

RESPUESTA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA A LA ESTACIONALIDAD EN UN EMBALSE EUTRÓFICO

M. Arauzo & M. Alvarez Cobelas

Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C.)
Serrano 115 (Dupl.). 28006 MADRID

Palabras clave: fitoplancton, comunidad, población, estacionalidad, embalse eutrófico.

ABSTRACT

SEASONAL RESPONSE OF THE PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN A EUTROPHIC RESERVOIR

The seasonal changes of the phytoplankton community in a temperate monomictic, eutrophic reservoir (El Vellón, Madrid, Spain) have been studied as related to the driving environmental variables throughout an entire year.

Phytoplankton community responded to seasonality-dependent variables. A principal component analysis for the main phytoplankton species also reflected a seasonal response, suggesting four species groups, namely, that of late stratification (axis I), that of early stratification (axis II), that of mixing (axis III) and long-term species (axis IV). At the population level the variability of responses was high, although there were some seasonal trends for any of the preceding groups.

INTRODUCCIÓN

Durante los años treinta quedó establecido que tanto la abundancia como la composición del fitoplancton de las aguas dulces seguían el ritmo de las fluctuaciones estacionales (REYNOLDS, 1984a). Desde entonces, se han orientado los esfuerzos hacia el estudio de los factores ambientales que podrían regular esa distribución.

El desarrollo de las poblaciones algales se rige tanto por interacciones biológicas (consumo por herbívoros, parasitismo, competencia) como por factores químicos y físicos (REYNOLDS, 1984b; HORN & HORN, 1990), cuyas variaciones a lo largo del ciclo anual juegan un papel decisivo sobre la abundancia y la flora algal (LE COHU *et al.*, 1991). Numerosas especies fitoplanctónicas han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas que favorecen su supervivencia en condiciones de escasez de nutrientes o cuando se producen perturbaciones en el medio físico (REYNOLDS, 1988); de esta forma, la pervivencia o desaparición de una población de algas responde al mayor o menor éxito de su estrategia ante los cambios ambientales (ALLEN & KOONCE, 1973; ARAUZO, 1992; ARAUZO & ALVAREZ COBELAS, 1994).

Con el fin de conocer la respuesta del fitoplancton de El Vellón a la situación dinámica de su entorno se han estu-

diado los cambios en biovolumen de la comunidad (y de sus poblaciones más importantes) en conexión con las principales variables abióticas y se han realizado observaciones sobre las modificaciones en la composición de la misma, a lo largo de un ciclo anual. Se pretende estudiar la posible dinámica estacional de la comunidad, además de evaluar la importancia de algunas variables abióticas en tal tipo de respuesta.

MATERIAL Y MÉTODOS

El embalse de El Vellón, perteneciente a la cuenca del río Miraflores-Guadalupe (Madrid), puede catalogarse como templado, monomictico y eutrófico. Se ofrece información adicional sobre sus condiciones biológicas, físicas y químicas en ALVAREZ COBELAS *et al.* (1985), ALVAREZ COBELAS & ARAUZO (1994), ARAUZO (1992) y ARAUZO & ALVAREZ COBELAS (1994). Diversas consideraciones sobre las variaciones en el volumen de agua embalsada y la tasa de renovación anual se presentan en ARAUZO (1992); cabría resaltar, sin embargo, que únicamente se dieron pérdidas por abastecimiento desde enero a mayo de 1983; durante la estratificación y la mezcla otoño-invernal la comunidad fitoplanctónica no se vio afectada por actividades de desembalse de agua.

La comunidad fitoplanctónica de El Vellón fue estudiada durante 1983, a lo largo del ciclo anual completo, en una estación de muestreo de 25 metros de profundidad, representativa de las características promedio del embalse (estación B, ALVAREZ COBELAS *et al.*, 1985). Se tomaron muestras con frecuencias semanal, durante la primera mitad del año, y mensual, en la segunda. Se utilizó una bomba peristáltica, obteniendo muestras cada metro de profundidad, en la capa de agua mezclada. Las muestras para el recuento del fitoplancton fueron fijadas con lugol inmediatamente después de su recogida.

