

# VARIACION ESPACIO TEMPORAL DE *CERATIUM HIRUNDINELLA*, EN LOS EMBALSES DE CUBER Y GORG BLAU (MALLORCA).

G. Moyá (1) y G. Ramón (2)

(1) Departamento de Biología y (2) Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias. Universidad de Palma de Mallorca.

Palabras clave: *Ceratium hirundinella* — temperature relationships, Majorca (Spain) reservoirs.

## ABSTRACT

SEASONAL AND SPATIAL VARIATION OF *CERATIUM HIRUNDINELLA* IN CUBER AND GORG BLAU RESERVOIRS (ISLAND OF MAJORCA).

The temporal and spatial distribution of the dinoflagellate *Ceratium hirundinella* in two reservoirs: Cúber and Gorg Blau (Island of Majorca, Spain) has been studied from October 1976 to October 1978.

Development of *Ceratium hirundinella* regularly occurs in early summer and it is maintained until autumn. During its growth a number of seasonal morphological changes take place.

In different moments of its cycle, mainly late summer and autumn, asexual resting stages or cysts appeared.

## INTRODUCCION

*Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Schrank, es una dinoflagelada ampliamente extendida en el plancton de las aguas dulces. Se la suele calificar como una especie de aguas cálidas que se desarrolla preferentemente durante los meses de verano, cuando el agua se halla estratificada térmicamente (Hutchinson, 1967; Moore, 1981; entre otros).

Dentro de un conjunto de embalses españoles estudiados (Margalef *et al.*, 1976) *C. hirundinella* fué encontrada principalmente en aquellos con aguas más mineralizadas y menos eutróficas (Margalef y Mir, 1979; Margalef *et al.*, 1982).

Esta especie es componente habitual del fitoplancton de los embalses de Cúber y Gorg Blau, en la isla de Mallorca, y presenta un comportamiento similar en ambos, pudiéndose observar cuando las aguas se hallan estratificadas térmicamente y alcanzan mayores valores térmicos.

Aunque ambos embalses se hallan constituídos por aguas con un importante y comparable grado de

mineralización (Moyá y Ramón, 1981) las comunidades fitoplanctónicas desarrolladas en las mismas presentan sensibles diferencias a lo largo del ciclo anual. En Cúber destaca la proliferación primaveral de pequeñas euclorofíceas y diatomeas y el predominio de distintos grupos de flageladas el resto del año (Moyá y Ramón, 1983); en Gorg Blau la especie más importante es *Oscillatoria rubescens* D.C. que crece de forma masiva durante los meses de invierno y primavera (Ramón y Moyá, 1984)

En el presente trabajo se analizan las características más significativas relativas al desarrollo de *C. hirundinella* en los dos embalses referidos.

## AREA DE ESTUDIO

Los embalses de Cúber y Gorg Blau se localizan en la porción central de la Serra de Tramuntana de Mallorca; ambos se hallan en un mismo valle longitudinal limitado por formaciones montañosas de

alturas comprendidas entre los 700 y los 1100 metros y asentados sobre materiales Triásicos y Jurásicos recubiertos por aluviones Cuaternarios.

Estos dos embalses son utilizados para el abastecimiento de agua a la ciudad de Palma de Mallorca. El suministro se realiza desde Cúber, actuando este embalse como acumulador del agua que recoge de su cuenca y de la que le llega, por bombeo, procedente del Gorg Blau.

En la figura 1 se muestra la batimetría de ambos embalses. A destacar las reducidas dimensiones de los mismos y las diferencias en algunos parámetros morfométricos, consecuencia directa de la distinta batimetría (Ramón y Moyá, 1982 y 1984

