta y Chlorophyta (Tetraselmiales, Volvocales y Chlorococcales). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 39: 27-32.
- Alves-de-Souza, C., González, M. T. & Iriarte, J. L. 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *J. Plankton Res.* 30:1233-1243.
- Alves-de-Souza, C., Menezes, M. & Huszar, V. 2006. Phytoplankton species composition and morphological functional groups in a tropical humic coastal lagoon, Brazil. *Acta Bot. Bras.* 20:701-708.
- American Public Health Association (APHA). 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, Washington, DC.
- Anagnostidis K. & Komárek J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3- Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80 / *Algol. Stud.* 50-53:327-472.
- Atlas, R. M. & Bartha, R. 1993. *Microbial ecology*. Benjamin/Cummings Pub. Co, Redwood City, California, 435 p.
- Bailey-Watts, A. E. 1986. Seasonal variation in size spectra of phytoplankton assemblages in Loch Leven, Scotland. *Hydrobiologia* 138: 25-42.
- Bar, D. J. S. & Hickman, C. J. 1967. Chytrids and algae. II. Factors influencing parasitism of *Rhizophyidium sphaerocarpum* on Spirogyra. *Can. J. Bot.* 45:431-440.
- Barbiero, R. P. & Kann, J. 1994. The importance of benthic recruitment to the population development of *Aphanizomenon flos-aquae* and internal loading in a shallow lake. *J. Plankton Res.* 16:1581-1588.
- Barbiero, R. P. & Welch, E. B. 1992. Contribution of benthic blue-green algal recruitment to lake populations and phosphorus translocation. *Freshw. Biol.* 27: 249-260.
- Benndorf, J., Kneschke, H., Kossatz, K. & Penz, E. 1984. Manipulation of the pelagic food web by stocking with predacious fishes. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 69:407-428.
- Berger, C. 1989. In situ primary production, biomass and light regime in the Worderwijd, the most stable *Oscillatoria agardhii* lake in The Netherlands. *Hydrobiologia* 185:233-244.
- Birch, G. F., Eyre, B. D. & Taylor, S.E. 1999. The use of sediments to assess environmental impact on a large coastal catchment-the Hawkesbury River system. Australian Geological Survey Organization. Jubilee Edition 17:193-201

- Blomqvist, P., Pettersson, A. & Hyenstrand, P. 1994. Ammonium-nitrogen: a key regulatory factor causing dominance of non-nitrogen-fixing Cyanobacteria in aquatic systems. *Arch. Hydrobiol.* 132: 141-164.
- Boltovskoy, A. 1984. Relación huésped-parásito entre el quiste de *Peridinium willei* y el oomicete *Aphanomycoopsis peridinella* n. sp. *Limnobiós* 2:635-645.
- Bostrom, B., Andersen, J., Fleischer, S. & Jansson, M. 1988. Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. *Hydrobiologia* 170:229-244.
- Bourrelly, P. 1968. *Les Algues d'eau douce. Initiation a la systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes*. Ed. N. Boubée & Cie., Paris, 572 p.
- Bourrelly, P. 1970. *Les Algues d'eau douce. Initiation a la systématique. Tome I: Les algues vertes*. Ed. N. Boubée & Cie., Paris, 438 p.
- Bourrelly, P. 1972. *Les Algues d'eau douce. Initiation a la systématique. Tome III: Les algues bleues et rouges*. Ed. N. Boubée & Cie., Paris, 512 p.
- Bray, R. H. & Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Bremner, J. M. & Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen - Total. En: Page, A. L., Miller, H. & Keeney, D. R. (eds.). *Methods of soil analysis*. Part 2: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy Inc., Madison, 9:595-624.
- Brussaard, C. P. D. 2004. Viral control of phytoplankton populations - a review. *J. Euk. Microbiol.* 51:125-138.
- Cacchiarelli, J., Galantini, J. A. & Rosell, R. A. 2004. Estimación del potencial de desorción de P en suelos de la cuenca del arroyo El Divisorio (BA). XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Argentina.
- Canter, H. M. 1972. A guide to the fungi occurring on planktonic blue-green algae. En: Desikachary, T. V. (ed.). *Taxonomy and biology of blue-green algae*. Univ. of Madras, India: 145-148.
- Canter, H. M. 1985. Observations on the chytrid *Endocoenobium eudorinae* Ingold. *Bot. J. Linn. Soc.* 91:95-116.
- Canter, H. M. & Heaney, S. I. 1984. Observations on zoosporic fungi of *Ceratium* spp. in lakes of the English lake district; importance for phytoplankton population dynamics. *New Phytol.* 97:601-612.
- Canter, H. M. & Jaworski, G. H. M. 1986. A study on the chytrid *Zygorhizidium planktonicum* Canter, a parasite of the diatoms *Asterionella* and *Synedra*. *Nova Hedwigia* 43:269-298.
- Canter, H. M. & Lund, J. W. G. 1951. Studies on plankton parasites. III. Examples of interaction between parasitism and other factors determining the growth of diatoms. *Ann. Bot.* 15:359-371.
- Canter, H. M. & Lund, J. W. G. 1969. The parasitism of planktonic Desmids by fungi. *Österr. Bot. Z.* 116:351-377.
- Canter, H. M. & Lund, J. W. G. 1995. *Freshwater algae: their microscopic world explored*. Biopress Ltd., Bristol, 360 p.
- Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22:361-369.
- Carlson, R. E. & Simpson, J. 1996. *A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods*. North American Lake Management Society, 96 p.

- Carney, J. J. & Elser, J. J. 1990. The strength of zooplankton–phytoplankton coupling in relation to trophic state. En: Tilzer, M. M. & Serruya, C. (eds.). *Ecological structure and function in large lakes*. Science Tech Publishers, Madison, WI: 616-631.
- Chellappa, N. T. & Medeiros Costa, M. A. 2003. Dominant and co-existing species of cyanobacteria from a eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. *Acta Oecol.* 24:S3-S10.
- Choi, H. J., Kim, B. H., Kim, J. D. & Han, M. S. 2005. *Streptomyces neyagawaensis* as a control for the hazardous biomass of *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria) in eutrophic freshwaters. *Biol. Control* 33:335-343.
- Chorus, I. & Bartram, J. 1999. *Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. WHO. E & FN Spon, London and New York, 416 p.
- Chu, Z., Jin, X., Iwam, N. & Inamori, Y. 2007. The effect of temperature on growth characteristics and competitions of *Microcystis aeruginosa* and *Oscillatoria mougeotii* in a shallow, eutrophic lake simulator system. *Hydrobiologia* 581:217-223.
- Coelho, S., Gamito, S. & Pérez-Ruzafa, A. 2007. Trophic state of Foz de Almargem coastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 71:218-231.
- Coesel, P. F. M. 1983. The significance of desmids as indicators of the trophic status of freshwaters. *Schweiz. Z. Hydrol.* 45:388-394.
- Comas, A. 1996. *Las Chlorococcales duliacuícolas de Cuba*. Bibliotheca Phycologia, 99. Cramer, Stuttgart, 192 p.
- Comisión Mundial de Represas. 2000. *Represas y desarrollo. Un nuevo marco para la toma de decisiones*. Reporte final de la Comisión Mundial de Represas, 412 p.
- Connell, J. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reef. *Science* 199:1304-1310.
- Cooke, D., Welch, E. B., Peterson, S. & Nichols, S. A. 2005. *Restoration and management of lakes and reservoirs*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 601 p.
- Daft, M. J., McCord, S. B. & Stewart, W. D. P. 1975. Ecological studies on algal-lysing bacteria in fresh water. *Freshw. Biol.* 5:577-596.
- de Bernardi, R. & Giussani, G. 1990. Are blue-green algae a suitable food for zooplankton? An overview. *Hydrobiologia* 200/201:29-41.
- De León, L. 2002. Floraciones de cianobacterias en aguas continentales del Uruguay: causas y consecuencias. En: Domínguez, A. & Prieto, R. G. (eds.). *Perfil ambiental del Uruguay 2002*. Nordan Comunidad, Montevideo: 28-37.
- Desikachary, T. V. 1959. *Cyanophyta*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 686 p.
- Dow, C. S. & Swoboda, U. K. 2000. Cyanotoxins. En: Whitton, B. A. & Potts, M. (eds.) *The ecology of cyanobacteria. Their diversity in time and space*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands: 613-632.
- Dunn, R. J. K., Lemckert, C. J., Teasdale, P. R. & Welsh, D. T. 2007. Distribution of nutrients in surface and sub-surface sediments of Coombabah Lake, southern Moreton Bay (Australia). *Mar. Pollut. Bull.* 54:606-614.
- Dussart, B. H. 1984. Lagos naturales y embalses. Analogías y diferencias. En: Bahamonde, N. & Cabrera, S. (eds.). *Embalses, fotosíntesis y productividad primaria*. UNESCO. Universidad de Santiago de Chile. Santiago de Chile: 13-17.

