

APROXIMACION EXPERIMENTAL AL RECONOCIMIENTO DE ALGUNOS FACTORES DETERMINANTES EN EL CICLO ANUAL DEL FITOPLANCTON

J. R. Roca Rosell

Instituto Pirenaico de Ecología. Avda. Regimiento Galicia, n.º 6. Jaca.

Palabras clave: Turbulence, phytoplankton

ABSTRACT

EXPERIMENTAL APPROACH TO THE KNOWLEDGMENT OF SOME DETERMINANT FACTORS ON THE ANNUAL CYCLE OF PHYTOPLANKTON

Turbulence has been shown to be a determinant factor on the composition and dynamics of phytoplankton. This factor was manipulated varying the volume of enclosed water columns in a pond. Such a device enabled a comparison of phytoplankton development between the enclosures and the pond. A general drop in fertility was observed in the enclosures, probably due to reduced mixing. Swimming organisms (dinoflagellates, cryptophycean, volvocales) persisted longer than non-motile ones (diatoms, chlorococcales).

INTRODUCCION

En el estudio de la sucesión estacional del fitoplancton se ha intentado siempre buscar y definir, no sólo los factores que intervienen en dicho proceso, sino también el papel y en consecuencia la importancia relativa de cada uno de ellos.

En el pasado se ha discutido mucho sobre la importancia que pueden tener factores tales como la luz y la temperatura en la determinación del ciclo anual del fitoplancton (Findenegg, 1943; Rhode, 1948; Lund, 1964).

Margalef (1978) reconoce que si bien estos factores son necesarios en el desarrollo y crecimiento de las algas porque afectan directamente a la propia célula (metabolismo, fotosíntesis), no son suficientes para explicar la composición de las comunidades que se desarrollan sucesivamente, y en particular, las formas biológicas o la morfología funcional de los diferentes grupos. Este autor cree que lo que realmente controla la dinámica y la composición de las comunidades es la existencia de otros factores, más relacionados con su entorno físico, tales como la energía mecánica del agua o la turbulencia y la disponibilidad general del nutrimento. Margalef ilustra estos argumentos con el

ejemplo que constituye el cambio en la composición de las comunidades cuando, a medida que va degradándose la energía externa, se va pasando de aguas turbulentas con fuerte mezcla y ricas en nutrimento, a otras típicamente estivales, más pobres en elementos nutritivos y estratificadas térmicamente. Así distingue dos «tipos o formas biológicas» de características totalmente opuestas: Las diatomeas que predominan en aquellas aguas descritas en primer lugar, y las dinoflageladas, dotadas de una morfología funcional mucho más efectiva y propias de aguas más estratificadas.

El objetivo que nos hemos propuesto con este trabajo ha sido precisamente comprobar de forma experimental, el papel, y al mismo tiempo, la importancia de la turbulencia como uno de estos factores determinantes en el fitoplancton.

La metodología utilizada se ha inspirado en aquellas experiencias realizadas por Lund y col., consistentes en la instalación de recintos en el interior del Blelham Tarn, un pequeño lago del English Lake District. Con este trabajo se pretende también contrastar nuestros resultados con los que obtuvieron estos investigadores.

Limnética 3: 205–210 (1987)

© Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain

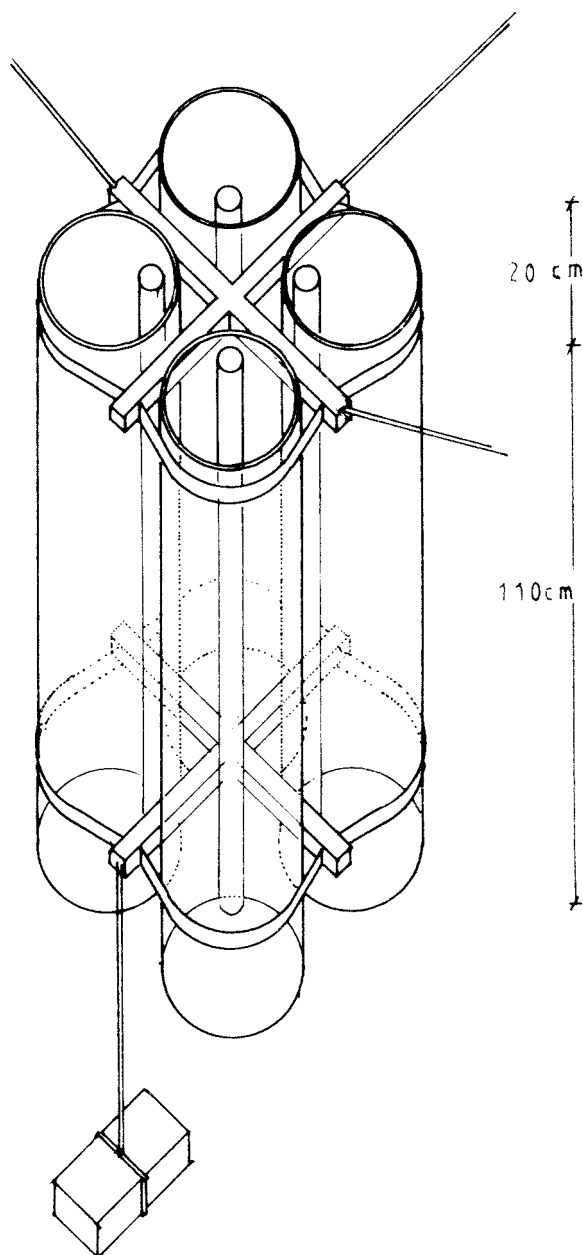


Figura 1.- Sistema experimental de tubos.
Experimental tube system.

MATERIAL Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en un estanque situado en la parte alta de Barcelona, en un jardín de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos. Dicho estanque tiene aproximadamente 40 metros de largo por 30 de ancho. Su profundidad oscila entre los 85 y

los 110 centímetros. A pesar de su escasa profundidad, hay que decir que presenta una constancia relativamente elevada de agua. La vegetación que lo rodea, le proporciona un importante aporte de materia orgánica que hace que sus biocenosis reflejen una marcada tendencia a la heterotrofia, predominando en el fitoplancton el grupo de las clorofíceas.

El experimento consistió, básicamente, en reducir la intensidad de la turbulencia del agua, mediante la instalación de un sistema de recintos tubulares de poca sección horizontal, en el interior del estanque. De esta manera, con un seguimiento que se haría paralelamente en el estanque y en los tubos, se podría observar el efecto de tal modificación sobre el desarrollo del fitoplancton manteniendo las condiciones naturales de luz y temperatura del medio.

Se utilizaron 8 tubos de metacrilato de 1,10 metros de longitud, los cuales quedaban abiertos por sus dos extremos. El diámetro de cuatro de ellos era de 20 centímetros y el de los otros cuatro de solo 2,5 centímetros. La turbulencia generada en el interior de estos tubos más pequeños sería, pues, proporcionalmente menor a la generada en los grandes.

Los cuatro tubos grandes se unieron mediante unas gomas elásticas a dos cruces de madera. Los pequeños se colocaron en el interior de los grandes a los que se sujetaron con hilo de pescar. Con el fin de evitar posibles oscilaciones por el viento, se lastraron con cuatro ladrillos (fig. 1).

Una vez realizado el montaje se fijaron en el sedimento al lado de una orilla, y se sujetaron a ésta, mediante tres vientos.

El experimento duró, en una primera fase, del 16 de febrero al 34 de mayo de 1983; y en una segunda, del 28 de marzo al 17 de abril de 1984. Se centró en la primavera porque era la época en la que se esperaba sucedieran los cambios más importantes.

