

## FACTORES DE CONTROL DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DEL FITOPLANCTON DEL LAGO DE BANYOLES

D. Planas

Departement de Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal.  
C.P. Box 8888 Suc.A. Montréal, P.Q. H3C 3P8 Canada.

---

### RESUM

L'objectiu d'aquest estudi és analitzar l'evolució en l'espai i el temps de la producció primària del llac de Banyoles, i dels possibles factors que la controlen. Per això es va mostrejar un cicle anual, amb mesures de producció primària, de clorofil·la-a i de la densitat del fitoplancton a la cubeta més gran (SII) de les vuit que formen el llac. Els resultats mostren que, al llarg del cicle, el màxim de producció i de biomassa (clorofil·la-a) es presenten al començament de l'estratificació estable (principis de maig). Des de l'inici de l'estratificació (començaments de març) hi ha una evolució espacial de la producció i la clorofil·la amb un augment al metalimni i les capes superficials de l'hipolimni. El nitrògen sembla el nutrient que controla aquesta evolució. El fòsfor ha pogut controlar el màxim de producció del cicle estudiat, i les baixes concentracions d'aquest element després de la barreja de tardor poden també explicar que la producció no augmenti en aquest període.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar la evolución espacio-temporal de la producción primaria del lago de Banyoles y de los posibles factores que la controlan. Para ello se muestreó un ciclo anual, en el que se midió la producción primaria, así como la clorofila-a y la densidad del fitoplancton, en la cubeta de mayor volumen del lago (SII) de las ocho que la forman. Los resultados muestran que a lo largo del ciclo anual el máximo de producción y de biomasa (clorofila-a) se presenta a comienzos de la estratificación estable (principios de mayo). En la estratificación de primavera (comienzos de marzo) hay una evolución espacial de la producción y de la clorofila-a, con aumento en el metalimnion y capas superficiales del hipolimnion. El nitrógeno parece el nutriente más importante que puede explicar la evolución espacial de la producción. El fósforo parece controlar el máximo de producción del ciclo estudiado y sus bajas concentraciones después de la mezcla de otoño pueden explicar la ausencia de aumento de la producción.

### ABSTRACT

Very little is known about the phytoplankton primary production of karstic lakes, rich in calcium carbonate and sulfate, with underwater inflow. These are the characteristics of lake Banyoles located in northeastern of Spain. The objective of this study are to analyse the spatio-temporal evolution of the primary production of the biggest of the eight bassin forming the lake. The results show that the primary production maximum occurs at the

establishment of stable stratification (beginning of May) which coincides with the chlorophyll-a maximum but not with that of phytoplankton density. Stratification begins as early as the first week of March and although unstable, primary production and biomass (chlorophyll-a) move to the metalimnion and the first layers of the hypolimnion where light is still present. This spatial evolution of production seems to be related to nutrient availability and of these mainly nitrogen, although silica cannot be excluded. Phosphorus seems to explain the annual maximum of primary production, and probably the lack of a fall primary production peak after overturn, but not its spatial distribution. Phosphorus is always present in the epilimnion during spring and summer, but is more scarce in the deep layers of the hypolimnion and is almost undetectable close to the bottom towards the end of stratification. The opposite is true for nitrogen and silica which are in lower concentrations in the surface layers and increase towards the bottom of the lake. This differential behavior between nutrients could be explained by the hydrology of the lake (fed by an underground source) and its chemical characteristics. During the summer, phytoplankton assimilation at the surface increases water pH, the bicarbonate-carbonate equilibrium shifts towards the latter form and in turn these carbonates might coprecipitate with the phosphorus. After fall overturn a monimolimnion remains in the bottom of the lake due to sediment resuspension. The sediment clay probably keeps the phosphorus adsorbed. This is not the case with nitrogen, which is abundant in the underground water and probably in the summer flow, and although low it provides the surface layer of the hypolimnion, and earlier the metalimnion, with higher concentrations of nitrates. During summer stratification phytoplankton density is higher in the epilimnion than in the metalimnion probably due to zooplankton grazing. The zooplankton community being more abundant under the thermocline.

---

**Key words:** primary production, chlorophyll-a, deep peak, nitrogen, phosphorus, karstic lake.

## INTRODUCCIÓN

Los comienzos de la limnología en España desde el punto de vista ecosistemático y de manera continua (ciclos anuales), si dejamos aparte el estudio del embalse de Sau por Vidal (1973), podemos considerar que empezaron en el lago de Banyoles hace 20 años. Este comienzo fue posible cuando el Dr. Margalef ganó la cátedra de ecología de la Universidad de Barcelona. En este momento la limnología pasó de ser un «hobby» de fin de semana para el doctor y empezó a dirigir las primeras tesis de doctorado en limnología (Planas, 1973; Miracle, 1976). ¿Por qué iniciar el primer estudio limnológico de lagos de España en Banyoles? Aparte de ser el segundo lago de la península, por el volumen de agua almacenado, la hipótesis del Dr. Margalef era que siendo el lago actual un residuo de un lago terciario (Solé Sabaris, 1958) que no estuvo sometido a las glaciaciones del cuaternario, podía contener especies reliquia, hipótesis que no pudo ser confirmada. Por otro lado la poca información existente sobre la producción primaria en lagos de origen cársico determinaron el interés del estudio de su evolución anual.