En cada muestreo se realizaron perfiles de temperatura y pH del agua y se midió la profundidad de visión del disco de Secchi (que correspondía aproximadamente a un 10% de la radiación incidente por debajo de la superficie del agua); también se tomaron muestras para la analítica química del agua (APHA, 1980), que se efectuaba el mismo día de cada recolección.

Las algas se determinaron, cuantificaron y midieron (para el cálculo de biovolúmenes) mediante el uso de un microscopio invertido (UTERMÖHL, 1958), siguiendo las recomendaciones de ROTT (1981). La lista de especies mayoritarias se muestra en la Tabla 1.

La frecuencia de Brunt-Vassala se utilizó como un indicador de la estabilidad térmica en la columna de agua (MORTIMER, 1974).

La radiación global incidente en Madrid se obtuvo del Instituto Nacional de Meteorología (1984); se utilizaron promedios semanales a partir de datos diarios.

La constante de extinción de la luz se calculó a partir de la profundidad de desaparición del disco de Secchi, suponiendo que la extinción sigue la ley de Lambert (HUTCHINSON, 1957).

Se denominó nitrógeno inorgánico disuelto (NID) a la suma, expresada en mg N l⁻¹, de las concentraciones de amonio, nitrato y nitrito. El carbono inorgánico disuelto (CID), expresado en mg C l⁻¹, lo constituyó la suma de las concentraciones de dióxido de carbono, carbonato y bicarbonato.

El análisis de componentes principales para las especies fitoplanctónicas se desarrolló según las rutinas del BMDP (DIXON *et al.*, 1983). Dado que la información que pudieran aportar las especies raras no contribuiría a incrementar la interpretabilidad del análisis (ALLEN *et al.*, 1984), todas las especies con escasa permanencia en el tiempo (inferior a 2 muestreos) y biovolumen poblacional reducido (menor de 0,01 mm³ l⁻¹) fueron eliminadas de los mismos.

TABLA 1. Lista de especies mayoritarias.

TABLE 1. List of the main species occurring in El Vellón reservoir in 1983.

Bacillariophyceae:	
1	<i>Asterionella formosa</i> Hassall 1850
2	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979
3	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1925
Chlorophyceae:	
4	<i>Ankyra ancora</i> (G.M. Smith) Fott 1957
5	<i>Botryococcus cf. braunii</i> Kützing 1849
6	<i>Coelastrum microporum</i> Nageli in A. Br. 1855
7	<i>Fotterella tetrachlorelloides</i> Buck 1978
8	<i>Korshikoviella limnetica</i> (Lemmermann) Silva 1959
9	<i>Oocystis borgei</i> Snow 1903
10	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh. 1840
11	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen 1829
12	<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenberg) Stein 1878
13	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M. Smith 1918
14	<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann 1899
15	<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat 1897
Chrysophyceae:	
16	<i>Mallomonas acaroides</i> Perty 1851 emend. Iwanoff 1899
Cynophyceae:	
17	<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngbye) Bréb. 1835
Dinophyceae:	
18	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin 1841
Euglenophyceae:	
19	<i>Trachelomonas cf. granulosa</i> Playfair 1915
20	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko 1913
Zygophyceae:	
21	<i>Staurastrum planctonicum</i> Teiling 1946

RESULTADOS

El Vellón es un embalse eutrófico. Las mayores proliferaciones de algas se dieron hacia los meses de junio y julio (fig. 1), durante la primera mitad de la estratificación térmica.

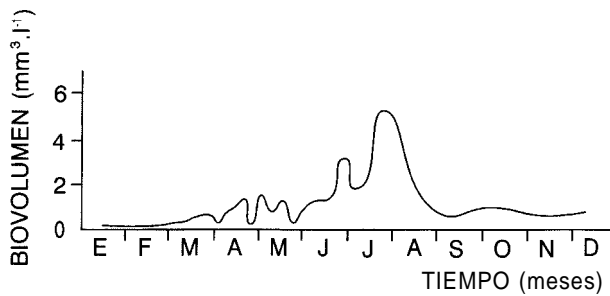


FIGURA 1.- Curso temporal del biovolumen fitoplanctónico medio en la capa de agua mezclada.