- Echenique, R. O. 2001. Fitoplancton de la Laguna Vitel (Buenos Aires, Argentina). II. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 36:217-227.
- Echenique, R. O. & Arenas, P. M. 1994. Fitoplancton de la Laguna Vitel, Argentina. II. *Gayana Bot.* 51:89-104
- Echenique, R. O., Ferrari, L. & González, D. 2001. Cyanobacterial blooms in Paso de las Piedras reservoir (Buenos Aires, Argentina). *Harmful Algae News* (UNESCO) 22:3.
- Echenique, R. O., Giannuzzi, L., Ferrari, L. & González, D. 2003. Estudios sobre la calidad del agua de red en Bahía Blanca, Argentina. Anales 13° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente 30:1-18.
- Echenique, R. O., Nuñez-Avellaneda, M. & Duque, S. R. 2004. Chlorococcales de la Amazonia colombiana I: Chlorellaceae y Scenedesmaceae. *Caldasia* 26:37-51.
- Echenique, R. O., Sala, S., Guarrera, S., Guerrero, J. M., González, D., Silva, H., Labollitta, H., Lagos, N., Andrinolo, D., Cano, M. & Gorriti, G. 1999. Presencia de algas nocivas en cuerpos de agua continentales de Argentina. V Congreso Latinoamericano de Ficología. Puerto Varas. Chile.
- Edmondson, W. T. 1980. Secchi disk and chlorophyll. *Limnol. Oceanogr.* 25:378-379.
- Elbert, F. & Schanz, F. 1989. The causes of change in the diversity and stability of phytoplankton communities in small lakes. *Freshw. Biol.* 21:237-251.
- Elbrächter, M. & Schnepf, E. 1998. Parasites of harmful algae. En: Anderson, D. M., Cembella, A. D. & Hallegraeff, G. M. (eds.). *Physiological ecology of harmful algal blooms*. NATO ASI Series G: Ecological Sciences, Vol. 41. Springer-Verlag, Heidelberg: 351-369.
- Elser, J. J. & Goldman, C. R. 1990. Zooplankton effects on phytoplankton in lakes of contrasting trophic status. *Limnol. Oceanogr.* 36:64-90.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2003. *National drinking water standards*. EPA 816-F-03-016, June 2003.
- Ettl, H. 1978. Xanthophyceae. En: Ettl, H., Gerloff, J & Heynig, H. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 3. Fischer Verlag, Stuttgart, 530 p.
- FAO AQUASTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2002. Water resources, development and management service. AQUASTAT Information System on Water in Agriculture: Review of Water Resource Statistics by Country.
- Felip, M. & Catalan, J. 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. *J. Plankton Res.* 22:91-105.
- Fernandes, S. 2008. As Famílias Chlorococcaceae e Coccomyxaceae no Estado de São Paulo: levantamento florístico. Tese (Doutorado). Instituto de Botânica. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 158 p.
- Fernández, C., Estrada, V., Díaz, S. & Parodi, E. R. 2007. Efectos de los factores ambientales sobre el crecimiento de *Microcystis aeruginosa* y de *Anabaena circinalis* (Cyanophyta) durante un bloom. Libro de resúmenes de la III Reunión Binacional de Ecología (CD).
- Fernández, C., Parodi, E. R., Cáceres, E. J. 2009. Limnological characteristics and trophic state of Paso de las Piedras Reservoir: An inland reservoir in Argentina. *Lakes Reserv.: Res. Manage.* 14:85-101.
- Foged, N. 1980. Diatoms in Egypt. *Nova Hedwigia* 33: 62-707.

- Fonseca, B. M. & Bicudo, C. E. M. 2008. Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garças Pond, Brazil). *Hydrobiologia* 600:267-282.
- Fox, J. A., Booth, S. J. & Martin, E. L. 1976. Cyanophage SM-2: a new blue-green algal virus. *Virology* 73:557-560.
- Gastrich, M. D., Anderson, R. O., Benmayor, S. S. & Cosper, E. M. 1998. Ultrastructural analysis of viral infection in the brown-tide alga, *Aureococcus anophagefferens* (Pelagophyceae). *Phycologia* 37:300-306.
- Germain, H. 1981. *Flore des Diatomées*. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 441 p.
- Gerrath, G. F. 2003. Conjugating green algae and desmids. En: Sheath, R. G. & Wher, J. D (eds.). *Freshwater algae of North America*, Elsevier Science, USA: 353-381.
- Gliwicz, Z. M. 1980. Filtering rates, food size selection and feeding rates in cladocerans: another aspect of interspecific competition in filter-feeding zooplankton. En: Kerfoot, W. C. (ed.). *Evolution and ecology of zooplankton communities*. University of New England Press, Hanover: 282-291.
- Gómez, N. 1988. Diatomeas del Embalse Río III. Tesis Doctoral N° 508, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Gosselain, V., Viroux, L. & Descy, J. P. 1998. Can a community of small-bodied grazers control phytoplankton in rivers?. *Freshw. Biol.* 39:9-24.
- Graham, L. E. & Wilcox, L. W. 2000. *Algae*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 640 p.
- Grover, J. P. 1989. Influence of cell shape and size on algal competitive ability. *J. Phycol.* 25:402-405.
- Guarrera, S. A. & Echenique, R. O. 1992. Las algas del sistema del río Limay (R. Argentina) II Chlorophyta: 3. Chlorococcales. *Cryptogamie, Algol.* 13:257-272.
- Guarrera, S. A., Casco, M. A., Echenique, R. O. & Labollita, H. A. 1987. Las algas del sistema del Río Limay (R. Argentina) I. Cyanophyta Chroococcales y Chamaesiphonales. *Revista Mus. La Plata, Secc. Bot.* 14:163-189.
- Guerrero, J. M. 1989. Incidencia del fitoplancton y de los factores que lo condicionan en la calidad de agua del Embalse Paso de las Piedras. Informe inédito C.I.C. Prov. De Buenos Aires, 44 p.
- Guerrero, J. M. & Echenique, R. 1997. *Ceratium hirundinella* blooms in Argentine reservoirs. *Harmful Algae News* (UNESCO) 16: 3.
- Guerrero, J. M., Intartaglia, C. & Sala, S. E. 1991. Fitoplancton del embalse Paso de las Piedras: cambios en la composición florística en el período 1982-1989, sus relaciones con factores físicos y químicos. *Biología Acuática* 15:90-91.
- Happey-Wood, C. M. 1993. Diurnal and seasonal variation in the contributions of autotrophic pico-, nano- and microplankton to the primary production of an upland lake. *J. Plankton Res.* 15:125-159.
- Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science* 131:1291-1297.
- Hasle, G. R. 1978. The inverted microscope method. En: Sournia, A. (ed.) *Phytoplankton manual*. Monographs on oceanographic methodology 6. UNESCO, Paris: 88-96.
- Havens, K. E. 2008. Cyanobacteria blooms: effects on aquatic ecosystems. En: Hudnell, H. K. (ed.). *Cyanobacterial harmful algal blooms: advances in experimental medicine and biology*. Springer Science, New York: 733-748.

- Havens, K. E., Philips, E. J., Cichra, M. F. & Li, B. L. 1998. Light availability as a possible regulator of cyanobacterial species composition in a shallow subtropical lake. *Freshw. Biol.* 39:547-556.
- Hegewald, E. 1977: *Scenedesmus communis* HEGEWALD, a new species and its relation to *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BRÉB. *Arch. Hydrobiol.* 51 / *Algol. Stud.* 19:142-155.
- Hegewald, E. 1978. Eine neue Unterteilung der Gattung *Scenedesmus* Meyen. *Nova Hedwigia* 30:343-376.
- Hegewald, E. 1989. The *Scenedesmus* strains of the Culture Collection of the University of Texas at Austin (UTEX). *Arch. Hydrobiol.* 82 / *Algol. Stud.* 55:153-189.
- Hegewald, E., Aldave, A. & Schnepf, E. 1978. Investigations on the lakes of Peru and their phytoplankton. 2. The algae of pond La Laguna, Huanuco, with special reference to *Scenedesmus intermedius* and *S. Armatus*. *Arch. Hydrobiol.* 82:207-15
- Hegewald, E. & Schmidt, A. 1987. Untersuchungen an Isolaten und Freilandmaterial der Gattung *Lagerheimia*, Chlorophyta. *Arch. Hydrobiol.* 73 / *Algol. Stud.* 45:523-558.
- Hill, N. A., Lukatelich, R. J. & McComb, A. J. 1992. A comparative study of some of the physical and chemical characteristics of the sediments from three estuarine systems in southwestern Australia. Report 28. Report to the Waterways Commission, Canberra, Australia.
- Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Pollinger, U. & Zohary, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.* 35:403-424.
- Hindák, F. 1977. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) I. *Biol. Pr.* 23:1-190.
- Hindák, F. 1984. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. *Biol. Prace* 34:1-310.
- Hindák, F. 1988a. Einige kokkale Grünalgen aus den Kärntner Seen, Österreich. *Arch. Hydrobiol. / Suppl.* 79, *Monograph. Beiträge* 4:446-501.
- Hindák, F. 1988b. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. *Biol. Prace* 34:1-263.
- Hindák, F. 1990. Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) V. *Biol. Prace* 36:1-225.
- Hindák, F. & Moustaka, M. T. 1988. Planktic cyanophytes of Lake Volvi, Greece. *Arch. Hydrobiol.* 80:497-528.
- Holzmann, R. 1993. Seasonal fluctuations in the diversity and compositional stability of phytoplankton communities in small lakes in upper Bavaria. *Hydrobiologia* 249:101-109.
- Horie, S. 1981. On the significance of paleolimnological study of ancient lakes: Lake Biwa and other relic lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 21:13-44.
- Horne, A. J. & Commins, M. 1987. Macronutrient controls on nitrogen fixation in planktonic cyanobacterial populations. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.* 21:413-423.
- Horne, A. J. & Goldman, C. R. 1994. *Limnology*. McGraw-Hill, Inc., USA, 576 p.
- Huber-Pestalozzi, G. 1950. 3. Teil: Cryptophyceen, Chloromonadineen, Peridineen. En: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Die Binnengewässer* 16. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 310 p.

- Huber-Pestalozzi, G. 1961. 5. Teil: Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Volvocales. En: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Die Binnengewässer* 5. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 744 p.
- Huisman, J. & Hulot, F. D. 2005. Population dynamics of harmful cyanobacteria. Factors affecting species composition. En: Huisman, J., Matthijs, H. C. P. & Visser, P. M. (eds.). *Harmful cyanobacteria*. Springer, Netherlands: 143-176.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). En: Pascher, A. (ed.). *Die Süßwasser Flora Mitteleuropas*, Heft 10. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 466 p.
- Hustedt, F. 1957. Die Diatomeenflora des Flusssystem der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. *Abh. Naturw. Ver. Bremen* 34:181-440.
- Huszar, V. L. M. & Caraco, N. 1998. The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshw. Biol.* 40:679-696.
- Huszar, V. L. M., Silva, L. H. S., Marinho, M., Domingos, P. & Sant'Anna, C. L. 2000. Cyanoprocaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424:67-77.
- Hutchinson, G. E. 1961. The paradox of the plankton. *Am. Nat.* 95:137-146.
- Ibelings, B. W., De Bruin, A., Kagami, M., Rijkeboer, M., Brehm, M. & Van Donk, E. 2004. Host parasite interactions between freshwater phytoplankton and chytrid fungi (Chytridiomycota). *J. Phycol.* 40:437-453.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agrícola). 1989. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires escala 1:500.000. Proyecto PNUD ARG 85/019. Buenos Aires, Argentina.
- Intartaglia, C. & Sala, S. E. 1989. Variación estacional del fitoplancton en un lago no estratificado: embalse Paso de las Piedras, Argentina. *Rev. Bras. Biol.* 49:873-882.
- Izaguirre, I., Vinocur, A. & O'Farrell, I. 1991. Nuevos aportes a la ficoflora Argentina. I. Cuenca del Río Salado, (Pcia. Buenos Aires). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 27: 183-199.
- Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., McKnight, D. M., Naiman, R. J., Postel, S. L. & Running, S. W. 2001. Water in a Changing World. *Issues in Ecology* 9:1-16.
- James, W. F. 1991. Estimation of P exchange between littoral and pelagic zones during nighttime connective circulation. *Limnol. Oceanogr.* 36:179-187.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L. J. & Jensen, L. 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342/343:151-164.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Kronvang, B., Jensen, J. P., Svendsen, L. M. & Lauridsen, T. 1999. Lake and catchment management in Denmark. *Hydrobiologia* 395/396:419-432.
- John, D. M., Whitton, B. A. & Brook, A. J. 2002. *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge, 702 p.
- Kagami, M. & Urabe, J. 2002. Mortality of the planktonic desmid, *Staurastrum dorsidentiferum*, due to interplay of fungal parasitism and low light conditions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28:1001-1005.