El aspecto que voy a desarrollar aquí es el análisis de la evolución espacio-temporal de la producción primaria del fitoplancton durante el período de estratificación y los posibles factores que la controlan.

Tradicionalmente los lagos de las regiones templadas consideran el fósforo

como el factor limitante de la productividad (Schindler, 1978) durante el período de estratificación estival, cuando las condiciones de luz y de temperatura son óptimas, debido a la sedimentación de los nutrientes hacia las capas profundas poco iluminadas. La velocidad a la cual el efecto de la limitación influye en la producción primaria depende de: las condiciones físicas del lago, de la concentración inicial del nutriente o de los nutrientes y de la demanda en relación con la composición específica del fitoplancton (Lewis, 1987). Este autor considera que cuando todos los factores son iguales el potencial de producción durante el período de crecimiento del fitoplancton, limitado por un nutriente, será directamente proporcional a la tasa de renovación de los nutrientes de las capas profundas.

Normalmente, en los lagos pequeños de los países templados la renovación de nutrientes no ocurre hasta finales de verano, cuando empieza el fenómeno de desestabilización de la termoclina. Por lo tanto, en el empobrecido epilimnion se presenta una biomasa y una tasa de renovación de las algas muy pequeña. En cambio, lo que se observa en estos lagos es una acumulación de las algas en la interfase meta-hipolimnion acompañada o no de una alta tasa de renovación de las mismas (Fee, 1976; Pink et al., 1984, entre otros). Este fenómeno ocurrió en el lago de Banyoles, aun cuando el fósforo estaba presente en las capas iluminadas. La primera interpretación para explicar el gradual descenso del máximo de la biomasa de las algas en las capas profundas fue la temperatura (Planas, 1973) pues muchas de las especies presentes se encontraban también en el plancton de invierno, pero un análisis posterior indica que otras variables parecen más importantes. Son los resultados de este análisis los que vamos a presentar aquí.

## MATERIAL Y MÉTODOS

No me parece esencial describir aquí las características generales del lago que pueden encontrarse en: Solé Sabarís (1958), Planas (1973), Miracle (1976), Julia (1977), Guerrero et al. (1978) y Miracle y Gonzalvo (1979), entre otros.

Lo que sí quiero recordaros es que es un lago cárstico, que tuvo su origen en el terciario, cuyas dimensiones fueron mucho mayores en el pasado (Solé-Sabarís, 1958). El lago actual se halla situado al sur del lago primitivo, restos del cual son las surgencias intermitentes del «Clot d' Espolla». Está formado por 8 cubetas y la alimentación en todas ellas se efectúa fundamentalmente por el fondo y la pérdida de agua por la superficie y el travertino del fondo (Roget & Casamitjana, 1987). El volumen estimado de agua que entra es de 658 L/s y el que sale es de 513 L/s. Las cubetas situadas en la parte norte son meromícticas (Casamitjana & Roget, 1987). La cubeta objeto de nuestro investigación fue parcialmente meromíctica durante la última parte del muestreo, al coincidir el inicio del período de mezcla con períodos de lluvias intensas (Planas, 1973).

Los datos que discutiremos en este trabajo provienen de la cubeta más profunda del lago, durante el ciclo de estudio (1969-71) llamada cubeta B por Planas (1973), actualmente rebautizada como cubeta SII (Moreno-Amich & García-Berthou, 1987).

Los materiales y métodos utilizados en este estudio pueden encontrarse en Planas (1973).

## RESULTADOS

Su ciclo térmico presenta un período de estratificación que empieza a principios de primavera, finales de marzo en el ciclo estudiado. La estabilización de la termoclina no ocurrió hasta principios de mayo y se mantuvo entre los 5 y 10 m hasta finales de agosto, que descendió de los 10 a más de 20 m (Planas, 1973).

Sus aguas son muy mineralizadas, ricas en sulfato, calcio y magnesio (Tabla 1). El pH del lago es próximo a la neutralidad, la alcalinidad media es de 3,87 meq/L y la concentración de sulfato suele situarse entre 5,4 y 8,7 mM, aunque sus valores extremos pasen de 2,3 a 15,4 mM. Valores extremos que son asociados, respectivamente, a la reducción de sulfatos en el fondo durante la estratificación estival y al aumento de la temperatura de las capas superficiales que sigue a la mezcla de primavera, que permite una mayor concentración de sulfato de calcio en disolución (Planas, 1973).