FIGURE 1.- Time course of averaged phytoplankton biovolumen in the mixed water column.

La estratificación se inició hacia principios de junio, para concluir hacia finales del mes de octubre (ARAUZO, 1992). Los valores máximos de temperatura del agua coincidieron con los máximos de radiación solar (fig. 2). Se dieron correlaciones positivas significativas entre el biovolumen de la comunidad fitoplanctónica y la radiación, y entre el primero y la temperatura del agua (tabla 2).

La constante de extinción de la luz, la frecuencia de Brunt-Vassala (usada como indicadora de la estabilidad térmica de la capa de agua mezclada) y el pH (fig. 3 y 5) también siguieron pautas en concordancia con las variaciones en el biovolumen fitoplanctónico a lo largo del ciclo anual (tabla 2).

En las figuras 4 y 5 se representan los cursos tempora-

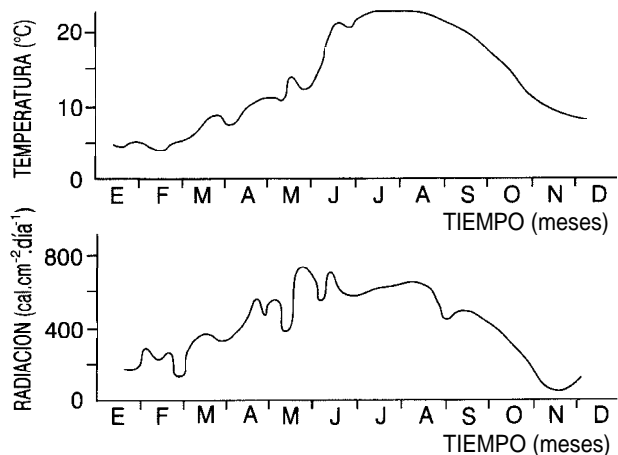


FIGURA 2.- (A) curso temporal de la temperatura media en la capa de agua mezclada; (B) curso temporal de la radiación solar fuera del agua.

FIGURE 2.- (A) Time course of averaged water temperature in the mixed water column. (B) Time course of incoming solar radiation.

les de los principales nutrientes (PRS, NID y CID); únicamente el PRS presentó una correlación negativa significativa frente al biovolumen fitoplanctónico, efecto de su posible consumo por la comunidad de algas (tabla 2).

Los cambios en la composición de la comunidad a lo largo del ciclo anual quedan reflejados en el ACP para las principales especies, que explica el 83% de la varianza total en sus 4 primeros factores (fig. 6). Cada uno de los 4 Componentes Principales podría asimilarse a: especies de la estratificación avanzada (eje I, 24% de la varianza), especies del inicio de la estratificación (eje II, 23% de la varianza), especies de la mezcla (eje III, 19% de la varianza) y especies de larga permanencia (eje IV, 17% de la varianza). Los taxones más importantes de cada grupo fueron los siguientes: Clorofíceas (40%) y Diatomeas (40%) codominaron durante la estratificación avanzada (eje I); las Clorofíceas (100%) lo hicieron al inicio de la misma (eje II); las Diatomeas (100%) dominaron en la mezcla invernal y las Clorofíceas (50%) en la mezcla primaveral (eje III); sin embargo, en el grupo de las especies de larga permanencia (eje IV) no se dio dominancia alguna, aunque las representantes de Dinofíceas, Zigofíceas y Diatomeas mostraron preferencia estival, mientras que la representante del grupo de las Euglenofíceas se desarrolló en el periodo invernal. A nivel poblacional la variabilidad en las respuestas a los cambios ambientales fue amplia, aunque pudieron constatarse ciertas tendencias generales para las especies de cada uno de los Componentes Principales citados: las especies caracterizadas como de la estratificación avanzada (eje I) se correlacionaron fundamentalmente con variables como la radiación solar, la temperatura del agua y el pH; las del inicio de la estratificación (eje II) mayoritariamente con la radiación solar y al pH; para las especies de la mezcla (eje III) no se apreció la existencia de variables abióticas dominantes; las especies con mayor capacidad de permanencia (eje IV) respondieron a la estabilidad térmica del agua y a la temperatura (positivamente las de preferencias estivales y, negativamente, las de preferencias invernales) (tabla 2).