- Kagami, M., Yoshida, T., Gurung, T. B. & Urabe, J. 2002. Direct and indirect effects of zooplankton on algal composition in situ grazing experiments. *Oecologia* 133:356-363.
- Kiefer, B. 1987. Untersuchungen zum Einfluss des Wasserregimes eines voralpinen Pumpspeicher-Sees (Wägitaler See) auf die Nährstoffversorgung der Phytoplanktonpopulation. Dissertation, Universität Zurich.
- Kilham, P. 1971. A hypothesis concerning silica and the freshwater planktonic diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 16:10-18.
- Kilham, S. S. & Kilham, P. 1975. *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs: morphology and ecology of a cosmopolitan freshwater diatom. *Verh. Internat. Limnol.* 19:2716-2721.
- Kim, B., Sang, M., Hwang, S. & Han, M. 2008. In situ bacterial mitigation of the toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*: implications for biological bloom control. *Limnol. Oceanogr. - Meth.* 6:513-522.
- Komárek, J. 1989. Studies on the Cyanophytes of Cuba 46. *Folia Geobot. Phytotax.* 24:57-97.
- Komárek, J. 1991. A review of water-bloom forming *Microcystis* species with regard to populations from Japan. *Algol. Stud.* 64:115-127.
- Komárek J. & Agnostidis K. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2- Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 73 / *Algol. Stud.* 43:157-226.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4. Nostocales. *Arch. Hydrobiol.* 82 / *Algological Studies* 56:247-345.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1998. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. En: Ettl, H., Gärtner, G.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1. Fischer Verlag, Stuttgart, 548 p.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. En: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schagerl, M. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/2. Elsevier GmbH, München, 758 p.
- Komárek, J. & Fott, B. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales. En: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Die Binnengewässer* 16. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1044 p.
- Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. 1992. Variability of some planktic gomphosphaerioid cyanoprokaryotes in northern lakes. *Nord. J. Bot.* 12:513-524.
- Komárek, J. & Novelo, E. 1994. Little known tropical *Chroococcus* species (Cyanoprokaryotes). *Preslia* 66:1-21.
- Komárek, J. & Perman, J. 1978. Review of the genus *Dictyosphaerium* (Chlorococcales). *Arch. Hydrobiol.* 51 / *Algol. Stud.* 20:233-97.
- Komárková – Legnerová, J. 1969. The systematics and ontogenesis of the genera *Ankistrodesmus* Corda and *Monoraphidium* gen. nov. En: Fott, B. (ed.). *Studies in Phycology*. Praha:75-122.
- Komárková-Legnerová, J. & Cronberg, G. 1994. Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. *Algol. Stud.* 72:13-51.
- Korzun, V. I. 1978. *World water balance and water resources of the earth*. UNESCO. Studies and reports in hydrology 25, 663 p.

- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986 Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. En: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae*. Gustav Fisher Verlag, Jena, 876 p.
- Krienitz, L., Klein, G. & Bohm, H. 1986. Morphologie und Ultrastruktur einiger Arten der Gattung Monoraphidium (Chlorellales). *Arch. Hydrobiol. 73 / Algal. Stud.* 44:331-350.
- Kruk, C., Mazzeo, N., Lacerot, G. & Reynolds, C. S. 2002. Classification schemes of phytoplankton: selecting and ecological approach the analysis of species temporal replacement. *J. Plankton Res.* 24:901-912.
- Lampert, W. & Sommer, U. 1997. *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press, New York and Oxford, 382 p.
- Laws, E. A. 1993. *Aquatic pollution: an introductory text*. John Wiley & Sons, Inc., USA, 611 p.
- Lee, G. F., Jones, R. A. & Rast, W. 1980. Availability of phosphorus to phytoplankton and its implication for phosphorus management strategies. En: Loehr, R. C., Martin, C. & Rast, W. (eds.). *Phosphorus management strategies for lakes*. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan: 259-308.
- Lewis, W. M. Jr. 1976. Surface/volume ratio: implications for phytoplankton morphology. *Science* 192:885-887.
- Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estructura comunitaria de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 22:1-29.
- López, N. C., Schefer, J. C., Alioto, R. A., Belleggia, F., Parodi, E. R. & Siniscalchi, A. G. 2007. Humedal artificial a flujo superficial diseñado a escala piloto para la remoción de nutrientes afluentes al embalse Paso de las Piedras, Argentina. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental. AIDIS* 95:50-54.
- López, S. E. & Mac Carthy, S. 1985. Presencia de "Ficomicetes" parásitos en hongos y algas en la Argentina. *Darwiniana* 24:61-70.
- Lopez-Llorca, L. V. & Hernandez, P. 1996. Infection of the green-alga *Oocystis lacustris* Chod. with the chytrid fungus *Diplochytridium deltanum* (Masters) Karling. A SEM study. *Micron* 27:355-358.
- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12:343-348.
- Lund, J. W. G. 1949. Studies on Asterionella. I. The origin and nature of the cells producing seasonal maxima. *J. Ecol.* 37:389-419.
- Lund, J. W. G. 1959. Buoyancy in relation to the ecology of freshwater phytoplankton. *Brit. Phycol. Bull.* 1:1-17.
- Malacalza, L. 1968. Hongos parásitos de algas dulceacuícolas. I. *Rhizophyidium globosum* y *R. subangulosum*. *Revista Mus. La Plata* 11:79-87.
- Manfredi, J. 1968. Estudio hidrológico del Río Sauce Grande para la determinación de las dotaciones de consumo de agua potable y otros usos. Informe inédito. Dirección de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, Barcelona, 1010 p.
- Martinez, A. L. 1996. Bacillariophyceae del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. Tesis Doctoral N° 673, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

- Masters, M. 1971. The ecology of *Chytridium deltanum* and other fungus parasites on *Oocystis* spp. *Can. J. Bot.* 49:75-87.
- Masters, M. 1976. Freshwater Phycomycetes on algae. En: Jones, E. B. G. (ed.). *Recent advances in aquatic mycology*. Elek Science, London: 489-512.
- Mayali, X. & Azam, F. 2004. Algicidal bacteria in the sea and their impact on algal blooms. *J. Eukaryot. Microbiol.* 51:139-144.
- McQueen, D. J., Post, J. R. & Mills, E. L. 1986. Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:1571-1581.
- MDBC (Murray–Darling Basin Commission). 1999. The salinity audit of the Murray Darling Basin: a 100 years perspective. MDBC, Canberra, ACT.
- Mischke, U. 2003. Cyanobacteria associations in shallow polytrophic lakes: influence of environmental factors. *Acta Oecol.* 24:S11-S23.
- Mix, M. 1972. Die Feinstruktur de Zellwände bei Mesotaeniaceae und Gonatozygaceae mit einer vergleichender Betrachtung der Conjugatophyceae und über deren systematischen Wert. *Arch. Mikrobiol.* 81:197-220.
- Moed, J. R. & Hoogveld, H. L. 1982. The algal periodicity in Tjeukemeer during 1968–1978. *Hydrobiologia* 95:223-234.
- Moosmann, L., Gächter, R., Müller, B. & Wüest, A. 2006. Is phosphorus retention in autochthonous lake sediments controlled by oxygen or phosphorus? *Limnol. Oceanogr.* 51:763-771.
- Mori, S. 1974. Diatom succession in a core from Lake Biwa. En: Horie, S. (ed.). *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*. Contribution on the Paleolimnology of the Lake Biwa and the Japanese Pleistocene 43:247-254.
- Moss, B. 1998. *Ecology of Freshwaters. Man and medium, past to future*. Blackwell Science, USA, 557 p.
- Moura, A. N., Bittencourt-Oliveira, M. C., Dantas, Ê. W. & Arruda Neto, J. D. 2007. Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta Bot. Bras.* 21:641-648.
- Moustaka-Gouni, M. 1993. Phytoplankton succession and diversity in a warm monomictic, relatively shallow lake: Lake Volvi, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia* 249:33-42.
- Nagasaki, K., Ando, M., Imai, I., Itakura, S. & Ishida, Y. 1994. Virus-like particles in *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae); a possible red tide disintegration mechanism. *Mar. Biol.* 119:307-312.
- Nürnberg, G. K. 1987. A comparison of internal phosphorus load in lakes with anoxic hypolimnia. *Limnol. Oceanogr.* 32:1160-1164.
- Nygaard, G. 1949. Hydrological studies in some ponds and lakes. Part II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Kogl. Danske Vidensk. Selsk., Biol. Skr.* 7:1-293.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris.
- Oliver, R. L. & Ganf, G. G. 2000. Freshwater blooms. En: Whitton, B. A. & Potts, M. (eds.). *The ecology of cyanobacteria. Their diversity in time and space*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands: 49-194.
- Orioli, G., Sabbatini, M., Marchena, J. & Vázquez, R. 2008. The impact of agricultural land use on stream chemistry and inputs to an inland reservoir: case of the Sauce Grande