Tabla 1. Valores medios y extremos de pH, alcalinidad, sulfatos y nutrientes de la cubeta B durante el ciclo de 1969 a 1971.

	X (S)	Valores extremos
pH	7,52 (0,25) n=233	6,91 - 8,19
Alcalinidad meq L <sup>-1</sup>	3,87 (0,66) n=172	2,20 - 5,56
Sulfatos mMol	6,80 (2,72) n=174	2,30 - 15,40
P-Fosfato µMol	0,23 (0,33) n=195	≤0,01 - 1,73
N(Nitrato + nitrito) µM	4,64 (4,85) n=142	0,18 - 24,60
S <sub>1</sub> - Silicato µM	117,1 (100,7) n=137	0,3 - 596,0
N/P	96,3 (205,5)	0,17 - 1.636,0
Aniones	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > CO <sub>3</sub> H <sup>1-</sup> > Cl <sup>1-</sup> > CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
Cationes	Ca <sup>2+</sup> > Na <sup>1+</sup> > Mg <sup>2+</sup> > K <sup>1+</sup>	

El lago es muy rico en silicatos, que presentan un ciclo anual muy marcado (Planas, 1973), con un mínimo de  $0,26 \mu\text{M}$  y un máximo de  $350 \mu\text{M}$  en el fondo a finales del período de estratificación.

Este ciclo corresponde al de la abundancia de diatomeas en la zona eufótica y a las características alcalinas de sus aguas que permiten una disolución muy intensa de las frústulas en las aguas del fondo.

El fósforo fue detectado prácticamente durante el ciclo anual y en general sus valores oscilan entre  $0,01$  y  $0,34 \mu\text{M}$ . Mucho más marcado fue el ciclo del nitrógeno; en la zona eufótica sus concentraciones variaron de  $3,55 \mu\text{M}$  al principio de la estratificación disminuyendo rápidamente a  $0,09 \mu\text{M}$ , lo que determinó una relación N/P inferior a 10 en el epilimnion y metalimnion durante el período de estratificación estival (Planas, 1973).

La densidad del fitoplancton fue de 920 a 9 400 cel ml<sup>-1</sup>. A lo largo del ciclo anual, las diatomeas del género *Cyclotella* dominaron el fitoplancton del lago con densidades máximas superiores a los 5000 cel/ mL (Planas, 1973).

El máximo de producción por unidad de volumen se presentó a finales de mayo a 5 m de profundidad ( $9,17 \text{ mg C/ m}^3/\text{h}$ ), el mínimo a principios de julio a 1 m de profundidad ( $0,31 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$ ). El máximo corresponde a concentraciones elevadas de clorofila-a de  $3,62 \text{ mg/m}^3$ . Los valores extremos para esta variable en la zona eufótica fueron de  $4,6 \text{ mg Cl-a/ m}^3$  en superficie y  $0,1 \text{ mg Cl-a}$  a 1 m a finales de abril y a finales de mayo respectivamente. Los valores mínimos de densidad del fitoplancton ocurrieron a finales de abril con 310 cel/ml y el máximo a finales de julio con 9 400 cel/ ml (Planas, 1973). El máximo de densidad del fitoplancton corresponde a bajos valores de producción primaria y clorofila-a, posiblemente si se hubiera calculado el biovolumen celular de las algas, hubiéramos observado una mayor coincidencia en el tiempo entre las 3 variables. En efecto, las dos especies dominantes: *Cyclotella glomerata* y *C. melosiroides* doblan su diámetro a finales de abril (Planas, 1973). Como la densidad del fitoplancton en primavera corresponde a 2/3 de la de verano podemos esperar que la biomasa de las algas, medida a partir del biovolumen, fuera 1/3 superior.

La evolución temporal de la producción primaria integrada para la zona eufótica presenta un ciclo anual con el máximo en primavera, característico de los lagos templados; pero, a diferencia de éstos, no se presenta un segundo máximo durante la mezcla de otoño que ocurre a finales de octubre (posición 18 en la Fig. 1). En este período vemos que hay un enriquecimiento del agua en nitrógeno y sílice (Fig. 2) pero no en fósforo. Otros momentos de relativa alta producción ocurren a mediados de enero de 1971, coincidiendo con el máximo de nitratos, y a mediados de abril y principios de agosto de 1970. Estos dos últimos picos no parecen estar relacionados con un aumento de los nutrientes (Fig. 1 y 2).