El muestreo era semanal, recogiéndose paralelamente muestras del estanque y del interior de los tubos. Las muestras que correspondían a las aguas libres se recogieron por duplicado; de este modo dispondríamos de dos réplicas del estanque y 4 para cada clase de tubo (grande y pequeño). Durante el primer año se recogieron tan sólo muestras de superficie. En el segundo, en cambio, también se tomaron de profundidad, a aproximadamente 10 centímetros del sedimento. Esto sería útil para hacernos una idea de la distribución vertical de las algas, y poder observar así, las diferencias que pudieran existir en dicha distribución entre estanque y los tubos. El fitoplancton se estimaba cuantitativamente por examen directo al microscopio invertido según la técnica de Utermöhl (1958).

En el tratamiento de los resultados se han agrupado, a fin de diferenciar los «tipos biológicos»), por una parte a los organismos nadadores, y por otra a los que

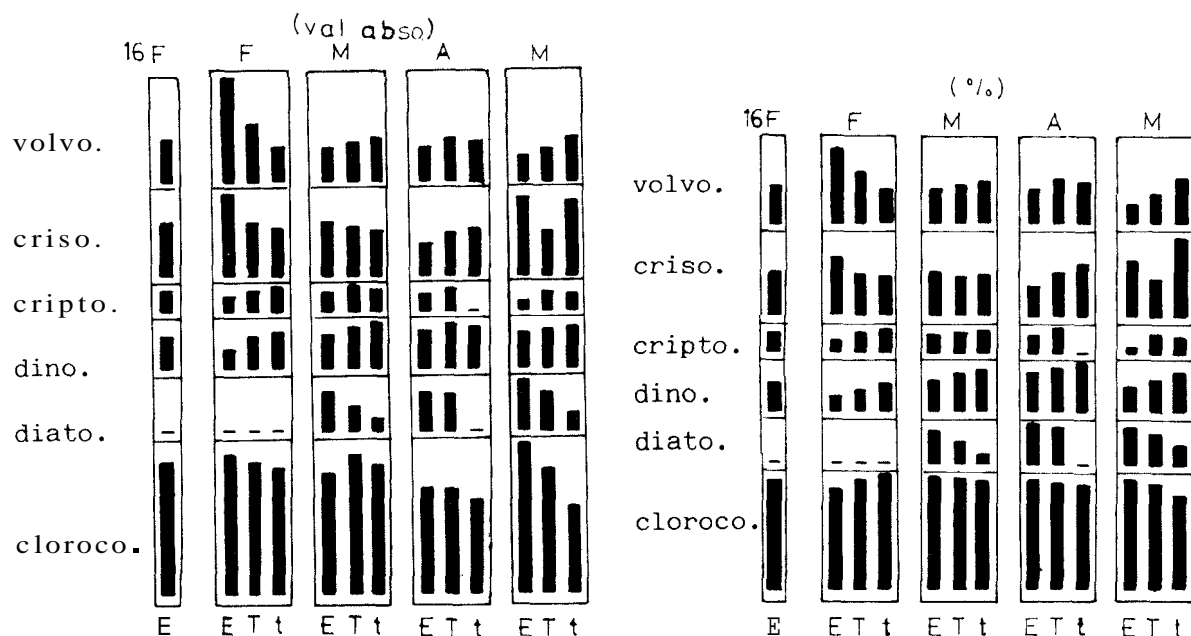


Figura 2.- Promedio mensual de los valores correspondientes a las abundancias absolutas y relativas de los diferentes grupos de algas del fitoplancton, entre las poblaciones del estanque (E) y del interior de los tubos (T=tubo grande, t= tubo pequeño). La primera columna equivale al día mismo en que se instalaron los tubos. La longitud de las barras equivale a la $\sqrt[3]$ de los valores. Año 1983.

Monthly average of absolute and relative abundances of the different phytoplankton groups (E= pond, T= big tub, t= little tube). The first column represents the day in which the experiment was set. The length of the bars equals $\sqrt[3]$ of the actual values. Year 1983.

no tienen esa capacidad. Por este motivo las clorofíceas se han separado en volvocales (flageladas) y en clorococales (células inmóviles). Los resultados que se obtuvieron en el experimento realizado el segundo año, se han tratado mediante un análisis de la varianza que se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico BMDP.