- River, Argentina. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques* 53:834-843.
- Padisák, J. 2004. Phytoplankton. En: O'Sullivan, P. E. & Reynolds, C. S. *The lakes handbook. Limnology and limnetic ecology*. Blackwell Sciences Ltd., Malden, Oxford, Carlton: 251-308.
- Padisák, J. & Reynolds, C. S. 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaston, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to cyanoprokyotes. *Hydrobiologia* 384:403-416.
- Paerl, H. W. 1988a. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). En: Sandgren, C. D. (ed). *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, New York: 261-315.
- Paerl, H. W. 1988b. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and marine environments: a review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. Oceanogr.* 33:823-847.
- Paerl, H. W., Fulton, R. S., Moisander, P. H. & Dyble, J. 2001. Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. *Sci. World J.* 1:76-113.
- Paine, R. T. 1966. Food-web complexity and species diversity. *Am. Nat.* 100:65-75.
- Parodi, E. R., Trobbiani, Cáceres, E. J. 2007. Cytomorphometric characterization of a population *Ceratium hirundinella* fa. *austriacum* (Dinophyta) during a bloom in a reservoir of the Province of Buenos Aires, Argentina. *Algol. Studies* 125:45-55.
- Parodi, E. R., Trobbiani, N., Estrada, V. & Argañaraz Bonini, G. 2005. Proliferaciones masivas de cianobacterias en el Embalse Paso de las Piedras. CONAGUA 2005.
- Paterson, R. A. 1960. Infestation of chytridiaceous fungi on phytoplankton in relation to certain environmental factors. *Ecology* 41:416-424.
- Paterson, R. A. 1963. Observations on two species of Rhizophydium from northern Michigan. *T. Brit. Mycol. Soc.* 46:530-536.
- Patrick, R. & Reimer, C. W. 1966. *The Diatoms of the United States exclusive Alaska and Hawaii*. Vol. 1. Monographs of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia N° 13, 688 p.
- Patrick, R & Reimer, C. W. 1975. *The Diatoms of the United States exclusive Alaska and Hawaii*. Vol. 2. Monographs of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia N° 13, 213 p.
- Pearsall, W. H. 1929. Form variation in *Ceratium hirundinella* O. F. M. Proc. Leeds Phil. Soc. 1:432-439.
- Phlips, E. J., Monegue, R. L. & Aldridge, F. J. 1990. Cyanophages which impact bloom-forming cyanobacteria. *J. Aquat. Plant Manag.* 28:92-97.
- Pielou, E. C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. theor. Biol.* 10:370-383.
- Pielou, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience, New York, 286 p.
- Pizzolon, L., Tracanna, B., Prósperi, C. & Guerrero, J. M. 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *Lakes Reserv.: Res. Manage.* 4:01-05.
- Preston, T., Stewart, W. D. P. & Reynolds, C. S. 1980. Bloom-forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* over-winters on sediment surface. *Nature* 288:365-367.

- Provasoli, L. 1969. Algal nutrition and eutrophication. En: *Eutrophication: Causes, consequences, correctives*. Natl. Acad. Sci., Washington: 574-593.
- Quirós, R. 1998. Classification and state of the environment of the Argentinean lakes. En: International Lake Environment Committee Foundation (ILEC). *Study Report for the Lake Environment Conservation in Developing Countries. Argentina*. Kusatsu, Japan: 29-50.
- Quirós, R. 2000. La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. En: Fernández, A. (ed.). *El Agua en Iberoamérica: acuíferos, lagos y embalses*. CYTED. Subprograma XVII. Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos: 43-47.
- Quirós, R. & Drago, E. 1999. The environmental state of Argentinean lakes: an overview. *Lakes Reserv.: Res. Manage.* 4:55-64.
- Rahman, A. K., Al Bakri, D., Ford, P. & Church, T. 2005. Limnological characteristics, eutrophication and cyanobacterial blooms in an inland reservoir, Australia. *Lakes Reserv. Res. Manage.* 10:211-220.
- Rakocevic-Nedovic, J. & Hollert, H. 2005. Phytoplankton community and chlorophyll a as trophic state indices of Lake Skadar (Montenegro, Balkan). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 12:146-52.
- Randhawa, M. S. 1959. *Zygnemaceae*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 478p.
- Raven, J. A. 1998. Small is beautiful: the picophytoplankton. *Funct. Ecol.* 12:503-513
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K. & Yoder, D. C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agricultural Handbook 703*. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., 384 p.
- Ressom, R., Soong, F. S., Fitzgerald, J., Turczynowicz, L., El Saadi, O., Roder, D., Maynard, T. & Falconer, I. 1994. *Health effects of toxic cyanobacteria (Blue-green algae)*. Australian National Health and Medical Research Council, Looking Glass Press, 108 p.
- Reynolds, C. S. 1984a. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge, 384 p.
- Reynolds, C. S. 1984b. Phytoplankton periodicity: the interaction of form, function and environmental variability. *Freshw. Biol.* 14:111-142.
- Reynolds, C. S. 1988. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 23:683-691.
- Reynolds, C. S. 1997. Vegetation processes in the pelagic. A model for ecosystem theory. En: Kinne, O. (ed.). *Excellence in ecology*. Ecology Institute, Oldendorf/Luke, 371 p.
- Reynolds, C. S. 1998. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status?. *Hydrobiologia* 369/370:11-26.
- Reynolds, C. S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge, 535 p.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.* 24:417-428.

- Reynolds, C. S., Oliver, R. L. & Walsby, A. E. 1987. Cyanobacterial dominance: the role of buoyancy regulation in dynamic lake environments. *New Zeal. J. Mar. Fresh.* 21:379-390.
- Reynolds, C., Tundisi, J. G. & Hino, K. 1983. Observation on a metalimnetic *Lyngbya* population in a stably stratified tropical lake (Lagoa Carioca, Eastern Brasil). *Arch. Hydrobiol.* 97:7-17.
- Rivas, Z., Ledo de Medina, H., Gutiérrez, J. & Gutiérrez, E. 2000. Nitrogen and phosphorus levels in sediments from tropical Catatumbo River (Venezuela). *Water Air Soil Poll.* 117:27-37
- Rosén, G. 1981. Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica* 132:263-290.
- Rott, E. & Lenzenweger, R. 1994. Some rare and interesting plankton algae from Sri Lankan reservoirs. *Biologia, Bratislava*, 49:479-500.
- Ryding, S. O. & Rast, W. 1992. *El control de la eutrofización en lagos y pantanos*. Editorial Pirámide, Madrid, 355 p.
- Sala, S. E. 1990a. Ultraestructura de algunas Bacillariophyceae de agua dulce citadas por primera vez en Argentina. *Darwiniana* 30:219-221.
- Sala, S. E. 1990b. Variaciones morfológicas de *Surirella ovalis* (Bacillariophyceae). *Darwiniana* 30:215-218.
- Sala, S. 1994. Flora Diatomológica del Embalse Paso de las Piedras, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral N° 627, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Sala, S. E. 1996a. Flora diatomológica del Embalse Paso de las Piedras (Prov. de Buenos Aires. Argentina) II: Fam. Naviculaceae (Pennales). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 32:95-121.
- Sala, S. E. 1996b. Flora diatomológica del Embalse Paso de las Piedras (Argentina) III. Familias Epithemiaceae, Bacillariaceae y Surirellaceae (O. Pennales). *Cryptogamie Algol.* 17:95-122.
- Sala, S. E. 1996c. Flora diatomológica del Embalse Paso de las Piedras Reservoir (Argentina) I: Fam. Diatomaceae, Fam. Achnanthesaceae y Fam. Eunotiaceae (O. Pennales). *Darwiniana* 34:251-266.
- Sala, S. E. 1997. Flora diatomológica del Embalse Paso de las Piedras, Provincia de Bs. As. IV: Orden Centrales. *Gayana Bot.* 54:1-14.
- Sala, S. E. & Intartaglia, C. 1985. Estudio taxonómico del fitoplancton del embalse Paso de las Piedras (Buenos Aires, Argentina) I. *Lilloa* 36:149-263.
- Sant' Anna, C. L., Acevedo, M. T. P., Senna, P. A. C., Komárek, J. & Komárková, J. 2004. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Rev. Bras. Biol.* 27:1-19.
- Sarjeant, W. A. S. 1974. *Fossil and living Dinoflagellates*. Academic Press, London, 182 p.
- Schefer, J. C. 2004. *Los recursos hídricos y el abastecimiento de agua. Región de Bahía Blanca*. Publicación del CEPADE, 132 p.
- Semina, H. J. 1978. The size of cells. En: *Phytoplankton manual*. Sournia, A. (ed.). *Monographs on Oceanographic Methodology*, UNESCO 6:233-237.
- Sen, B. 1988. Fungal parasitism of planktonic algae in Shearwater. V. Fungal parasites of the green algae. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 79:185-205.

- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communications. *Bell Sys. Tech. J.* 27:379-423.
- Shapiro, J. 1990. Current beliefs regarding dominance of bluegreens: the case for the importance of CO₂ and pH. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 24:38-54.
- Shapiro, J., Lamarra, V. & Lynch, M. 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. En: Brezonik, P. L. & Fox, J. L. (eds.). *Water quality management through biological control*. University of Florida, Gainesville. Report no. ENV-07-75-1: 85-96.
- Sheath, R. G. & Wher, J. D. 2003. Introduction to freshwater algae. En: Sheath, R. G. & Wher, J. D (eds.). *Freshwater algae of North America*. Elsevier Science, USA:1-9.
- Shilo, M. 1970. Lysis of blue-green algae by Myxobacter. *J. Bacteriol.* 104:453-461.
- Shin, W., Boo, S. M. & Longcore, J. E. 2001. *Entophlyctis apiculata*, a chytrid parasite of *Chlamydomonas* sp. (Chlorophyceae). *Can. J. Bot.* 79:1083-1089.
- Silva, L. H. S. 1999. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 59:281-303.
- Simonsen, R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria* 2:9-71.
- Simpsons, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- Smayda, T. J. 1978. From phytoplankters to biomass. En: Phytoplankton manual. Sournia, A. (ed.). *Monographs on Oceanographic Methodology*, UNESCO 6:273-279.
- Smayda, T. J. & Reynolds, C. S. 2001. Community assembly in marine phytoplankton; application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *J. Plankton Res.* 23:447-461.
- Smayda, T. J. & Reynolds, C. S., 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *J. Sea Res.* 49:95-106.
- Smith, R. E. H. & Kalff, J. 1983. Competition for phosphorus among co-occurring freshwater phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 28:448-464.
- Smith, V. H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221:669-671.
- Smith, V. H. 1990. Phytoplankton responses to eutrophication in inland waters. En: Akatsuka, I. (ed.). *Introduction to applied phycology*. SPB Academic Publishing, The Netherlands: 231-249.
- Smith, V. H., Bierman, V. J., Jones, B. L. & Havens, K. E. 1995. Historical trends in the Lake Okeechobee ecosystem IV. Nitrogen:phosphorus ratios, cyanobacterial dominance, and nitrogen fixation potential. *Arch. Hydrobiol.* 107:71-88.
- Sodomkova, M. 1972. Taxonomische Übersicht der Gattung Coelastrum Nageli. *Acta Univ. Carol. Biol.* 1970:481-512
- Sommer, U. 1982. Vertical niche separation between two closely related planktonic flagellate species (*Rhodomonas lens* and *Rhodomonas minuta* v. *nannoplanctica*) *J. Plankton Res.* 4:137-142.
- Sommer, U. 1987. Factors controlling the seasonal variation in phytoplankton species composition: a case study for a deep, nutrient rich lake. *Prog. Phycol. Res.* 5:123-178.
- Sommer, U. 1988. Growth and survival strategies of planktonic diatoms. En: Sandgren, C. D. (ed.). *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge: 227-260.

