

"PRIMEROS DATOS SOBRE EL CICLO ANUAL ESTRATIFICACION-MEZCLA, EN EL EMBALSE DE LA CONCEPCION (ISTAN, MALAGA)"

J. Lucena; J.M. Rodriguez; M.C. Fuentes.

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga

Palabras clave: Reservoir limnology, conception reservoir (Spain)

ABSTRACT

"PRELIMINARY DATA ON THE ANNUAL STRATIFICATION AND MIXING PROCESSES IN THE CONCEPCION RESERVOIR (ISTAN, MALAGA)".

Between November 1979 and February 1981 the temporal variations of the principal physico-chemical and biological factors required to establish the limnological characteristics of the Concepcion reservoir (Istan, Málaga) were determined by means of monthly sampling. The parameters studied were: temperature, transparency, dissolved oxygen, phosphates, nitrites, nitrates, organic material, the chlorophylls a, b and c and the pigmentation coefficient.

It was established that the reservoir is monomycytic with a short mixing period and a season of strongly defined stratification. The high autochthonous biological production and the allochthonous supply of organic material and nutrient salts brings about almost anoxic conditions in the inferior mesolimnion and the hypolimnion, with the consequent loss of quality in their water masses. The reservoir is categorised as eutrophic.

INTRODUCCION

La entrada en funcionamiento en el año 1972 del embalse de La Concepción, (Istán, Málaga) con la finalidad de dar cumplimiento al llamado "Plan Verde", (Plan de Abastecimiento a la Costa del Sol Occidental), que abastece de agua a una población de cerca de 1.000.000 de habitantes, en una zona de gran interés turístico, y por lo tanto comercial, debió ir acompañada de estudios encaminados al conocimiento del comportamiento del embalse para evitar, en lo posible, la pérdida de calidad de sus aguas.

Sin embargo, los datos de que se disponían hasta 1979 eran escasos (Margalef *et al*, 1976) por lo que a partir de esta fecha, el Departamento de Ecología de la Universidad de Málaga, inducido por la necesidad de completarlos, inicia el estudio limnológico del embalse de La Concepción cuyos primeros resultados

aquí son expuestos.

MATERIAL Y METODOS

El embalse de La Concepción está situado sobre el río Verde, en el término municipal de Istán (Málaga) (Latitud 363258 N, Longitud 45632 W, Altura 100 m). Posee una superficie de 241 Ha con un volumen total de 61 H m³ y una profundidad **máxima** de 60,40 m. Se encuentra situado en la región del Paleozoico que surge entre Sierra Bermeja y Sierra Blanca, con una cobertura horizontal del Terciario y Cuaternario. En la cimentación aparece una alternancia de pizarras azules, en parte calcáreas y grauwackas (Ministerio de Obras Públicas, 1972).

Las muestras fueron tomadas con una periodicidad mensual desde Noviembre-79 a Enero-81, en un

Fosfatos (Fig. 5)

Los valores de fosfatos están comprendidos entre 1,8 $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t P/l}$ (Enero-81 en superficie) y valores no detectables, estando los más elementales localizados entre la superficie y los 5 m. de profundidad. Así, en el mes de Abril nos encontramos un fuerte incremento coincidiendo con la caída del fitoplancton, lo que nos hace pensar que este fósforo proviene, no ya tan sólo por el incremento de las lluvias acaecido en el mes anterior, sino, fundamentalmente, de la liberación por parte de los microorganismos mediante procesos de remineralización abacteriana (Pomeroy *et al.*, 1973). El incremento en superficie detectado en Mayo se debe, fundamentalmente tanto al aporte que conlleva el incremento de las lluvias durante este mes, así como a la mineralización de la materia orgánica la cual sufre un descenso de 3,2 mg/l en el mes de Abril a 1,7 mg/l . Este fósforo será utilizado por el fitoplancton (fig. 6), lo que junto a la absorción a distintos materiales y su posterior sedimentación (Otsuki & Wetzel, 1972; Canfield *et al.* 1982) ocasionará la disminución de éste en los metros superiores en Junio.