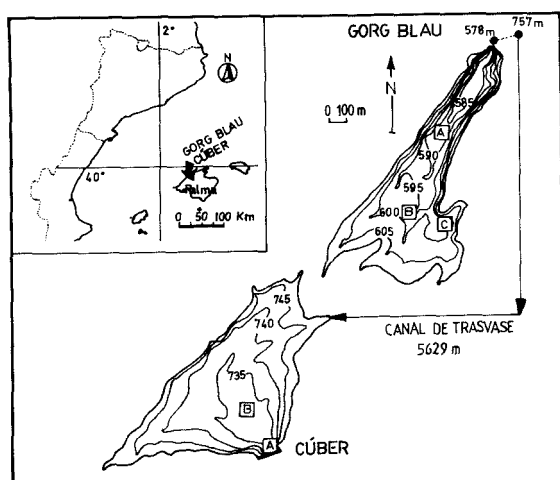


Figura 1.- Localización y características del área de estudio. Se señalan las estaciones de muestreo.

Location and characteristics of the study area. Collection sites are indicated.

## MATERIAL Y METODOS

Se presentan los datos, obtenidos mensualmente, correspondientes al período Octubre de 1976 a Octubre de 1978.

La obtención, fraccionamiento, conservación, sedimentación y recuento de las muestras; así como la posterior estimación de la densidad del fitoplancton, se llevó a cabo conforme a la técnica citada en Ramón y Moyá (1985). Para *Ceratium hirundinella*, una de las

especies de mayor tamaño y frecuentemente poco abundante cuantitativamente, se procedió al recuento de la totalidad de los organismos presentes en el sedimentado (Nauwerck, 1963; Margalef, 1974a).

Información complementaria sobre el fitoplancton se obtuvo a partir de muestras recogidas por arrastre horizontal de una red de 52  $\mu$ m de poro y fijadas con una solución de formol al 4%.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados que se presentan corresponden a las estaciones con una mayor profundidad, localizadas en la zona central de cada uno de los embalses -estación A en Gorg Blau y estación B en Cúber- (figura 1) y son básicamente comparables a los obtenidos en las demás estaciones, tanto en uno como en otro embalse; observándose pequeñas diferencias en determinados momentos, atribuibles a la menor altura de la columna de agua y al efecto de las orillas próximas.

La representación gráfica de los resultados se ha realizado mediante isoplethas para los valores obtenidos a las diferentes profundidades. En cada una de las salidas se ha considerado como nivel de referencia -0 metros de profundidad- la cota alcanzada por el nivel del agua en el embalse en dicho momento.

### ABUNDANCIA ESTACIONAL DE *CERATIUM HIRUNDINELLA*.

Los dos embalses estudiados son del tipo monomítico cálido, con un período de estratificación térmica que comprende la primavera y el verano en el embalse de Cúber y se prolonga hasta entrado el otoño en el embalse de Gorg Blau (figura 2). Las temperaturas máximas, superiores a los 23 °C, se registran en superficie durante los meses de Julio y Agosto; mínimas próximas a los 8 °C, excepcionalmente fueron más bajas, se dan en los dos primeros meses de cada año.

El desarrollo de *Ceratium hirundinella* sigue un comportamiento paralelo al de la estratificación térmica del agua, iniciándose en Abril, menos en 1977 en el Gorg Blau que se retrasó hasta Junio, y termina cuando se uniformizan las temperaturas (figura 3).

Las curvas representativas del desarrollo estacional de *C. hirundinella* son distintas para cada uno de los embalses (figura 4). En Cúber hay dos fases de crecimiento de distinta magnitud separadas por un descenso en la densidad de la población. Las dos fases se