- Sommer, U., Gliwicz, Z. M., Lampert, W. & Duncan, A. 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in freshwaters. *Arch. Hydrobiol.* 106:433-471.
- Sonzogni, W. C., Chapra, S. C., Armstrong, D. E. & Logan, T. J. 1982. Bioavailability of phosphorus inputs to lakes. *J. Environ. Quality* 11:555-563.
- Sparrow, F. K. 1960. *Aquatic Phycomycetes*. The University of Michigan Press, Ann. Arbor, Michigan, 1187 p.
- Spijkerman, E. & Coesel, P. F. M. 1998. Ecophysiological characteristics of two planktonic desmid species originating from trophically different lakes. *Hydrobiologia* 369/370:109-116.
- Starmach, K. 1985. Chrysophyceae und Haptophyceae. En: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., & Mollenhauer, D. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York, 515 p.
- Steciow, M. M. 1998. Hongos acuáticos (Chytridiomycota, Oomycota) de la laguna Vitel y tributarios (Buenos Aires, Argentina). *Darwiniana* 36:101-106.
- Steinberg, C. E. W. & Hartman, H. M. 1988. Planktonic bloom forming cyanobacteria and the eutrophication of lakes and rivers. *Freshw. Biol.* 20:279-287.
- Straskraba, M. 1980. Effects of physical variables on production. En: LeCren, E. D. & Lave, R. H. (eds.). *The functioning of freshwater ecosystems*. IBP Handb. 22:13-84.
- Straskraba, M. & Tundisi, J. G. 1999. Reservoir water quality management. En: International Lake Environment Committee (ILEC). *Guidelines of Lake Management*, 9:1-229.
- Sun, J. & Liu, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *J. Plankton Res.* 25:1331-1346.
- Sussman, A. S. 1966. Dormancy of spore germination. En: Ainsworth, G. C. & Sussman, A. S. (eds.). *The fungi*. Academic Press, New York, 2:733-764.
- Suttle, C. A. & Chann, A. M. 1993. Marine cyanophages infecting oceanic and coastal strains of *Synechococcus*: abundance, morphology, cross-infectivity and growth characteristics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92:99-109.
- Suttle, C. A. & Chann, A. M. 1995. Viruses infecting the marine Prymnesiophyte *Chrysochromulina* spp.: isolation, preliminary characterization and natural abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118:275-282.
- Sze, P. 1998. *A biology of the algae*. McGraw-Hill, Boston. 278 p.
- Takano, K., Ishikawa, Y., Mikami, H., Igarashi, S., Hino, S. & Yoshioka, T. 2008. Fungal infection for cyanobacterium *Anabaena smithii* by two chytrids in eutrophic region of large reservoir Lake Shumarianai, Hokkaido, Japan. *Limnology* 9:213-218.
- Tang, E. P. Y. 1995. The allometry of algal growth rates. *J. Plankton Res.* 17:1325-1335.
- Tang, E. P. Y. & Peters, R. H. 1995. The allometry of algal respiration. *J. Plankton Res.* 17:303-315.
- Tell, G. 2001. The species of the genus *Coelastrum* Näg. (Chlorophyceae, Chlorococcales) from Argentina and its geographical distribution. *Algol. Stud.* 102:61 – 71.
- Tell, G. & Conforti, V. 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. *Bibliotheca Phycologica* 75, Berlin-Stuttgart, 301 p.
- Tell, G. & Mosto, P. 1982. Orden Chlorococcales. En: Guarrera, S., Gamundi, I. & Halperin, D. (eds.). *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego* 6 (2):7-147.

- Tilman, D. 1977. Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. *Ecology* 58:338-348.
- Tilman, D., Kilham, S. & Kilham, P. 1982. Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13:349-372.
- Trifonova, I. 1993. Seasonal succession of phytoplankton and its diversity in two highly eutrophic lakes with different conditions of stratification. *Hydrobiologia* 249:93-100.
- Tschumi, P. A., Bangerter, B. & Zbären, D. 1982. Zehn Jahre limnologische Forschung am Bielersee (1972-1981). *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich.* 127:337-355.
- Tyagi, V. V. & Beri, V. 1977. Bacterial lysis of cytoplasm of *Cosmarium*, a green alga. *Cell. Mol. Life Sci.* 33:607-608.
- UNEP-IETC/ILEC, 2001. *Water quality: the impact of eutrophication*. Lakes and Reservoirs 3:1-26.
- UNS-ABSA-ORAB-ADA (Universidad Nacional del Sur-Aguas Bonaerenses S.A.-Organismo del Agua Bonaerense-Autoridad del Agua). 2004. Informe Final Convenio. Bahía Blanca, Argentina.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 9:1-38.
- Van Donk, E. 1984. The role of fungal parasites in phytoplankton succession. En: Sommer, U. (ed.). *Succession in plankton communities*. Springer-Verlag, New York: 171-192.
- Van Donk, E. & Bruning, K. 1992. Ecology of aquatic fungi in and on algae. En: Reisser, W (ed). *Algal Symbiosis*. Biopress Limited, Bristol, England: 567-592.
- Van Donk, E. & Ringelberg, J. 1983. The effect of fungal parasitism on the succession of diatoms in Lake Maarsseveen (The Netherlands). *Freshw. Biol.* 13:241-251.
- Van den Hoek, C., Mann, D. G. & Jahns, H. M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge, 623 p.
- Van Duin, E. H. S., Aalderink, R. H. & Lijklema, L. 1995. Light adaptation of *Oscillatoria agardhii* at different time scales. *Water Sci. Technol.* 32:35-48.
- Villafañe, V. E. & Reid, F. M. H. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: Alveal, K., Ferrario, M. E., Oliveira, E. C. & Sar, E. (eds.). *Manual de Métodos Ficológicos*. Univ. de Concepción, Chile: 169-185.
- Vinocur, A. & Tell, G. 1989. Algas del Río Luján nuevas para la Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 26: 119-125
- Welch, P. S. 1952. *Limnology*. McGraw-Hill Book Company, Inc., USA, 538 p.
- Werner, V. R. 1988. Cianofíceas planctônicas da lagoa de Tramandaí e da Lagoa do Armazém, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia* 37:33-70
- Wetzel, R. G. 1981. *Limnología*. Ediciones Omega, Barcelona, 696 p.
- Wilson, W. H., Tarran, G. A., Schroeder, D., Cox, M., Oke, J. & Malin, G. 2002. Isolation of viruses responsible for the demise of an *Emiliania huxleyi* bloom in the English Channel. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 82:369-377.
- Wommack, K. & Colwell, R. 2000. Virioplankton: virus in aquatic ecosystems. *Microbiol. Mol. Biol. R.* 64: 69-114.
- Yoshida, T., Takashima, Y., Tomaru, Y., Shirai, Y., Takao, Y., Hiroishi, S., & Nagasaki, K. 2006. Isolation and characterization of a cyanophage infecting the toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Appl. Environ. Microb.* 72:1239-1247.

- Zalocar, Y. 1999. Estructura y dinámica del fitoplancton en la cuenca del eje potámico Paraguay-Paraná (Argentina). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Zalocar de Domitrovic, Y. 2003. Effect of fluctuations in water level on phytoplankton development in three lakes of the Paraná River floodplain (Argentina). *Hydrobiologia* 510:175.

ANEXOS

Anexo 1. Valor promedio de biovolumen (μm^3) y forma geométrica de las especies registradas en el análisis cuantitativo

Taxón	Biovolumen	Forma geométrica
CYANOPROCARIOTA		
<i>Aphanothece smithii</i>	2,643	esferoide prolato
<i>Synechococcus epigloeicus</i>	4,502	esferoide prolato
<i>Rhabdogloea scenedesmoides</i>	15,1	cilindro + 2 medias esferas
<i>Synechocystis aquatilis</i>	39,794	esfera
<i>Synechocystis</i> sp.	179,594	esfera
<i>Synechocystis fuscopigmentosa</i>	113,654	esfera
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	0,902	esfera
<i>Merismopedia tenuissima</i>	0,382	esferoide prolato
<i>Merismopedia elegans</i>	56,941	esferoide prolato
<i>Coelosphaerium aerugineum</i>	4,189	esfera
<i>Coelosphaerium dubium</i>	113,04*	esfera
<i>Coelosphaerium punctiferum</i>	0,66	esfera
<i>Snowella lacustris</i>	8,363	esferoide prolato
<i>Woronichinia elorantae</i>	9,152	esferoide prolato
<i>Microcystis aeruginosa</i>	33,064	esfera
<i>Microcystis flos-aquae</i>	16,309	esfera
<i>Microcystis natans</i>	5,409	esfera
<i>Microcystis protocystis</i>	33,510	esfera
<i>Chroococcus limneticus</i>	102,224	esferoide prolato
<i>Chroococcus minutus</i>	192,360	esferoide prolato
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	6,28*	cilindro
<i>Jaaginema minimum</i>	964,469	cilindro
<i>Spirulina major</i>	245,354	cilindro
<i>Planktothrix agardhii</i>	4714,083	cilindro
<i>Planktothrix</i> sp.	691,15	cilindro
<i>Phormidium hamelii</i>	1549,001	cilindro
<i>Phormidium aerugineo-caeruleum</i>	1159,248	cilindro
<i>Phormidium tergestinum</i>	1236,02	cilindro
<i>Tychonema</i> sp.	620,268	cilindro
<i>Oscillatoria foreaui</i>	598,866	cilindro
<i>Anabaena circinalis</i>	98,611	esfera
<i>Anabaena sphaerica</i>	43,583	esfera
CHLOROPHYCEAE		
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	193,364	esfera
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	3732,975	esfera
<i>Ankyra judayi</i>	15,23	doble cono