RESULTADOS

En el estanque, el fitoplancton estaba claramente dominado por las clorofíceas (*Botryococcus hrairmii*, *Morzorhaphidium contortum*, *Chlamydomonas*), aunque también presentan un buen desarrollo: las crisofíceas (*Ochromonas*, *Chromulina*), las euglenales (*Euglena pisciformis*, *Trachelomonas volvocinu*, *Lepocinclis ovum*), algunas dinoflageladas (*Peridinium palatinum*, *P. munusculum*), las criptofíceas (*Cryptomonas erosa*), y, especialmente en verano, las cianofíceas (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena sp.*). Las diatomeas son más pobres en el plancton, predominando, en cambio, en las paredes (*Navicula spp*) y en los sedimentos (*Fragilaria construens*). *Fragilaria construens*, fue la especie que se halló siempre mejor representada en el plancton.

En la siguiente exposición se resumen conjunta-

mente los resultados obtenidos a partir de los experimentos realizados en los dos años. Estos resultados pueden verse en las figuras 2 y 3. En las tablas 1 y 2 se exponen los resultados que se obtuvieron a partir del análisis de la varianza realizado con los datos del experimento que se llevó a cabo el segundo año.

En las muestras de superficie del interior de los tubos decrecen las poblaciones de diatomeas ($p < 0,05$) y clorococales ($p < 0,05$), aumentando, por contra, las dinoflageladas, criptofíceas ($p < 0,05$) y volvocales. En las muestras de profundidad aumentan las poblaciones de diatomeas ($p < 0,05$) y criptofíceas ($p < 0,05$), mientras que disminuyen las clorococales ($p < 0,1$) y las dinoflageladas.

La densidad total de la comunidad fitoplanctónica ha disminuido tanto en las muestras de superficie como en las de profundidad ($p < 0,05$).

En el estanque, el efecto de posición debido a la distribución vertical de las algas, ha resultado ser significativo en las volvocales ($p < 0,05$), en las diatomeas ($p < 0,05$) y en los dinoflagelados ($p < 0,1$). Este efecto en las volvocales se observa tanto en el tubo grande ($p < 0,05$), como en el pequeño ($p < 0,05$). Las diatomeas muestran efecto de posición sólo en el tubo grande ($p < 0,05$), y los dinoflagelados sólo en el pequeño ($p < 0,1$).

global	efecto muestra (M)	efecto tubo (T)	efecto (P) posición	interacciones			
				(MT)	(MP)	(TP)	(MTP)
clorococ.	0,0159 **	0,0058 **	0,1061	0,6316	0,9104	0,8984	0,2837
diatom.	0,1068	0,0001 **	0,0014 **	0,0132 **	0,0433 **	0,1043	0,1803
dinoflagel.	0,6628	0,7708	0,0150 **	0,4210	0,6474	0,8235	0,4094
criptof.	0,0186 **	0,0003 **	0,8522	0,3621	0,9301	0,9420	0,5846
crisof.	0,2637	0,1867	0,7358	0,0125 **	0,5770	0,6586	0,1612
volvocal.	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **
total	0,0186 **	0,0026 **	0,0563 **	0,0563 **	0,4420	0,9547	0,3025

Tabla 1.- Grado de significación obtenido a partir de un análisis de la varianza que valora las diferencias encontradas en los distintos grupos del fitoplancton, considerando: el efecto producido por la instalación de los tubos (efecto tubo, T), la distribución vertical de las algas (efecto posición, P), y el efecto debido al paso del tiempo (efecto muestra M). El grado de significación se ha expresado con un *, si $p < 0,1$ y con ** si $p < 0,05$.