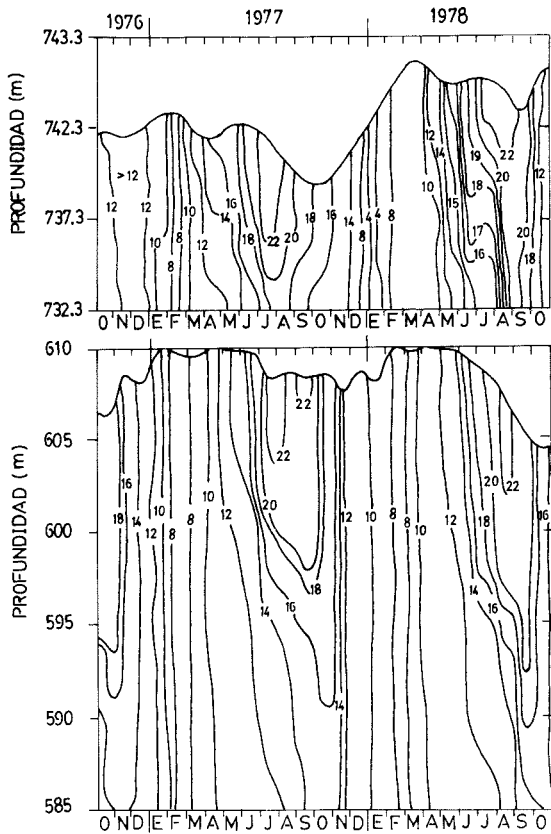


Figura 2.- Variación espacio-temporal de la temperatura, expresada en QC, en los embalses de Cúber (arriba) y Gorg Blau (abajo). Depth-time diagrams of isotherms (QC) in Cúber (upper) and Gorg Blau (lower) reservoirs.

presentan cambios para los años estudiados, en 1977 se alcanzó el máximo en Junio y Julio, 46 y 40 cel/ml, respectivamente; por contra en 1978 se situó en Agosto y Septiembre con 47 cel/ml. En Gorg Blau el desarrollo es continuo desde que se inicia y hasta que se alcanza la máxima densidad. El crecimiento en dicho embalse fue mínimo en 1977, sólo 15 cel/ml en Agosto, alcanzándose las 37 cel/ml en el mes de Septiembre de 1978.

Las temperaturas óptimas para el crecimiento de *C. hirundinella* en los lagos de la zona templada oscilan entre los 12°C y los 23°C (Hutchinson, 1967; Heaney, 1976). Tales valores son esencialmente válidos para los embalses de Cúber y Gorg Blau (figuras 2 y 3), situándose los máximos preferentemente por encima de los 19°C. La permanencia de esta especie en los

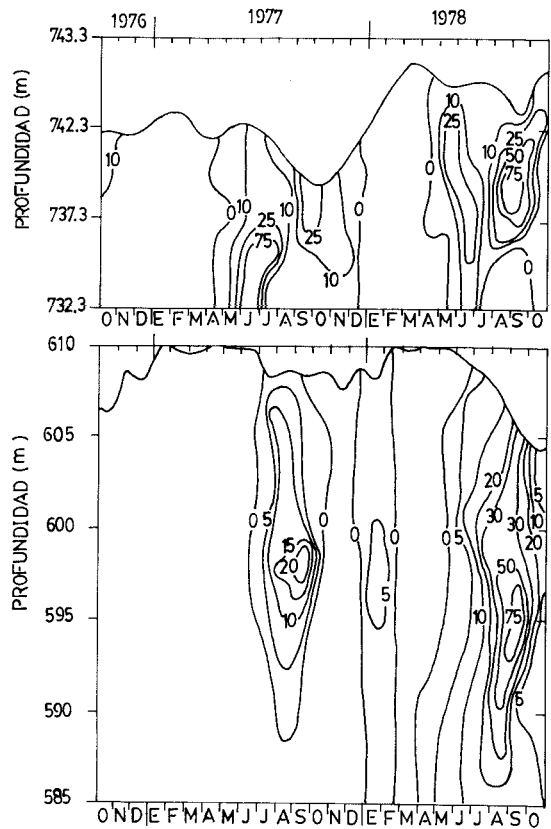


Figura 3.- Distribución espacio-temporal de *Ceratium hirundinella* en los embalses de Cúber (arriba) y Gorg Blau (abajo), expresado en células por mililitro. Depth-time distribution of *Ceratium hirundinella* (cells/ml) in Cúber (upper) and Gorg Blau (lower) reservoirs.

embalses referidos comprende un período que oscila entre los cuatro y los ocho meses, límites habituales para lagos con características similares (Reynolds, 1976; Moore, 1981).