<i>Schroederia setigera</i>	512,867*	doble cono
<i>Golenkinia radiata</i>	327,192	esfera
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>cornutum</i>	500*	cilindro
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	907,433*	cilindro
<i>Pediastrum tetras</i>	435,787*	cilindro
<i>Quadricoccus ellipticus</i>	27,928	esferoide prolato
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	68,247	esferoide prolato
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	65,324	esfera
<i>Botryococcus braunii</i>	47,720	esferoide prolato
<i>Coenocystis planctonica</i> var. <i>planctonica</i>	194,703	esfera
<i>Coenocystis planconvexa</i>	91,927	esferoide prolato
<i>Thorakochloris nygaardii</i>	10,306	esfera
<i>Lagerheimia citrifomis</i>	990,614	esferoide prolato
<i>Lagerheimia subsalsa</i>	159,609	esferoide prolato
<i>Lagerheimia balatonica</i>	174,555	esferoide prolato
<i>Lagerheimia ciliata</i>	694,718	esferoide prolato
<i>Oocystis naegelii</i>	481,382	esferoide prolato
<i>Oocystella rhomboidea</i>	106,456	esferoide prolato
<i>Oocystella marssonii</i>	399,738	esferoide prolato
<i>Oocystella borgei</i>	558,155	esferoide prolato
<i>Oocystella lacustris</i>	139,668	esferoide prolato
<i>Oocystella parva</i>	181,496	esferoide prolato
<i>Oocystella solitaria</i>	14173,914	esferoide prolato
<i>Oocystella submarina</i>	226,384	esferoide prolato
<i>Oocystella ecballocystiformis</i> var. <i>americana</i>	42,259	esferoide prolato
<i>Chlorella homosphaera</i>	64,668	esfera
<i>Chlorella oocystoides</i>	67,021*	esferoide prolato
<i>Monoraphidium circinale</i>	19,986	cilindro en forma de hoz
<i>Monoraphidium dybowski</i>	45,832	esferoide prolato
<i>Monoraphidium tortile</i>	3,803	doble cono
<i>Monoraphidium contortum</i>	66,85*	doble cono
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	229,264	doble cono
<i>Kirchneriella irregularis</i> var. <i>irregularis</i>	14,743	doble cono
<i>Kirchneriella irregularis</i> var. <i>spiralis</i>	14,743	doble cono
<i>Kirchneriella</i> sp.	18,956	doble cono
<i>Kirchneriella subcapitata</i>	18,36	cilindro en forma de hoz
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>contorta</i>	2,768	doble cono
<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>elegans</i>	6,862	doble cono
<i>Pseudoquadrigula lacustris</i>	31,561	doble cono
<i>Tetraedron minimum</i>	1105,25*	paralelepípedo
<i>Tetraedron hemisphaericum</i>	549,027	cono
<i>Coelastrum microporum</i>	131,505	esfera
<i>Coelastrum astroideum</i>	78,314	esfera

<i>Coelastrum indicum</i>	231,117	esfera
<i>Tetrastrum komarekii</i>	65,061 (cenobio)	esfera (cenobio)
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	79,882 (cenobio)	esferoide prolato (cenobio)
<i>Rayssiella hemisphaerica</i>	96,641	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	32,33	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	299,22	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus obliquus</i>	16,493	doble cono
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>	104,438*	doble cono
<i>Scenedesmus semipulcher</i>	68,351	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	135,187	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus aldavei</i>	10,68	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus lefevrii</i> var. <i>manguinii</i>	103,19	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus intermedius</i>	8,901	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus communis</i>	108,909	cilindro + 2 medias esferas
<i>Scenedesmus raciborski</i>	87,896	cilindro + 2 medias esferas
<i>Chlamydomonas</i> sp 1	216,421	esfera
<i>Chlamydomonas</i> sp 2	179,594	esfera
<i>Chlamydomonas</i> sp 3	351,924	esfera
<i>Chlamydomonas peterfii</i>	130, 9	esferoide prolato
<i>Phacotus lenticularis</i>	140,03	esferoide prolato
ZYGNEMATOPHYCEAE		
<i>Closterium aciculare</i>	3264,898	doble cono
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	498,702	doble cono
<i>Closterium moniliferum</i>	177336,622	doble cono
<i>Cosmarium botrytis</i>	12272,167	elipsoide
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	4553,197	doble cono truncado + 6 cilindros
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	5501,847	doble cono truncado + 6 cilindros
<i>Staurastrum gracile</i>	14483,853	doble cono truncado + 6 cilindros
<i>Staurastrum hexacerum</i>	6810,438	doble cono truncado
<i>Staurastrum</i> sp.	6928,434	doble cono truncado + 6 cilindros
<i>Spirogyra</i> sp. 1	17717,175	cilindro
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Lagynion</i> sp.	190,852	media esfera
XANTHOPHYCEAE		
<i>Tetraplektron torsum</i>	1017,712	2 dobles conos
<i>Isthmochloron lobulatum</i>	417,914	caja rectangular – 2 pirámides de base rectangular
<i>Tribonema</i> sp.	64,402	cilindro
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Aulacoseira granulata</i>	1492,207	cilindro
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	236,372	cilindro

<i>Cyclotella meneghiniana</i>	717,658	cilindro
<i>Stephanodiscus</i> sp.	5988,833	cilindro
<i>Melosira varians</i>	3845*	cilindro
<i>Diatoma vulgare</i>	5265*	paralelepípedo
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	498,95*	s.i.
<i>Tabularia fasciculata</i>	8549*	paralelepípedo
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1043,1*	s.i.
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i>	98,17*	s.i.
<i>Gomphonema olivaceum</i>	630*	paralelepípedo
<i>Gyrosigma spencerii</i>	3913,24*	s.i.
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>cryptocephala</i>	907*	paralelepípedo
<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>veneta</i>	153,74*	paralelepípedo
<i>Navicula peregrina</i>	18893*	paralelepípedo
<i>Navicula recens</i>	524,3*	paralelepípedo
<i>Navicula exigua</i> var. <i>capitata</i>	650*	s.i.
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>radiosa</i>	1110,39*	s.i.
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	602*	paralelepípedo
<i>Epithemia sorex</i>	1725,96*	s.i.
<i>Hantzschia amphioxys</i>	1044,75*	s.i.
<i>Nitzschia acicularis</i>	188*	s.i.
<i>Nitzschia dissipata</i>	257,73*	s.i.
<i>Nitzschia palea</i>	470*	s.i.
<i>Nitzschia hungarica</i> - <i>Nitzschia constricta</i>	884,06*	s.i.
<i>Nitzschia</i> sp.	18518	paralelepípedo
<i>Cymatopleura solea</i>	54865*	cilindro oval
CRYPTOPHYCEAE		
<i>Cryptomonas ovata</i>	3421,972	esferoide prolato
<i>Cryptomonas marssonii</i>	552,659	esferoide prolato
<i>Rhodomonas lacustris</i>	91,321	cono + media esfera
DINOPHYCEAE		
<i>Peridinium</i> sp.	113097,336	esfera
<i>Ceratium hirundinella</i> fa. <i>austriacum</i>	42791,39*	s.i.
EUGLENOPHYCEAE		
<i>Euglena variabilis</i>	18014,285	cono
<i>Trachelomonas rotunda</i>	2589,887	esferoide prolato

Los valores de biovolumen y la forma geométrica corresponden a las células individuales, con excepción de *Tetrastrum komarekii* y *Tetrastrum staurogeniaeforme* donde corresponde a cenobios formados por cuatro células.

* datos tomados de otros autores

s.i.: sin información

Anexo 2. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA doble) para el pH (comparación entre estaciones de monitoreo y entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	293	0,60	0,47	4,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,64	71	0,73	4,62	<0,0001
estación	0,77	3	0,26	1,62	0,1849
mes	48,01	17	2,82	17,93	<0,0001
estación*mes	2,30	51	0,05	0,29	>0,9999
Error	34,82	221	0,16		
Total	86,46	292			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,17473

Error: 0,1575 gl: 221

estación	Medias	n
S2	8,49	73
S1	8,58	77
S4	8,58	67
S3	8,66	76

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,55125

Error: 0,1575 gl: 221

mes	Medias	n
ago-04	7,82	16
abr-04	8,02	28
jun-04	8,07	16
jul-04	8,15	14
may-04	8,18	20
may-05	8,39	8
jun-05	8,53	6

Anexo 3. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA simple) para la profundidad de visión del disco de Secchi (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Secchi	126	0,13	0,12	18,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,49	1	1,49	17,84	<0,0001
estación	1,49	1	1,49	17,84	<0,0001
Error	10,36	124	0,08		
Total	11,85	125			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,10196

Error: 0,0836 gl: 124

estación	Medias	n
S3	1,43	62
S1	1,64	64

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Anexo 4. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA simple) para la profundidad de visión del disco de Secchi (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Secchi	126	0,42	0,34	16,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,00	16	0,31	4,97	<0,0001
meses	5,00	16	0,31	4,97	<0,0001
Error	6,85	109	0,06		
Total	11,85	125			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,53192

Error: 0,0629 gl: 109

meses	Medias	n	
ene-05	1,31	4	A
sep-04	1,33	8	A
feb-05	1,33	4	A
ene-04	1,33	11	A
feb-04	1,37	16	A
ago-04	1,39	2	A
mar-04	1,44	15	A
dic-04	1,47	8	A
jun-05	1,53	3	A
mar-05	1,55	2	A
abr-04	1,62	14	A
oct-04	1,66	8	A
abr-05	1,68	4	A
may-05	1,70	3	A
nov-04	1,72	10	A
jun-04	1,83	4	A
may-04	1,99	10	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Anexo 5. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la conductividad eléctrica (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias	D.E.	Medianas	Prom. rang.	gl	C	H	p
cond.	S1	38	0,41	0,06	0,38	59,01	3	1,00	31,44	<0,0001
cond.	S2	34	0,40	0,06	0,38	58,81				
cond.	S3	37	0,48	0,07	0,46	103,31				
cond.	S4	32	0,41	0,06	0,39	60,83				