Cuando se analiza la distribución espacial de la producción primaria, durante el período de estratificación, integrada separadamente para las distintas capas térmicas (epilimnion, metalimnion e hipolimnion) es interesante observar que la producción es más elevada en el metalimnion a principios de la estratificación abril

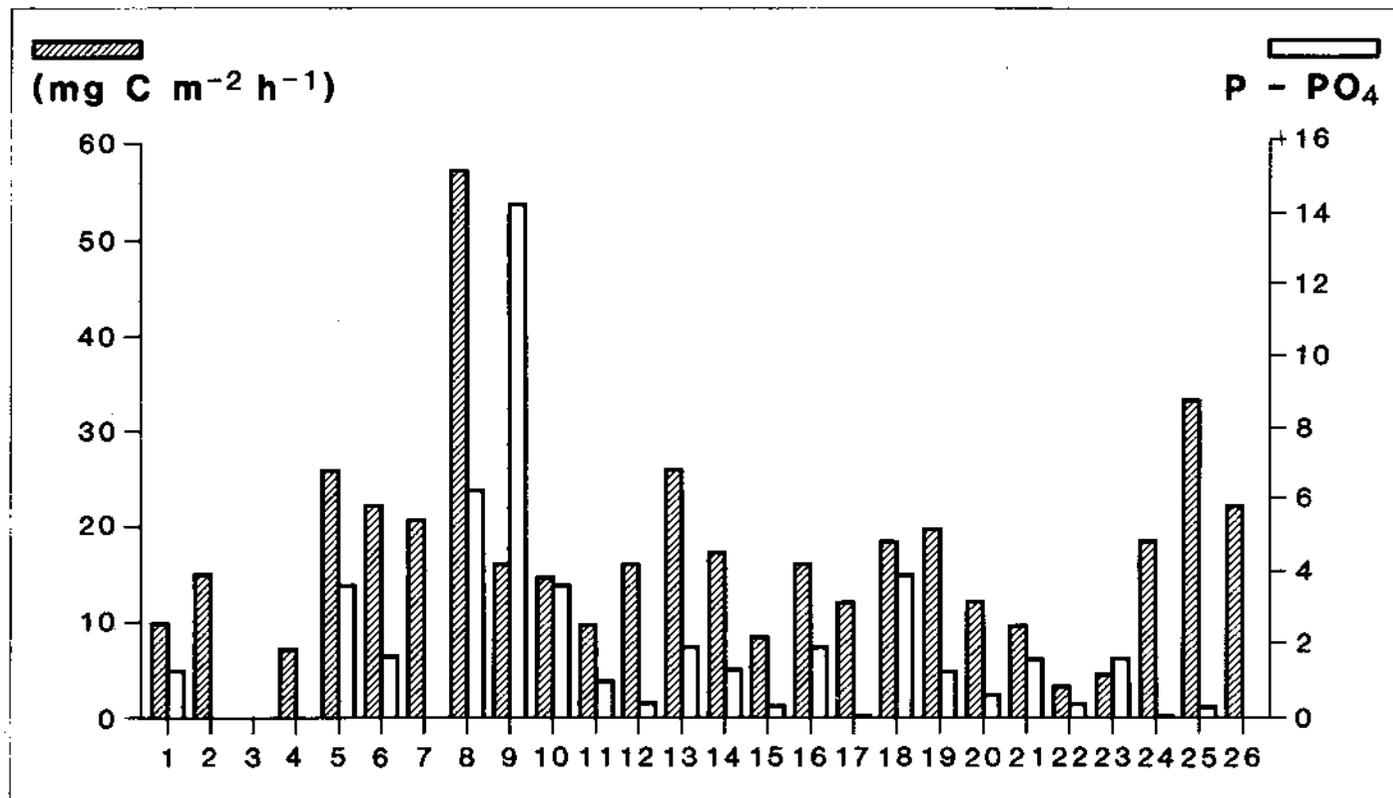


Figura 1. Evolución temporal, de enero de 1970 a enero de 1971, de la producción primaria ( $\text{mg C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) y de la concentración de fosfatos ( $\text{mmol m}^{-2}$ ) integrados para la zona eufótica. Los números de la abcisa indican los muestreos, el período de estratificación