Significance degree obtained from an analysis of variance of the differences among algae groups considering: drop in turbulence in the tubes (tube effect, T), vertical distribution (position effect, P), and time (sample effect). The significance degree is expressed by * if $p < 0,1$ and ** if $p < 0,05$.

	efecto tubo (T)						efecto posición (P)								
	superficie			profundidad			estanque			tubo grande			tubo pequeño		
	M	T	MT	M	T	MT	M	P	MP	M	P	MP	M	P	MP
clorococ.	0,1095	0,0366 **	0,5595	0,0844	0,0714	0,3238	0,0864	0,2883	0,1897	0,2787	0,2310	0,7421	0,1211	0,5479	0,5075
diatom.	0,5071	0,0205 **	0,3939	0,0129 **	0,0004 **	0,0071 **	0,0219 **	0,0543	0,6541	0,0090 **	0,0012 **	0,0067 **	0,8685	0,5393	0,8685
dinoflagel.	0,4548	0,6713	0,1425	0,9582	0,9486	0,9791	0,5525	0,1050	0,7095	0,9755	0,3064	0,9510	0,1885	0,0739	0,1460
criptof.	0,5489	0,0042 **	0,9487	0,2922	0,0096 **	0,1914	0,9958 **	0,7080	0,9061	0,8734	0,9668	0,7226	0,0355 **	0,9251	0,3548 **
crisof.	0,7611	0,3085	0,3241	0,2068	0,3819	0,0072 **	0,0492 **	0,8582	0,5844	0,3529	0,8607	0,2056	0,0143	0,3533	0,1634
volvocal.	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0220 **	0,1216	0,2644	0,0000 **	0,0000 **	0,0000 **	0,0079 **	0,0197 **	0,3759 **	0,4223 **	0,0003 **	0,0430 **
total	0,1170	0,0195 **	0,6127	0,0994	0,0498 **	0,2143	0,0716	0,1776	0,2257	0,2764	0,2116	0,7756	0,1078	0,4071	0,4658

Tabla 2.- Grado de significación obtenido del análisis de la varianza y de las diferencias debidas a los efectos: tubo (T), posición (P), y muestra (M), considerando los diferentes casos posibles por separado. El grado de significación se representa con un *, si $p < 0,1$ y con ** si $p < 0,05$.

Significance degree and obtained from an analysis of variance of the differences due to the tube (T), position (P), and sample (M), effects, separately considering the different possible cases.