Trat. Ranks

S2	58,81	A
S1	59,01	A
S4	60,83	A
S3	103,31	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 6. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la conductividad eléctrica (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	meses	N	Medias	D.E.	Medianas	Prom. rang.	gl	C	H	p
cond.	abr-05	8	0,37	0,03	0,37	36,50	12	1,00	93,86	<0,0001
cond.	ago-04	10	0,51	0,05	0,49	117,25				
cond.	dic-04	11	0,41	0,04	0,40	75,68				
cond.	ene-05	7	0,39	0,03	0,40	57,07				
cond.	feb-05	8	0,38	0,03	0,38	44,75				
cond.	jul-04	14	0,55	0,04	0,52	129,18				
cond.	jun-04	16	0,50	0,04	0,49	112,94				
cond.	jun-05	6	0,39	0,02	0,38	57,25				
cond.	mar-05	4	0,36	0,03	0,35	33,63				
cond.	may-05	8	0,40	0,03	0,39	60,25				
cond.	nov-04	20	0,40	0,04	0,39	63,40				
cond.	oct-04	13	0,39	0,05	0,37	50,38				
cond.	sep-04	16	0,37	0,05	0,35	28,63				

Trat.	Ranks	
sep-04	28,63	A
mar-05	33,63	A
abr-05	36,50	A
feb-05	44,75	A
oct-04	50,38	A
ene-05	57,07	A
jun-05	57,25	A
may-05	60,25	A
nov-04	63,40	B
dic-04	75,68	B
jun-04	112,94	C
ago-04	117,25	C
jul-04	129,18	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 7. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA simple) para la concentración de sólidos suspendidos totales (TSS) (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Log ₁₀ (TSS+1)	58	0,59	0,44	23,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,63	15	0,11	4,05	0,0002
meses	1,63	15	0,11	4,05	0,0002
Error	1,13	42	0,03		
Total	2,76	57			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,48532

Error: 0,0269 gl: 42

meses	Medias	n	
may-04	0,40	5	A
abr-04	0,45	4	A
jun-05	0,54	2	A B
febreo 05	0,55	2	A B
ene-04	0,58	4	A B
feb-04	0,62	4	A B
dic-04	0,63	4	A B
mar-04	0,70	4	A B
jul-04	0,70	4	A B
mar-05	0,72	1	A B
nov-04	0,74	5	A B
jun-04	0,74	4	A B
oct-04	0,76	4	A B
ene-05	0,80	2	A B
ago-04	0,95	5	B
sep-04	1,02	4	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 8. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de nitrato (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias D.E.	Medianas	H	p
Nitrato	S1	59	1,43 0,25	1,40	15,44	0,0013
Nitrato	S2	50	1,33 0,24	1,30		
Nitrato	S3	58	1,34 0,26	1,30		
Nitrato	S4	50	1,25 0,22	1,30		

Trat.	Ranks
S4	86,36 A
S2	104,24 A
S3	108,18 A
S1	133,03 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 9. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de nitrato (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	meses	N	Medias D.E.	Medianas	H	p
Nitrato	abr-04	12	1,14 0,30	1,30	100,28	<0,0001
Nitrato	abr-05	8	1,31 0,22	1,30		
Nitrato	ago-04	19	1,55 0,22	1,50		
Nitrato	dic-04	12	1,62 0,14	1,60		
Nitrato	ene-04	4	1,48 0,15	1,40		
Nitrato	ene-05	7	1,21 0,15	1,20		
Nitrato	feb-04	15	1,44 0,25	1,40		
Nitrato	feb-05	8	1,38 0,15	1,40		
Nitrato	jul-04	10	1,34 0,18	1,30		
Nitrato	jun-04	16	1,28 0,13	1,30		
Nitrato	jun-05	6	1,12 0,10	1,15		
Nitrato	mar-04	20	1,20 0,33	1,25		
Nitrato	mar-05	4	1,35 0,10	1,30		
Nitrato	may-04	20	1,40 0,16	1,35		

Nitrato	may-05	8	1,03	0,10	1,05
Nitrato	nov-04	20	1,18	0,15	1,15
Nitrato	oct-04	14	1,44	0,19	1,40
Nitrato	sep-04	14	1,55	0,07	1,50
<hr/>					
Trat.	Ranks				
may-05	24,31	A			
jun-05	38,92	A	B		
nov-04	61,30	A	B		
ene-05	65,93	A	B	C	
abr-04	71,83	A	B	C	
mar-04	79,65		B	C	
jun-04	84,53		B	C	D
abr-05	98,13		B	C	D
jul-04	99,60		B	C	D
mar-05	109,00		B	C	D
feb-05	121,75				E
may-04	123,10				E
feb-04	127,90				E
oct-04	132,00				E
ene-04	148,88				E
ago-04	159,74				F
sep-04	176,32				F
dic-04	184,29				F

Letras distintas indican diferencias significativas (p <= 0,05)

Anexo 10. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de nitrato (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Nitrato	S1	60	0,02	0,02	0,02	3	1,00	0,34	0,9517
Nitrato	S2	51	0,02	0,02	0,02				
Nitrato	S3	59	0,02	0,01	0,02				
Nitrato	S4	51	0,02	0,01	0,02				

Anexo 11. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de nitrato (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	meses	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Nitrato	abr-04	12	0,02	0,02	0,01	17	1,00	45,75	0,0002
Nitrato	abr-05	8	0,01	2,8E-03	0,01				
Nitrato	ago-04	19	0,02	0,01	0,02				
Nitrato	dic-04	12	0,02	0,01	0,02				
Nitrato	ene-04	8	0,04	0,04	0,03				
Nitrato	ene-05	7	0,02	0,01	0,02				
Nitrato	feb-04	15	0,03	0,03	0,01				
Nitrato	feb-05	8	0,02	3,0E-03	0,02				
Nitrato	jul-04	10	0,02	1,9E-03	0,02				
Nitrato	jun-04	16	0,02	0,02	0,02				
Nitrato	jun-05	6	0,02	4,6E-03	0,02				
Nitrato	mar-04	20	0,02	0,01	0,02				
Nitrato	mar-05	4	0,02	2,1E-03	0,02				
Nitrato	may-04	20	0,02	0,01	0,01				
Nitrato	may-05	8	0,02	2,8E-03	0,02				
Nitrato	nov-04	20	0,02	3,1E-03	0,02				
Nitrato	oct-04	14	0,02	3,6E-03	0,02				
Nitrato	sep-04	14	0,02	0,01	0,02				

Trat.	Ranks
abr-05	67,44 A

may-04	75,35	A	
may-05	83,50	A	B
jul-04	87,15	A	B
feb-04	89,13	A	B
mar-04	94,78	A	B
ene-05	98,00	A	B
abr-04	99,17	A	B
jun-04	100,56	A	B
jun-05	103,42	A	B C
nov-04	104,20	A	B C
feb-05	117,69	A	B C D
ene-04	122,75	A	B C D
dic-04	137,17		B C D
sep-04	144,04		B C D
mar-05	147,50		B C D
oct-04	159,32		C D
ago-04	164,03		D

Letras distintas indican diferencias significativas (p <= 0,05)

Anexo 12. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de fósforo total (TP) (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
TP	S1	56	0,44	0,22	3	1,00	5,10	0,1639
TP	S2	51	0,43	0,11				
TP	S3	59	0,45	0,10				
TP	S4	51	0,41	0,12				

Anexo 13. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de fósforo total (TP) (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	meses	N	Medias D.E.	Medianas	H	p
TP	abr-04	12	0,43	0,06	0,42	117,30 <0,0001
TP	abr-05	7	0,49	0,05	0,46	
TP	ago-04	19	0,43	0,07	0,40	
TP	dic-04	10	0,49	0,12	0,49	
TP	ene-04	8	0,58	0,11	0,55	
TP	ene-05	7	0,47	0,11	0,48	
TP	feb-04	15	0,64	0,13	0,61	
TP	feb-05	8	0,69	0,47	0,57	
TP	jul-04	10	0,36	0,07	0,37	
TP	jun-04	16	0,37	0,03	0,37	
TP	jun-05	5	0,39	0,04	0,39	
TP	mar-04	20	0,42	0,10	0,42	
TP	mar-05	4	0,47	0,08	0,46	
TP	may-04	20	0,41	0,04	0,42	
TP	may-05	8	0,40	0,04	0,38	
TP	nov-04	20	0,29	0,05	0,28	
TP	oct-04	14	0,39	0,06	0,37	
TP	sep-04	14	0,37	0,06	0,37	

Trat.	Ranks								
nov-04	23,35	A							
jul-04	61,85	A							
jun-04	70,59	B							
sep-04	76,00	B	C						
oct-04	85,86	B	C	D					
jun-05	89,80	B	C	D	E				
may-05	94,31	B	C	D	E				
mar-04	109,98		C	D	E				
mar-04	111,25		C	D	E	F			
ago-04	115,13			D	E	F			
abr-04	119,79			D	E	F			
ene-05	128,21			D	E	F	G		
mar-05	141,50			D	E	F	G		H
dic-04	144,65				E	F	G		H
abr-05	164,43					F	G		H
feb-05	177,31						G		H
ene-04	186,00						G		H
feb-04	196,77						G		H

Letras distintas indican diferencias significativas (p <= 0,05)

Anexo 14. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de fósforo reactivo soluble (SRP) (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
SRP	S1	56	0,24	0,12	3	1,00	1,33	0,7204
SRP	S2	51	0,24	0,08				
SRP	S3	59	0,24	0,09				
SRP	S4	51	0,22	0,09				