Aunque *C. hirundinella* es presentada como un ejemplo típico de especie de aguas cálidas, su desarrollo coincide en algunos casos con temperaturas muy inferiores a las consideradas como óptimas, lo que obliga a ampliar el rango de tolerancia térmica (Moore, 1981). Este comportamiento menos restrictivo respecto a la temperatura, como se podría deducir de su presencia constante en los meses de verano, hace pensar en la posible existencia de diferentes formas - morfos - con distintas preferencias térmicas y también en que el desarrollo de *C. hirundinella* estará condicionado por otros factores, además de la

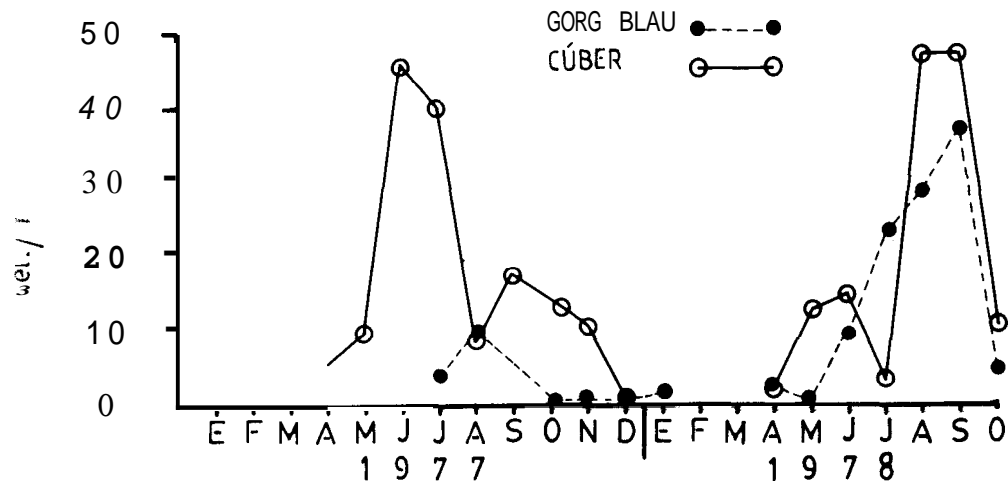


Figura 4.- Cambios estacionales en la densidad de *Ceratium hirundinella*, valores medios de toda la columna de agua, en los embalses de Cúber y Gorg Blau.

Seasonal changes in the density of *Ceratium hirundinella*, mean values of all water column, in Cúber and Gorg Blau reservoirs.

temperatura.

El máximo crecimiento de *C. hirundinella* en los embalses de Cúber y Gorg Blau coincide con los momentos en que las aguas son más pobres en nutrientes (Moyá y Ramón, 1983; Ramón y Moyá, 1985) principalmente en las capas superiores, en este caso su desarrollo no parece depender mucho de la disponibilidad inmediata de nitrógeno y fósforo; esta situación es bastante común entre las dinoflageladas, que crecen lentamente en aguas con bajas concentraciones de nutrientes gracias a que pueden retenerlos y almacenarlos (Margalef, 1974b); de hecho cuando aparece *C. hirundinella* durante la primavera la disponibilidad de nutrientes es todavía relativamente alta. Por otra parte las posibilidades nutritivas de esta especie se hallan incrementadas por su capacidad para realizar migraciones en profundidad en busca de nutrientes (Talling, 1971; Reynolds, 1976) y por su alimentación por fagotrofia (Dodge y Crawford, 1970).

Al observar la distribución vertical de *C. hirundinella* (figura 3) se aprecia como ésta no fué uniforme a lo largo de la presencia estacional de la especie en las aguas de los embalses; las células tienden a concentrarse en los niveles intermedios durante los meses de Agosto y Septiembre, momentos en los que, a excepción de 1977 en Cúber, se alcanzó la máxima densidad de la población; un

comportamiento semejante ha sido descrito en diversos lagos (Kozarov, 1972; Reynolds, 1976; entre otros) y parece relacionado con la búsqueda de unas condiciones óptimas de iluminación. Asociada con la penetración de la luz estaría seguramente la acumulación en las proximidades de la superficie que tuvo lugar al final de cada verano en el embalse de Cúber y que coincidió con los mínimos valores de la transparencia del agua, medida con el disco de Secchi, inferiores todos ellos a los 2 metros (Moyá, 1981).