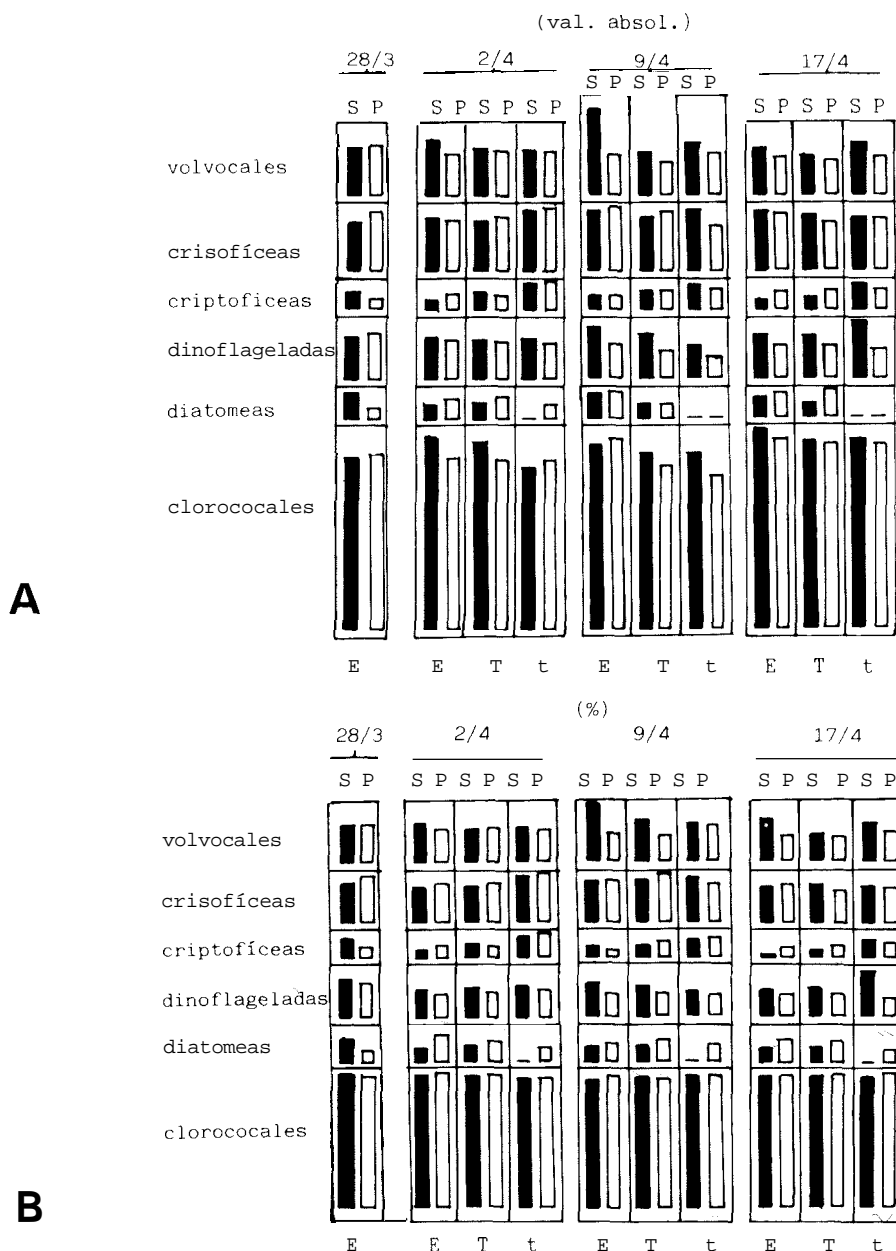


Figura 3.- Promedio mensual de los valores correspondientes a las abundancias absolutas (a) y relativas (b) de los diferentes grupos de algas entre el estanque (E) y los tubos (T=tubo grande, t=tubo pequeño). La primera columna corresponde al mismo día en que se instalaron los tubos. Los valores se han expuesto tanto para las muestras de superficie (SUP) como de profundidad (PROF). La longitud de las barras equivale a la $\sqrt[3]$ de los valores. Año 1984.

Monthly average of absolute (a) and relative (b) abundances of the different phytoplankton groups (E= pond, T= big tube, t= little tube). The first column represents the day in which the experiment was set. Included are superficial (SUP) and profundal (PROF). The length of the bars equals $\sqrt[3]$ of the actual values. Year 1984.

Las crisofíceas durante el primer año presentan un comportamiento más fluctuante en el estanque que en los tubos. En el segundo año, en cambio, no han mostrado diferencias ni entre estanques y tubos, ni en

su distribución vertical.

La influencia que puede tener el paso del tiempo sobre los cambios que se producen en las distintas poblaciones de algas, ha sido especialmente importante

en las diatomeas ($p < 0,05$), en las volvocales ($p < 0,05$) y en el total del fitoplancton ($p < 0,05$).

DISCUSION

El desarrollo de organismos nadadores (dinoflagelados, criptofíceas, volvocales) se ha visto favorecido en el ambiente de menor turbulencia creado con la instalación de los tubos. Por contra este mismo ambiente ha perjudicado a los que son más pasivos y presentan una mayor tendencia a sedimentar (diatomeas, clorococales). Como era de esperar, en los tubos de menor diámetro se acentúan estas tendencias.

Puede suponerse que el aumento en la tasa de sedimentación de las clorococales, grupo de alta tasa de renovación y que representa la mayor parte de la biomasa del fitoplancton del estanque, está relacionada con una pérdida más o menos acusada de fertilidad. Efectivamente, si tenemos en cuenta que los organismos constituyen el principal vehículo de transporte del nutrimento, el retorno del mismo será más lento en este ambiente que favorece selectivamente a los organismos de tasa de renovación más lenta. La persistencia de estas condiciones de poca mezcla, parece conferir al sistema artificial una respuesta también más lenta ante los cambios en el contenido de nutrientes del medio. De cualquier manera, la escasa profundidad del estanque impide la segregación del nutrimento, lo que limita de entrada la posibilidad de mayores diferencias. La extrapolación a un modelo general no es pues posible. Sin embargo, los resultados-obtenidos se corresponden bien con los modelos de sucesión y distribución del fitoplancton propuestos por Margalef (1978).