DISCUSIÓN

Los cambios estacionales en los ecosistemas acuáticos podrían describirse como una serie de perturbaciones de origen alóctono (que repercuten en el medio físico), seguidas de una reestructuración de la comunidad biológica (HARRIS & TRIMBEE, 1986).

La interpretación de las relaciones entre variables debe

TABLA 2. Correlaciones entre el biovolumen fitoplanctónico (de la comunidad y de sus poblaciones principales) y algunas variables ambientales. N²: frecuencia de Brunt-Vässälä. R: radiación solar fuera del agua. T: temperatura del agua. K: coeficiente de extinción de la luz. Z_r/Z_m: cociente "espesor de la zona fótica/espesor de la zona mezclada". Z_m: espesor de la zona mezclada. PRS: fósforo reactivo soluble. NID: nitrógeno inorgánico disuelto. CID: carbono inorgánico disuelto. ns: sin significación estadística (p>0.05). Se han utilizado valores promedio para la capa de agua mezclada, a lo largo de un ciclo anual, con frecuencia semanal. Los números entre paréntesis corresponden a los asignados a cada especie en la tabla 1.

TABLE 2. Statistical correlations between averaged phytoplankton biovolumen (overall and the main species) and some environmental variables for the mixed water column in El Vellón reservoir. N²: Brunt-Vässälä frequency; R: incoming solar radiation; T: water temperature; K: coefficient of vertical attenuation of PAR; Z_r/Z_m: euphotic depth-to-mixing depth ratio; Z_m: mixing depth; PRS: Soluble Reactive Phosphorus; NID: Dissolved Inorganic Nitrogen; CID: Dissolved Inorganic Carbon; ns: no statistical significance (p>0.05). Numbers in parentheses refer to those in Table 1.

	N ²	R	T	K	Z _r /Z _m	Z _m	PRS	NID	CID	pH
Biovolumen de la comunidad	0,32	0,63	0,72	0,62	ns	-0,68	-0,36	ns	ns	0,72
<i>Ankyra ancora</i> (4)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Anahaena flos-aquae</i> (17)	ns	0,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Asterionella formosa</i> (1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,38	ns	ns
<i>Aulacoseira granulata</i> (2)	0,36	ns	0,59	0,38	ns	ns	ns	ns	ns	0,42
<i>Botryococcus cf. hraunii</i> (5)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Ceratium hirundinella</i> (18)	0,55	ns	ns	ns	ns	ns	0,80	ns	0,54	ns
<i>Coelastrum microporum</i> (6)	ns	0,55	0,67	0,60	ns	ns	-0,40	ns	ns	0,71
<i>Fotterella tetrachlorelloides</i> (7)	ns	ns	ns	0,41	ns	ns	ns	ns	ns	0,36
<i>Fragilaria capucina</i> (3)	-0,52	-0,42	-0,67	-0,47	-0,32	0,52	ns	ns	-0,49	-0,41
<i>Korshikoviella limnetica</i> (8)	0,51	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Mallomonas acaroides</i> (16)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Oocystis horgei</i> (9)	0,38	0,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,35
<i>Pediastrum horyanum</i> (10)	ns	0,32	ns	0,40	ns	ns	ns	ns	ns	0,46
<i>Pediastrum duplex</i> (11)	ns	0,30	0,37	0,59	ns	ns	ns	ns	ns	0,60
<i>Phacotus lenticularis</i> (12)	ns	0,52	0,62	0,45	ns	-0,57	-0,39	ns	ns	0,57
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> (13)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,32	ns
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (14)	0,32	0,38	0,62	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,64
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> (15)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Staurastrum planctonicum</i> (21)	0,50	0,33	0,81	ns	0,66	ns	ns	0,50	0,36	0,60
<i>Trachelomonas cf. granulosa</i> (19)	ns	ns	-0,32	ns	ns	0,35	ns	ns	ns	ns
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> (20)	-0,57	ns	-0,80	-0,37	-0,44	0,79	ns	0,30	-0,42	-0,63