La aportación cuantitativa, número de células por mililitro de *C. hirundinella* al total del fitoplancton fué en general muy poco significativa (figura 5). La máxima contribución se registró en Agosto de 1978 en ambos embalses y fué del 9'75% en Cúber y sólo del 1'21% en Gorg Blau. Destacan asimismo los bajísimos valores, inferiores al 0'5%, de éste último embalse a lo largo de 1977; tal limitación en el crecimiento, patente además por su tardía aparición, vino determinada por el masivo desarrollo durante la primavera y principios del verano de la cianofícea *Oscillatoria rubescens* D.C., prácticamente la única especie presente en las aguas del embalse durante este tiempo (Ramón y Moyá, 1984).

No obstante los bajos porcentajes de *C. hirundinella* respecto al total del fitoplancton, su importancia como biomasa fitoplanctónica debió ser mucho mayor, dada la diferencia de volumen existente

entre la célula de esta dinoflagelada ( $55.000 \mu\text{m}^3/\text{cel}$ ) y las de los principales componentes del fitoplancton en los momentos en que *C. hirundinella* alcanzó sus máximos: pequeñas crisofíceas ( $50-200 \mu\text{m}^3/\text{cel}$ ) en Cúber y la ulotricial *Planctonema lauterbornii* ( $700-1000 \mu\text{m}^3/\text{cel}$ ) en Gorg Blau. Se puede añadir, complementando lo apuntado anteriormente, que en los momentos de mayor desarrollo de *C. hirundinella* en el embalse de Cúber se produce un incremento de la relación clorofila *a* por célula (figura 6) en coincidencia con las observaciones de Talling (1971); este efecto fué menos notorio en Gorg Blau (figura 6) debido probablemente a que la incidencia de *C. hirundinella* sobre aquella relación se vió contrarrestada por la presencia de especies con muy bajo contenido de clorofila *a*.

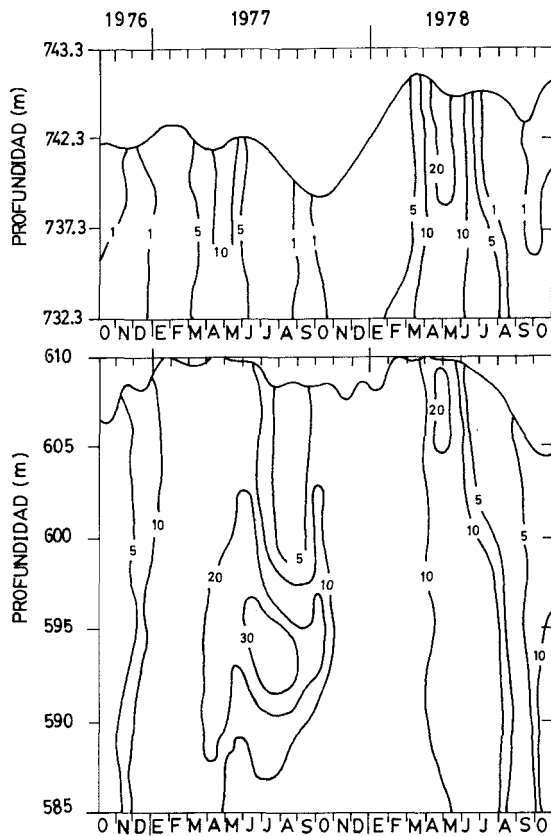


Figura 5.- Variación espacio-temporal de la densidad del fitoplancton, expresadas en miles de células por mililitro, en los embalses de Cúber (arriba) y Gorg Blau (abajo).  
Depth-time diagrams of the phytoplankton density ( $10^3$  cells/ml) in Cúber (upper) and Gorg Blau (lower) reservoirs.