Anexo 15. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de fósforo reactivo soluble (SRP) (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	meses	N	Medias D.E.	Medianas	H	p
SRP	abr-04	12	0,25	0,08	0,26	131,43 <0,0001
SRP	abr-05	7	0,25	0,04	0,24	
SRP	ago-04	19	0,22	0,06	0,21	
SRP	dic-04	9	0,24	0,06	0,23	
SRP	ene-04	8	0,37	0,07	0,35	
SRP	ene-05	7	0,18	0,05	0,20	
SRP	feb-04	15	0,41	0,08	0,39	
SRP	feb-05	8	0,35	0,23	0,30	
SRP	jul-04	10	0,19	0,03	0,19	
SRP	jun-04	16	0,22	0,03	0,22	
SRP	jun-05	5	0,11	0,02	0,12	
SRP	mar-04	20	0,27	0,05	0,27	
SRP	mar-05	4	0,17	0,01	0,17	
SRP	may-04	20	0,24	0,04	0,23	
SRP	may-05	8	0,18	0,05	0,18	
SRP	nov-04	21	0,15	0,06	0,13	
SRP	oct-04	14	0,20	0,03	0,21	
SRP	sep-04	14	0,18	0,04	0,17	

Trat.	Ranks								
jun-05	12,00	A							
nov-04	33,81	A							
mar-05	42,38	A	B						
sep-04	63,89	A	B						
may-05	68,25	A	B	C					
ene-05	71,93	A	B	C					
jul-04	77,70	A	B	C					
oct-04	91,43		B	C	D				
ago-04	97,11		B	C	D				
jun-04	107,19		B	C	D	E			
dic-04	121,39					E	F		
may-04	128,70					E	F		
feb-05	140,00					E	F	G	
abr-05	140,86					E	F	G	
abr-04	142,54					E	F	G	
mar-04	154,23						F	G	
ene-04	194,75							G	H
feb-04	201,80							G	H

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 16. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de sílice (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Sílice	S1	59	0,92	0,79	3	1,00	6,36	0,0952
Sílice	S2	50	1,00	0,81				
Sílice	S3	58	1,45	1,31				
Sílice	S4	50	0,99	0,81				

Anexo 17. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para la concentración de sílice (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	meses	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Sílice	abr-04	12	0,73	0,39	17	1,00	109,16	<0,0001
Sílice	abr-05	8	0,37	0,10				
Sílice	ago-04	19	1,46	0,49				
Sílice	dic-04	12	2,19	1,20				
Sílice	ene-04	4	0,76	0,20				
Sílice	ene-05	7	0,62	0,31				
Sílice	feb-04	15	2,44	1,05				
Sílice	feb-05	8	2,21	1,68				
Sílice	jul-04	10	0,65	1,13				
Sílice	jun-04	16	0,80	0,83				
Sílice	jun-05	6	0,41	0,25				
Sílice	mar-04	20	1,47	1,09				
Sílice	mar-05	4	1,38	0,72				
Sílice	may-04	20	1,07	0,36				
Sílice	may-05	8	0,60	0,71				
Sílice	nov-04	20	0,40	0,27				
Sílice	oct-04	14	1,07	0,62				
Sílice	sep-04	14	0,38	0,36				

Trat.	Ranks	
sep-04	47,68	A
nov-04	50,73	A
jul-04	56,05	A
abr-05	57,19	A
jun-05	62,67	A
may-05	66,69	A
jun-04	86,63	A
ene-05	87,43	A
abr-04	98,50	A
ene-04	106,00	A
oct-04	120,93	B
mar-04	126,30	C
may-04	127,98	C
mar-05	144,13	C
ago-04	151,21	D
feb-05	164,44	D
dic-04	176,00	D
feb-04	185,60	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Anexo 18. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA doble) para la relación N:P (comparación entre estaciones de monitoreo y entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Log ₁₀ ((N:P)+1)	213	0,64	0,45	13,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,13	71	0,04	3,47	<0,0001
estación	0,02	3	0,01	0,47	0,7017
mes	2,11	17	0,12	9,76	<0,0001
estación*mes	0,90	51	0,02	1,39	0,0689
Error	1,79	141	0,01		
Total	4,92	212			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,05855

Error: 0,0127 gl: 141

estación	Medias	n
S2	0,85	50
S1	0,86	55
S3	0,87	58
S4	0,88	50

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,18188

Error: 0,0127 gl: 141

mes	Medias	n
feb-04	0,67	15
ene-04	0,71	4
mar-04	0,73	20
feb-05	0,74	8
abr-05	0,79	7

may-05	0,84	8	A	B	C
may-04	0,84	20		B	C
jun-04	0,85	16		B	C
abr-04	0,86	12		B	C
dic-04	0,89	10		B	C
jul-04	0,90	10		B	C
oct-04	0,91	14		B	C
ene-05	0,91	7		B	C
ago-04	0,93	19		B	C
mar-05	0,97	4		B	C
sep-04	0,99	14			C
nov-04	1,00	20			C
jun-05	1,04	5			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 19. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA doble) para la concentración de clorofila a (comparación entre estaciones de monitoreo y entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Log ₁₀ (Clorofila+1)	89	0,75	0,41	15,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,80	51	0,09	2,22	0,0064
estación	0,43	3	0,14	3,36	0,0289
mes	2,63	12	0,22	5,16	0,0001
estación*mes	1,64	36	0,05	1,07	0,4194
Error	1,57	37	0,04		
Total	6,38	88			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,17239

Error: 0,0425 gl: 37

estación	Medias	n
S1	1,19	23
S4	1,27	21
S2	1,29	23
S3	1,39	22

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,42332

Error: 0,0425 gl: 37

mes	Medias	n
oct-04	0,93	8
jun-04	1,07	4
ago-04	1,13	8
sep-04	1,19	8
jul-04	1,23	4

nov-04	1,25	8	A	B
jun-05	1,26	6	A	B
ene-05	1,36	7		B
may-05	1,43	8		B
feb-04	1,44	8		B
dic-04	1,45	8		B
abr-05	1,47	8		B
mar-05	1,52	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < \leq 0,05$)

Anexo 20. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para los TSI (TP) (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias	D.E.	..H	p
TSI (TP)	S1	59	91,041	4,689	5,091	0,165
TSI (TP)	S2	59	91,232	3,445		
TSI (TP)	S3	59	91,771	3,187		
TSI (TP)	S4	59	90,462	4,044		

Anexo 21. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para los TSI (SD) (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias	D.E.	H	p
TSI (SD)	S1	64	53,101	2,779	15,769	<0,0001
TSI (SD)	S3	64	55,094	2,434		

Trat. Ranks

S1 50,96 A

S3 76,44 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Anexo 22. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para los TSI (Cl_a) (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	estación	N	Medias	D.E.	..H	p
TSI (Cl _a)	S1	23	56,948	6,734	6,269	0,099
TSI (Cl _a)	S2	23	59,133	7,238		
TSI (Cl _a)	S3	23	62,033	6,596		
TSI (Cl _a)	S4	23	58,638	4,902		

Anexo 23. Resultados del análisis de la varianza (Kruskal Wallis) para de los TSI (comparación entre índices)

Variable	N	Medias	D.E.	H	p
TSI (TP)	142	90,356	3,736	227,754	<0,0001
TSI (SD)	142	53,981	2,919		
TSI (CLa)	142	59,168	6,610		

Trat.	Ranks
TSI (SD)	48,083 A
TSI (CLa)	93,146 B
TSI(TP)	220,500 C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 24. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA simple) para la riqueza específica (comparación entre estaciones de monitoreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Riqueza	296	0,03	0,02	22,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1275,03	3	425,01	3,28	0,0214
Estación	1275,03	3	425,01	3,28	0,0214
Error	37862,07	292	129,66		
Total	39137,10	295			

Anexo 25. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA simple) para la riqueza específica (comparación entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Riqueza	296	0,72	0,71	12,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28354,74	17	1667,93	43,00	<0,0001
Mes	28354,74	17	1667,93	43,00	<0,0001
Error	10782,36	278	38,79		
Total	39137,10	295			

Test: Bonferroni Alfa=0,05 DMS=8,62644

Error: 38,7855 gl: 278

Mes	Medias	n
oct-04	26,21	14
sep-04	32,71	14
nov-04	39,40	20

Anexo 26. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA doble) para la densidad del fitoplancton (comparación entre estaciones de monitoreo y entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Log ₁₀ densidad	296	0,83	0,77	5,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72,16	71	1,02	14,90	<0,0001
Estación	0,32	3	0,11	1,54	0,2044
Mes	67,24	17	3,96	57,97	<0,0001
Estación*mes	2,80	51	0,05	0,80	0,8216
Error	15,28	224	0,07		
Total	87,44	295			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,36290

Error: 0,0682 gl: 224

Mes	Medias	n					
oct-04	3,42	14	A				
sep-04	3,66	14	A	B			
nov-04	3,87	20		B	C		
ago-04	4,03	19			C		
jul-04	4,51	14				D	
dic-04	4,57	14				D	
jun-04	4,58	16				D	
ene-04	4,71	30				D	
may-04	4,72	20				D	E
jun-05	4,78	6				D	E
mar-04	4,81	36				D	E
abr-04	4,88	28				D	E
may-05	4,89	8				D	E
feb-04	4,93	31				D	E
ene-05	5,02	7				D	E

abr-05	5,25	8		F	G
feb-05	5,35	7			G
mar-05	5,41	4			G

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 27. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA doble) para El biovolumen del fitoplancton (comparación entre estaciones de monitoreo y entre fechas de muestreo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Log ₁₀ (Biovolumen+1)	296	0,60	0,47	19,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,47	71	0,16	4,65	<0,0001
Estación	0,71	3	0,24	6,79	0,0002
Mes	8,47	17	0,50	14,35	<0,0001
Estación*mes	1,99	51	0,04	1,12	0,2834
Error	7,78	224	0,03		
Total	19,25	295			

Test: Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,08167

Error: 0,0347 gl: 224

Estación	Medias	n
S1	0,94	80
S4	0,96	67
S2	0,97	70
S3	1,09	79

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test: Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,25893

Error: 0,0347 gl: 224

Mes	Medias	n
oct-04	0,66	14
feb-04	0,76	31
abr-04	0,77	28
may-04	0,82	20

jun-04	0,87	16	A	B	C	
nov-04	0,93	20	A	B	C	D
ene-05	0,93	7	A	B	C	D
sep-04	0,95	14		B	C	D
jul-04	0,95	14		B	C	D
may-05	0,98	8		B	C	D
ago-04	1,00	19		B	C	D
mar-04	1,01	36		B	C	D
feb-05	1,01	7		B	C	D
dic-04	1,10	14			C	D
mar-05	1,16	4			C	D
abr-05	1,18	8			C	D
ene-04	1,22	30			C	D
jun-05	1,52	6			C	D

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)