ser siempre considerada cuidadosamente, puesto que en la definición de correlación nada implica que la relación entre un par de variables sea causal. Por otra parte, algunas correlaciones obtenidas, aunque significativas, son bajas (tabla 2); este hecho se explica teniendo en cuenta los múltiples aspectos que interactúan en el análisis de variables obtenidas en condiciones naturales. En El Vellón, puede hablarse de una respuesta estacional de la comunidad fitoplanctónica, en concordancia con las variaciones intraanuales de radiación solar, temperatura y estabilidad térmica del agua. Otras variables, como son las de tipo nutricional, aparentemente carecen de importancia observadas con frecuencia semanal-mensual, aunque a escalas temporales inferiores (en concordancia con el tiempo de

duplicación de las algas), cobran mayor relevancia: cuando el consumo es elevado, durante el periodo de estratificación, pueden detectarse momentos puntuales de limitación de nutrientes que suponen el desencadenamiento de procesos de competencia interespecífica y modificaciones en la composición de la comunidad (ARAUZO, 1992; ALVAREZ COBELAS & ARAUZO, 1994; ARAUZO & ALVAREZ COBELAS, 1994). La correlación negativa de la comunidad frente al fósforo reactivo soluble muestra el efecto del consumo por parte del fitoplancton; la correlación positiva frente a la constante de extinción de la luz, la limitación de la penetración de la luz debida al incremento de la biomasa; la correlación positiva frente al pH se explicaría por la estrecha relación entre la actividad fo-

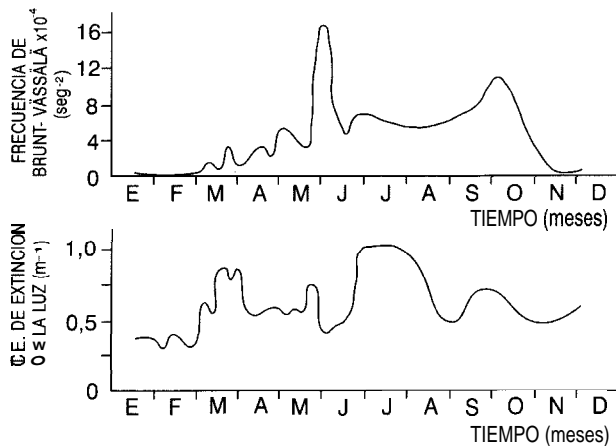


FIGURA 3.- (A) curso temporal de la frecuencia de Bmnt-Vassala en la capa de agua mezclada; (B) curso temporal de la constante de extinción de la luz.

FIGURE 3.- (A) Time course of Bmnt-Vassala frequency in the mixed water column. (B) Time course of the vertical attenuation coefficient for PAR.

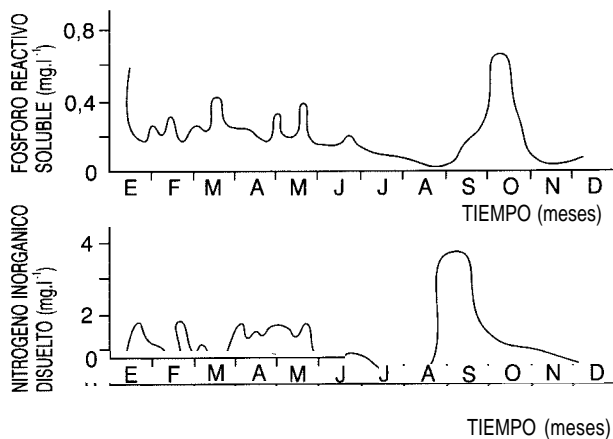


FIGURA 4.- (A) curso temporal del fósforo reactivo soluble; (B) curso temporal del nitrógeno inorgánico disuelto (en ambos casos son valores promedio para la capa de agua mezclada).