## CAMBIOS MORFOLOGICOS EN *CERATIUM HIRUNDINELLA*

Los fenómenos de ciclomorfosis, ampliamente extendidos entre distintos componentes del zooplancton, son mucho menos frecuentes en los organismos fitoplanctónicos; en este sentido, *Ceratium* es uno de los pocos géneros sobre los que se han descrito cambios de forma asociados con variaciones de la temperatura (Hutchinson, 1967). En el caso de *Ceratium* las modificaciones observadas posiblemente obedezcan a lo que Margalef (1974b) denomina ciclomorfosis aparente, consistente en la coexistencia de distintos morfos de la especie adaptados diferencialmente a distintas temperaturas; aunque están poco claros los mecanismos responsables de tales discontinuidades morfológicas.

A lo largo del presente estudio y a partir de las muestras sedimentadas y de las obtenidas con red,

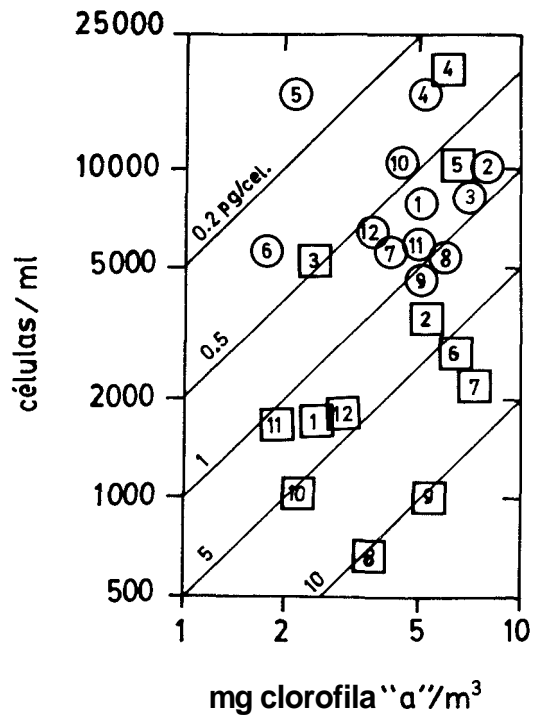


Figura 6.- Relación entre la clorofila *a* y el número de células del fitoplancton, valores medios de toda la columna de agua, en los embalses de Cúber (□) y Gorg Blau (○), indicando los meses en que se obtuvieron tales valores.

Chlorophyll *a* total number phytoplankton cells relationship. Mean values for the whole water column in Cúber (□) and Gorg Blau (○) reservoirs. Collection dates month of the year are indicated.

hemos podido apreciar cambios de diferente naturaleza en la morfología de *C. hirundinella* relacionados con las variaciones de la temperatura del agua. Dichos cambios, claramente separados en el tiempo, han sido básicamente de tres tipos: 1) Presencia de formas con dos cuernos antiapicales conjuntamente con otras con tres cuernos, durante los meses de Abril y Mayo; 2) Mayor desarrollo de los tres cuernos posteriores y aumento del ángulo de separación entre los mismos, a medida que se incrementa el número de individuos: meses de Junio, Julio y Agosto; 3) Reducción de la longitud de los cuernos, llegando el tercero de hipoteca a ser sólo incipiente, en muestras de finales de verano. Probablemente todas estas modificaciones tendrán como finalidad conseguir un máximo de flotabilidad en relación con las variaciones de la viscosidad del agua determinadas por la temperatura (Hutchinson, 1967).

Otro aspecto a destacar con respecto al ciclo anual de *C. hirundinella* es la presencia de formas de resistencia no móviles -cistes-, característicos de esta especie (Chapman *et al.*, 1981), que fueron encontrados principalmente en muestras de finales de verano y de otoño. A ellas se debe la "anormal" aparición de *C. hirundinella* en Gorg Blau a principios de 1978. Los cistes de dinoflageladas son encontrados normalmente en la superficie del sedimento principalmente en la zona litoral (Pollinger y Berman, 1975), ello explica la ausencia de tales formas de *Ceratium hirundinella* en muestras de agua correspondientes al periodo invernal.