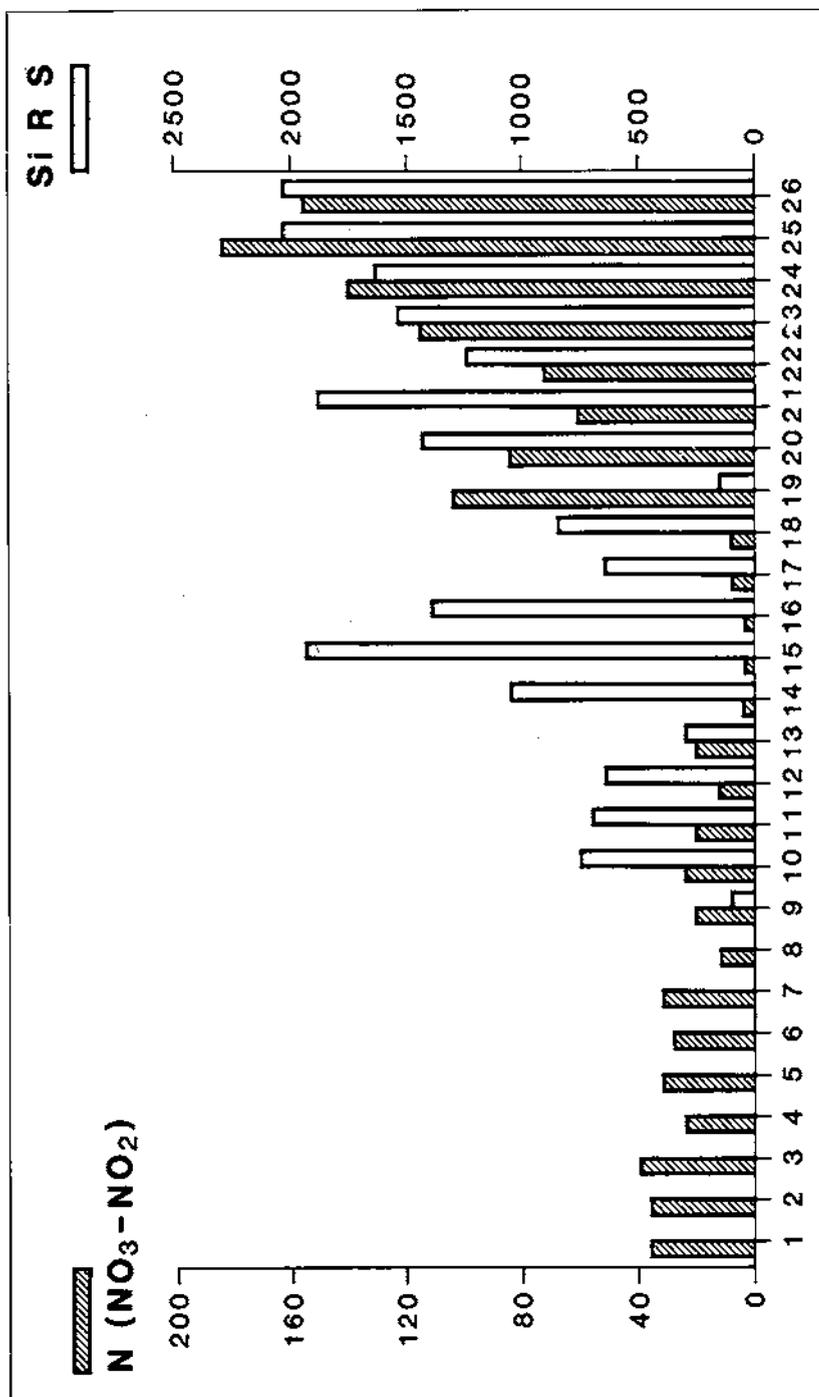


Figura 2. Evolución temporal, de enero de 1970 a enero de 1971, del nitrógeno y el sílice (ambos en  $\mu\text{mol m}^{-2}$ ) integrados para la zona eufótica. Los números de la abscisa corresponden a los descritos en la Figura 1.

y mayo de 1970 (Fig. 3) y posteriormente en el hipolimnion cuando la estratificación se estabiliza a principios de junio. Esta producción en profundidad se mantiene hasta finales de agosto. Lo mismo ocurre con la clorofila-a (Fig. 4) aunque hay un retraso en relación con la producción, ya que a comienzos de la estratificación los valores más altos se presentan en el epilimnion y no en el metalimnion. Concentraciones elevadas de clorofila-a están siempre presentes en el hipolimnion, posiblemente debido a la presencia de clorofila-a degradada, ya que el método utilizado en la determinación de los pigmentos (Talling & Driver, 1963) no sustrae los feopigmentos.

Este descenso de los máximos de producción y clorofila-a corresponde con un aumento de la penetración del disco de Secchi, que pasa de 2,7 m al comienzo de la estratificación a 5,7 m en julio (Planas, 1973).

Esta evolución espacial, a lo largo del período de estratificación, también se observa en la distribución del fitoplancton de primavera, pero esta tendencia tiende a invertirse a principios de verano cuando la mayor densidad de células se encuentra en el epilimnion (Fig. 5) y va a mantenerse en la superficie para el resto del verano. Este hecho puede asociarse a una mayor abundancia de zooplancton herbívoro en el meta-hipolimnion y en particular de las especies *Arctodiatomus salinus*, *Tropocyclops prasinus*, *Diaphanosoma brachyorum*, *Polyarthra sp.pl.* y