Se ha podido comprobar también un notable efecto de aislamiento en el interior de los tubos, que ha sido especialmente significativo en el comportamiento de las volvocales. Este grupo en el estanque, durante las épocas de mayor carga de materia orgánica, solía presentar fuertes proliferaciones, mientras que en los tubos su comportamiento era más uniforme.

El ambiente de los tubos ha favorecido la segregación vertical de los grupos que se consideraban representantes de los dos tipos biológicos más opuestos, las diatomeas y los dinoflagelados. Es destacable la rapidez con que responden las diatomeas a las nuevas condiciones impuestas por los tubos. Al poco de haberse instalado, en los tubos grandes ya se detectan marcadas diferencias debidas al aumento de las poblaciones de profundidad a costa de las de superficie que sedimentaban. En los tubos pequeños no se aprecia diferenciación vertical, porque ya desde la primera semana, desaparecen tanto en las muestras de superficie como en las de profundidad. Estos tubos han actuado como auténticas trampas de diatomeas.

Las clorococales, otro grupo con tendencia a sedimentar, en el tiempo que dura el experimento, no llegan a mostrar diferencias significativas entre superficie y profundidad. Al principio del experimento, en este grupo, las poblaciones de superficie eran más abundantes que las de profundidad. Por ello, a medida que sedimentan ambas poblaciones tienden a igualarse.

Las criptofíceas (*Cryptomonas erosa*, única especie del grupo en el estanque) y crisofíceas tampoco muestran en su distribución vertical diferencias muy marcadas. Probablemente *Cryptomonas erosa*, al ser una especie de preferencias invernales (Morgan y Kalf 1979), no tenga unos requerimientos de luz y temperatura muy acusados. Entonces su capacidad nadadora le permite colocarse indiferentemente a cualquier nivel.

Las volvocales, por su parte, acusan una importante diferenciación vertical tanto en el estanque como en el interior de los tubos, probablemente debido a su fototropismo.

Por último, podemos decir, que los resultados que se han extraído de este experimento concuerdan con los obtenidos por Lund y col. en el Blelham Tarn. En los tubos de Lund, se evidencia también un aumento en las poblaciones de muchos flagelados y la disminución de varias especies de diatomeas (Lund, 1972; Margalef, 1983).

BIBLIOGRAFIA

- Findenegg, I.** 1943. Untersuchungen über die Ökologie und die Produktionsverhältnisse der Planktons im Kamtner Seengebiet. *Int. Rev. ges. Hydrbiol.*, 43: 368-429.
- Lund, J.W.G.** 1964. The ecology of the freshwater phytoplankton. *Biol. Rev.*, 40: 231-293.
- Lund, J.W.G.** 1972. Preliminary observations on the use of large experimental tubes in lakes. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 18: 71-77.
- Lund, J.W.G. & Reynolds, L.S.**, 1982. The development and operation of large limnetic enclosures in Blelham Tarn, English Lake District, and their contribution to phytoplankton ecology. *Elsevier Biomedica Press B.V.*
- Margalef, R.** 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. acta.* 1: 493-509.
- Margalef, R.** 1983. *Limnologia*. Ed. Omega, Barcelona. 1010 pp.
- Morgan & Kalf,** 1979. Effect of light and temperature interactions on growth of *Cryptomonas erosa*. *J. Phycol.*, 15: 127-134.
- Rhode,** 1948. *Environmental requirements of fresh-water plankton algae*. Symb. Bot. Upsaliensis, 10(1). 149 pp.
- Utermohl, H.** Zur Vervollkommening der quantitative phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.