FIGURE 4.- (A) Time course of averaged soluble reactive phosphorus for the mixed water column. (B) Time course of averaged dissolved inorganic nitrogen for the mixed water column.

tosintética y el equilibrio carbónico-carbonato (GOLTERMAN, 1975; ARAUZO, 1992). En general se siguen pautas parecidas a nivel poblacional, sin embargo, se dan algunas peculiaridades que cabe destacar, como la correlación positiva entre el fósforo reactivo soluble y *Ceratium hirundinella*, cuya población alcanzó su máximo desarrollo hacia el final de la estratificación, cuando el fósforo reactivo soluble pudo haber sido limitante para otras espe-

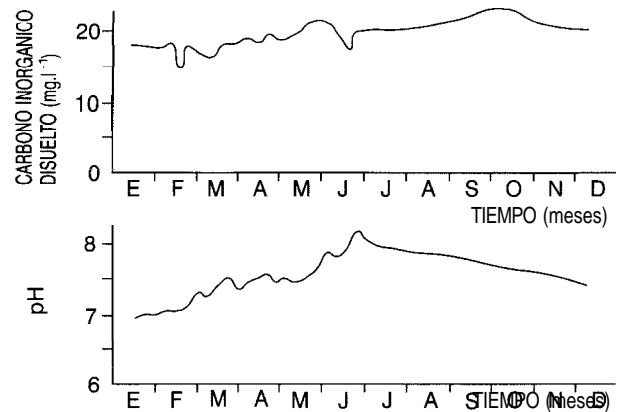


FIGURA 5.- (A) curso temporal del carbono inorgánico disuelto; (B) curso temporal del pH (en ambos casos son valores promedio para la capa de agua mezclada).

FIGURE 5.- (A) Time course of averaged dissolved inorganic carbon for the mixed water column. (B) Time course of averaged pH for the mixed water column.

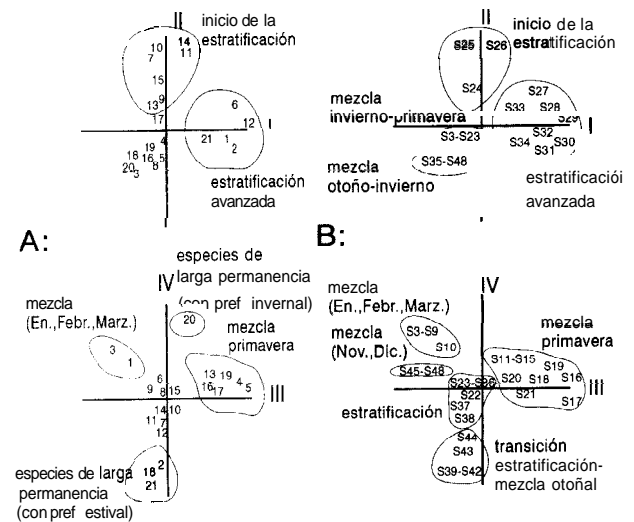


FIGURA 6.- (A) ACP de las principales poblaciones fitoplanctónicas de El Vellón a lo largo de un ciclo anual completo; (B) proyección de los casos (semanas de muestreo) sobre los componentes principales.

FIGURE 6.- (A) PCA of the main phytoplankton populations throughout an entire year. (B) Factor scores of the cases (sampling weeks) on the main components.

cies con inferior capacidad de permanencia, según observaciones a escala diaria realizadas por ARAUZO & ALVAREZ COBELAS (1994); lo mismo podría decirse de las correlaciones positivas de *Asterionella formosa*, *Staurastrum planctonicum* y *Trachelomonas volvocinopsis*,

frente al nitrógeno inorgánico disuelto.