#### BIBLIOGRAFIA

- Chapman, D.V.; Livingstone, D. y Dodge, J.D. 1981. An electron microscope study of the excystment and early development of the Dinoflagellate *Ceratium hirundinella*. Br. phycol. J., 16: 183-194.
- Dodge, J.D. y Ctwford, R.M. 1970. The morphology and fine structure of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae) J. Phycol., 6: 137-149.
- Heaney, S.I. 1976. Temporal and spatial distribution of the Dinoflagellate *Ceratium hirundinella* O.F. Müller within a small productive lake. Freshwat. Biol., 6: 531-542.
- Hutchinson, G.E. 1967. A Treatise on Limnology. II. Introduction to lake Biology and the Limnoplankton John Wiley and Sons. New York. 1115 pp.
- Kozarov, G. 1972. Le rapport corrélatif entre la lumière et la répartition du phytoplancton dans le lac Prespa. Verh. Internat. Verein. Limnol., 18: 489-493.
- Margalef, R. 1974a. Counting. In: A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments. (Vollenweider, R A. ed.): 7-14. Blackwell. Oxford.
- Margalef, R. 1974b. Ecología. Omega. Barcelona. 951 pp.
- Margalef, R. y Mir. 1979. Phytoplankton of Spanish reservoirs as dependent from environmental factors and potential indicator of water properties. Atti del Convegno sui bacini lacustri artificiali. Sassari, ottobre 1977: 191-206.
- Margalef, R. Mir, M. y Estrada, M. 1982. Phytoplankton composition and distribution as an expression of properties of reservoirs. Can. Water Res. J., 7(1): 26-49.
- Margalef, R.; Planas, D.; Armengol, J.; Vidal, A.; Prat, N.; Guiset, A.; Toja, J. y Estrada, M. 1976. Limnología de los embalses españoles. Dirección General de Obras Hidráulicas Ministerio de Obras Públicas. Madrid. 422 + 85 pp.
- Moore, J. W. 1981. Seasonal abundance of *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Schrank in lakes of different trophy. Archiv. Hydrobiol., 92(4): 535-548.
- Moyá, G. 1981. Limnología de los embalses de la Sierra Norte de Mallorca. El embalse de Cúber. Tesis Doctoral. Universidad de Palma de Mallorca. 516 pp + Apéndice.
- Moyá, G. y Ramón, G. 1981. Contribución al conocimiento de la mineralización de las aguas de los embalses de Cúber y Gorg Blau y de sus principales aportes. Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 25:21-35.
- Moyá, G. y Ramón, G. 1983. Características limnológicas del embalse de Cúber (Mallorca) Actas I Congreso Español de Limnología: 81-92.
- Nauwerck, A. 1963. Die beziehung zwischen zooplankton und phytoplankton im See Erken. Symb. Bot. Upsal., 17(5): 1-163.
- Pollinger, U. y Bernan, T. 1975. Temporal and spatial patterns of Dinoflagellate blooms in lake Kinneret, Israel (1969-1974). Verh. Internat. Verein. Limnol., 19:1370-1382.
- Ramón G. y Moyá, G. 1982. Características morfológicas y morfométricas de los embalses de Cúber y Gorg Blau (Mallorca) Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 26: 145-150.
- Ramón, G. y Moyá, G. 1984. Distribución estacional de *Plantonema lauterbornii* (Ulotrichaceae) en dos embalses de aguas mineralizadas (Cúber y Gorg Blau, Mallorca) En este mismo volumen.
- Reynolds, C.S. 1976. Succession and vertical distribution of phytoplankton in response to thermal stratification in a lowland mere, with special reference to nutrient availability J. Ecol., 64 (2): 529-551.
- Talling, J.F. 1971. The underwater light climate as a controlling factor in the production ecology of freshwater phytoplankton Mitt. Int. Verein. Limnol., 19: 214-243.