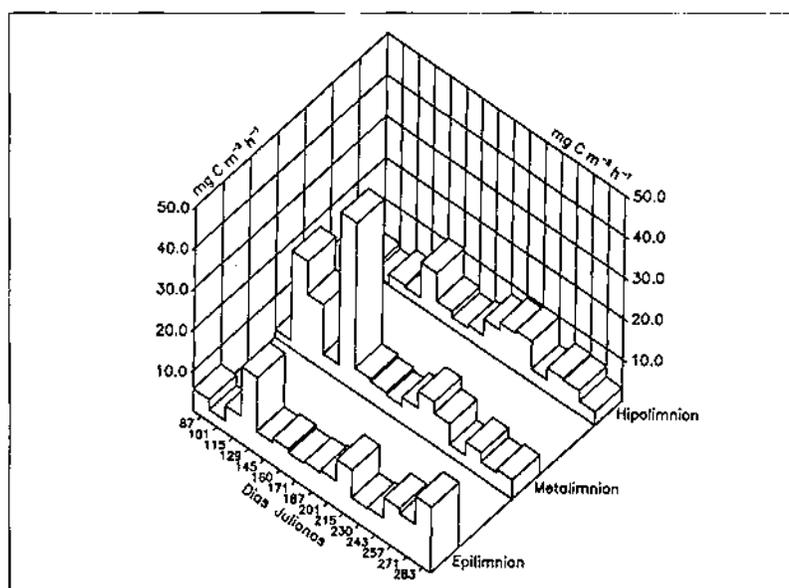


Figura 3. Evolución espacio-temporal de la producción primaria durante el período de estratificación (del 28-03-70 al 28-09-70) integrada para el epilimnion, metalimnion y la parte iluminada del hipolimnion.

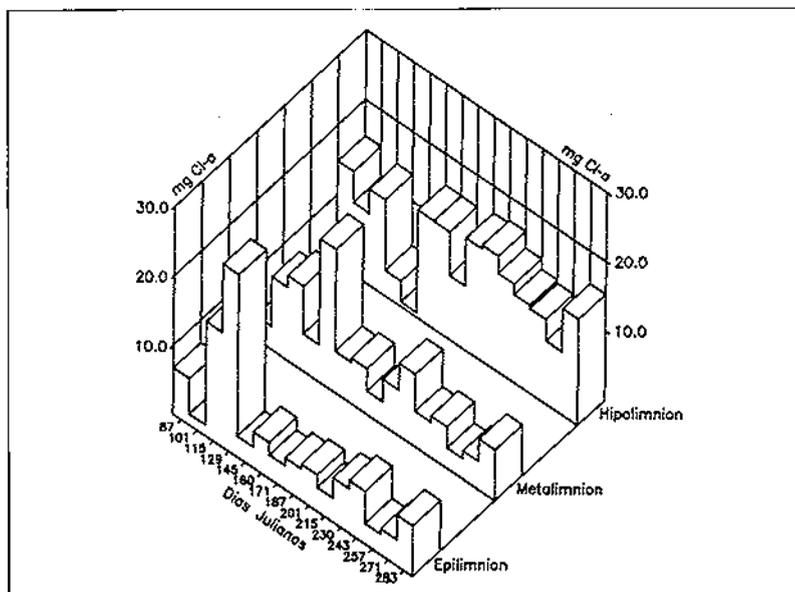


Figura 4. Evolución espacio-temporal de la clorofila-a para el mismo período y las mismas capas descritas en la Figura 3.

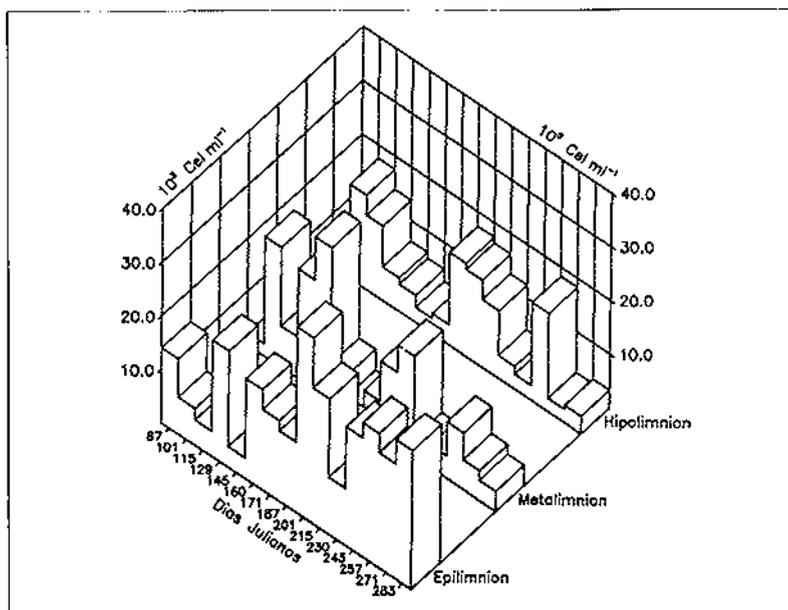


Figura 5. Evolución espacio-temporal del número de células para el mismo período y las mismas profundidades descritas en la Figura 3.