La composición taxonómica de la comunidad también presentó cambios con cadencia estacional (fig. 6), que aparecieron asociados a los distintos estados de mezcla de la columna de agua a lo largo del ciclo anual. La consolidación de la estratificación térmica es un elemento decisivo para el establecimiento de la secuencia de los grupos dominantes, tal como refieren LE COHU *et al.* (1991) en el embalse de Pareloup (Francia). La ubicación en el tiempo de algunos géneros como *Fragilaria* y *Asterionella* (en la mezcla), *Scenedesmus* (al inicio de la estratificación) y *Aulacoseira* y *Staurastrum* (en la estratificación avanzada) coincide con la reflejada en la clasificación de especies más representativas de lagos eutróficos templados elaborada por REYNOLDS (1984a), en relación a la estacionalidad. Entre los grupos de algas de marcada influencia estacional existen abundantes especies con una clara vocación oportunista (mayoritariamente Clorofíceas, como *Fotterella tetrachlorelloides* o *Scenedesmus arcuatus*, al inicio de la estratificación), a diferencia de otras especies (como *Ceratium hirundinella* o *Staurastrum planctonicum*), representadas por el eje IV del ACP, con una gran capacidad de permanencia, incluso a escala interanual (ARAUZO & ALVAREZ COBELAS, 1994).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, T.F.H. & J.F. KOONCE, 1973. Multivariate approaches to algal stratagems and tactics in systems analysis of phytoplankton. *Ecology*, 54: 1234-1246.
- ALLEN, T.F.H., D.A. SADOWSKY & N. WODHEAD, 1984. Data transformation as a scaling operation in ordination of plankton. *Vegetatio*, 56: 147-160.
- ALVAREZ COBELAS, M., J.L. VELASCO, A. RUBIO & F.J. ACOSTA, 1985. A limnology of El Vellón reservoir in 1980 and 1981. I. Some physicochemical conditions, with special reference to horizontal patterns. *Stud. Oecologica*, 6: 297-324.
- ALVAREZ COBELAS, M. & M. ARAUZO, 1994. Phytoplankton responses to varying time scales in a eutrophic reservoir. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 40: 69-80.
- APHA, 1980. *Standard methods for the examination of water and wastewaters*. 15th ed. American Public Health Assoc., Washington DC, 1134 pp.
- ARAUZO, M., 1992. *Ecología del fitoplancton en el embalse de El Vellón (Madrid): su dinámica en relación a diferentes escalas temporales*. Tesis Doctoral. Univ. Autónoma de Madrid, 394 pp.
- ARAUZO, M. & M. ALVAREZ COBELAS, 1994. Phytoplankton strategies and time scales in a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, (en prensa).
- DIXON, W.J., M.B. BROWN, L. ENGELMAN, J.W. FRANE, M.A. HILL, R.I. JENNRICH & J.D. TOPORECK, 1983. *BMDP statistical software*. 1983 printing with additions. Univ. California Press., Berkeley, 734 pp.
- GOLTERMAN, H.L., 1975. *Physiological limnology*. Elsevier. 489 pp.
- HARRIS, G.P. & A.M. TRIMBEE, 1986. Phytoplankton population dynamics of a small reservoir: Physical/biological coupling and the time scales of community change. *J. Plankton Res.*, 8: 1011-1025.
- HORN, W. & H. HORN, 1990. Long-term relationships between phyto- and zooplankton in the meso-eutrophic reservoir Saidenbach. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 33: 749-762.
- HUTCHINSON, G.E., 1957. *A treatise on limnology*. Vol. I. J. Wiley & Sons. New York. 1015 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1984. *Calendario meteorológico 1983*. MTTC, Madrid.
- LE COHU, R., N. COMOY, J. GUITARD & J. BRABET, 1991. Périodicité du phytoplancton dans un réservoir de moyenne profondeur: le lac Pareloup (Massif central, France), un exemple de succession cyclique. *Ann. Limnol.*, 27: 197-214.
- MORTIMER, C.H., 1974. Lake hydrodynamics. *Mitt. int. Ver. Limnol.*, 20: 124-197.
- REYNOLDS, C.S., 1984a. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwat. Biol.*, 14: 111-142.
- REYNOLDS, C.S., 1984b. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 365 pp.
- REYNOLDS, C.S., 1988. *Functional morphology and the adaptative strategies of freshwater phytoplankton*. In: *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton* (C.D. SANDGREN, ed.): 388-433. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- ROOT, E., 1981. Some results of phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 43: 34-62.
- UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.