*Filina sp.* (Miracle, 1976). Las dos primeras y *Polyarthra sp. pl.* son consideradas como herbívoras.

## DISCUSIÓN

En esta última década hay muchos trabajos sobre la evolución espacial del fitoplancton en período de estratificación y los picos de profundidades han sido observados tanto en lagos de países templados como en el mar (Steele, 1964; Cahet et al., 1972; Fee, 1976; Pick et al., 1984). Varias hipótesis han sido propuestas para explicar este descenso de la biomasa y/ o la producción. 1) Sedimentación pasiva del fitoplancton, después del máximo de primavera, quedando retenido en el meta-hipolimnion debido al cambio de densidad del agua (Kiefer & Kremer, 1981). 2) Crecimiento activo de las algas adaptadas a bajas concentraciones de luz (Cahet et al., 1972; Fee, 1976). 3) Descenso de las algas en profundidad cuando la temperatura del epilimnion aumenta (Pick et al., 1984). En nuestro caso ninguna de estas hipótesis soporta el descenso de la producción hacia las capas profundas puesto que esto ocurre cuando la temperatura del epilimnion es aún bastante baja (entre 10 y 16 °C) la estratificación es inestable y la transparencia del agua tiende a aumentar.

En nuestro estudio son los nutrientes los que pueden explicar este descenso de la producción primaria. En efecto, el régimen hidrológico del lago, alimentación fundamentalmente subterránea, determina un gradiente decreciente de los nutrientes del fondo hacia la superficie de los comienzos de la estratificación. Esto resulta particularmente evidente en el caso del nitrógeno (Planas, 1973, Fig. 14). Para el fósforo este gradiente sólo se presenta en la estratificación de primavera e inicios de verano (op.cit., Fig. 13), posteriormente el gradiente se invierte y el fósforo llega a no ser detectable en el fondo. Este hecho puede explicarse teniendo en cuenta las características químicas del agua del lago, muy alcalinas, y a la actividad biológica que aumenta el pH en el epilimnion con formación de carbonato de calcio que coprecipita con el fósforo (Planas, 1973).

Un análisis de correlación para la zona eufótica entre las variables físico-químicas y biológicas parece sugerir que el nitrato es el nutriente más importante en el control de la producción durante el período de estratificación. El coeficiente de correlación entre esta variable y la producción primaria y la clorofila *a* es respectivamente de  $r = 0,60$  y  $r = 0,78$  en el epilimnion. Más baja en el metalimnion  $r = 0,47$  y  $r = 0,44$  y en el hipolimnion  $r = 0,43$  y  $r = 0,40$ . El número de células por unidad de superficie está altamente correlacionado con la producción primaria en el epilimnion ( $r = 0,65$ ) y el metalimnion ( $r = 0,80$ ), pero no en el hipolimnion (recordemos que la producción ocurre sólo en sus capas superficiales). El coeficiente de correlación entre el número de células y el nitrógeno es muy baja en las distintas capas consideradas, si exceptuamos el metalimnion ( $r = 0,56$ ). Ya hemos señalado antes la divergencia entre la distribución de la

producción primaria y la clorofila, y la densidad de células del fitoplancton durante el período de estratificación. El control de éstas parece más bien asociado a la abundancia de zooplancton.

No sólo el fósforo no aparece relacionado con la producción o la biomasa del fitoplancton en el lago de Banyoles durante el período de estratificación, sino que tampoco lo está el sílice. Este último nutriente, importante para las diatomeas que son el taxón dominante en el lago, tiene un ciclo muy marcado, como hemos mencionado antes. Durante el período de estratificación sus concentraciones son muy bajas en el epilimnion pero no en el metalimnion y en las capas superficiales del hipolimnion.

El gradiente del nitrógeno decreciente del fondo hacia la superficie puede explicar el descenso de la producción primaria hacia el meta-hipolimnion de principios de la estratificación, aunque quizás también el sílice haya tenido un papel importante en este lago dominado por las diatomeas. Si este elemento no aparece correlacionado con la producción primaria o la biomasa de las algas puede ser debido a la ausencia de medidas sobre sus concentraciones en los comienzos de la estratificación.

En el máximo de producción primaria de primavera, el fósforo parece ser el nutriente que controla la producción; hay un enriquecimiento del mismo en la zona eufótica que no se corresponde con un aumento de nitratos. Posteriormente, cuando la estratificación se estabiliza el fósforo varía muy poco en las capas iluminadas, en cambio el nitrógeno sigue disminuyendo.

Este nutriente puede también explicar la baja producción primaria medida durante el período de mezcla otoñal, puesto que no aumenta en el perfil vertical después de la mezcla térmica, sino que disminuye, posiblemente debido al efecto de dilución en las capas superficiales y a una retención en el monimolimnion temporal del fondo (Planas, 1973).

En conclusión podemos decir que el nitrógeno parece ser el nutriente que controla la producción primaria durante el período de estratificación, aunque a principios de primavera y después de la mezcla de otoño el fósforo posiblemente ha sido el nutriente determinante. Este cambio en la importancia relativa de uno u otro elemento en el control de la producción ya ha sido señalado en otros lagos de países templados (ver por ejemplo el trabajo de Lehman & Sandgren, 1978).

Experiencias de enriquecimiento con los tres nutrientes podrían darnos una respuesta sobre cuál o cuáles controlan la producción del lago de Banyoles.

### Agradecimientos

Primero quiero agradecer al ya desaparecido Dr. Corominas y al Sr. Sarquellas el interés y la ayuda que nos prestaron en todo momento. El trabajo de campo no hubiera sido posible sin la colaboración y el entusiasmo de un grupo de estudiantes de licenciatura que por amor a la ciencia pasaban sus sábados ayudando a las taseandas: J. Armengol, A. Lavall, N. Prat y S. Sarquella, aparte de otros espontáneos.

## Bibliografía

- CAHET, G.; FIALA, M.; JACQUES, G. & PANOUSE, M. (1972). Production primaire au niveau de la thermocline en zone néretique de Méditerranée Nord-Occidentale. *Mar. Biol.*, 14: 32-40.
- CASAMITJANA, X. & ROGET, E. (1987). Calentamiento diferencial del monimolimnion de la cubeta III del lago de Banyoles. Efecto del sedimento. *Actas del IV Congreso Español de Limnología*. Sevilla 5-8 mayo 1987. Dep. de Ecología. Universidad de Sevilla: 47-53.
- FEE, E. J. (1976). The vertical and seasonal distribution of chlorophyll in lakes of the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario: Implications for primary production. *Limnol. Oceanogr.*, 21: 767-783.
- GUERRERO, R.; ABELLÀ, C. & MIRACLE, M. R. (1978). Spatial and temporal distribution of bacteria in a meromictic karstic lake basin: relationship with physicochemical parameters and zooplankton. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 2264-2274.
- JULIÀ, R. (1980). La conca lacustre de Banyoles-Besalú. *Mon. del Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles*.
- KIEFER, D.A. & KREMER, J.N. (1981). Origins of vertical patterns of phytoplankton and nutrients in the temperate open oceans: A stratigraphic hypothesis. *Deep-Sea Res.* 28: 1087-1105. Lehman, J.T. y Sandgen, C.D. 1978. Documenting a seasonal change from phosphorus to nitrogen limitation in a small temperate lake, and its impact on the population dynamics of *Asterionella*. *Ver. Internat. Verein. Limnol.* 20: 375-380.
- LEWIS, W. M. Jr. (1987). Tropical limnology. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 18: 59-84.
- MIRACLE, M.R. (1976). Distribución en el espacio y en el tiempo de las especies del zooplankton del lago de Banyoles. *Monografías*, 5. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Madrid. 270 pp.
- MIRACLE, R. & GONZALVO, I. (1979). Els llacs càrstics. *Quad. Ecol. Apl.*, 4: 37-50.
- PICK, F.R.; NALEWAIKO, C & LEAN, D.R.S. (1984). The origin of a metalimnetic chrysophyte peak. *Limnol. Oceanogr.*, 29: 125-134.
- PLANAS, D. (1973). Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Banyoles. *Oecologia Aquatica*, 1: 3-306.
- ROGET, E. & CASAMITJANA, X. (1987). Cálculos de los caudales de entrada de agua por las cubetas en el lago de Banyoles. *Actas del IV Congreso de Limnología*. Sevilla 5-8 mayo 1987. Dep. de Ecología. Universidad de Sevilla: 39-46.
- SCHINDLER, D. W. (1978). Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's freshwaters. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 478-486.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1958). Les aigües subterrànies. *Geografia de Catalunya*, 1: 215-219. Ed. Aedos Barcelona.
- STEELE, J.H. (1964). A study of the production in the Gulf of Mexico. *J. Mar. Res.*, 22: 211.
- TALLING, J.F. & DRIVER, D. 1963. Some problems in the estimation of chlorophyll-a in a phytoplankton. *Proc. Conf. of Primary Productivity measurements Marine and Freshwater*. Hawaii, 1961. U.S. Atomic Energy Comm. TID-76, 33: 142-146.
- VIDAL CELMA, A. 1973. Developement et evaluation du phytoplankton dans le reservoir de Sau. XI Congrès Internat. des Grandes Barrages. Madrid 11-15 Juin 1973. MOP. Madrid, 23pp.