Los altos valores observados en Julio y Agosto entre superficie y los 5 m parecen tener su fuente tanto en la liberación de fósforo por parte de los microorganismos así como por la mineralización de la materia orgánica epilimnética, la cual sufre un descenso desde 2,2 a 0,6 de Junio a Julio, así como en el acúmulo de material lixiviable en esta zona (Ostrowsky, 1978).

Los altos valores a 10 m. de profundidad en Agosto, favorece la proliferación fitoplanctónica observada en Septiembre a esta profundidad (fig. 6) con el consecuente descenso de este elemento en este último mes. Por último, otro gran acúmulo de fósforo en superficie lo observamos en los meses de Enero y Febrero de 1981, consecuencia, fundamentalmente, de la llegada de fosfatos desde las capas inferiores como consecuencia de la mezcla a la que se ve sometida la masa de agua.

Por lo que respecta a profundidades comprendidas entre 20 m y fondo cabe señalar los aumentos, aunque leves, de fósforo coincidiendo con períodos de anoxia, lo que indica una liberación de fósforo sedimentado.

COMPUESTOS DE NITROGENO: NITRITOS Y NITRATOS

Los valores de nitratos están comprendidos entre 0

y 11,3 $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t N/l}$ y para los nitritos entre 0 y 1,24 $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t N/l}$.

Durante los tres primeros meses de muestreo se produce un aumento en la concentración de nitratos, como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica autóctona y alóctona. No obstante, los valores de nitratos son reducidos en fondo en comparación con los niveles superiores (Noviembre y Diciembre), debido tanto a que la mezcla aún no es efectiva como a la ausencia de oxígeno en este nivel. En Enero, con la mezcla total y al estar el agua bien oxigenada, se produce un aumento en las concentraciones de nitratos y nitritos alcanzando estos últimos el máximo valor en toda la columna de agua. Los altos valores de nitratos favorecerán, junto con los fosfatos, la explosión fitoplanctónica de Febrero agotándose drásticamente este nutriente, llegando incluso al valor cero detectado en Marzo a 10 m de profundidad.

Al comienzo de la estratificación se producen unos aumentos en la concentración de nitratos debido tanto a la mineralización de la materia orgánica (Abril en superficie, 5 y 20 m de profundidad; Mayo a 10 m, profundidad en que se encuentra situada el límite de la termoclina actuando ésta a modo de freno en la sedimentación de la materia sintetizada en las capas superiores) como el aporte que conlleva el incremento de las lluvias (Mayo en superficie, fig. 3). Durante el resto de estratificación los valores de nitritos y nitratos se mantienen bajos. El incremento de nitritos detectado en fondo en el mes de Julio coincide con un descenso en la concentración de nitratos, lo que parece indicar que el nitrito procede de la reducción del nitrato (Hutchinson, 1957).

Con la ruptura de la estratificación y la consecuente mezcla se produce un aumento gradual de los compuestos nitrogenados desde Diciembre-80 hasta Febrero-81. Esto favorecerá, junto a las altas concentraciones de fosfatos la segunda gran explosión fitoplanctónica (fig. 6).

MATERIA ORGANICA

Los valores comprenden muestras realizadas entre Abril-80 y Julio-81. Los máximos valores se obtienen en superficie (0-5 m) coincidiendo con dos épocas o estados diferentes del embalse. Una entre Abril y Julio-80 (estratificación) y la otra entre Febrero y Marzo -81 (mezcla), coincidiendo ambas con

más adelante. A finales de Octubre-80 se produce la ruptura de la estratificación, iniciándose así la mezcla otoñal.

Transparencia del agua.

En la figura 2 se observa que los valores de la misma están comprendidos entre 0,8 y 5,5 m. en Febrero y Septiembre respectivamente.

El valor mínimo se corresponde con un fuerte incremento de la concentración de clorofila (Fig. 6), lo que unido tanto al incremento de las lluvias acaecido en este mes como a encontrarnos en período de mezcla vertical, hace disminuir la transparencia desde 4 m. en Enero a 0,8m. Posteriormente, aumenta la transparencia con la caída del fitoplancton estabilizándose en el período de estratificación. El desplazamiento en profundidad de la termoclina origina un hundimiento por decantación de materiales en suspensión, lo que a su vez da lugar a una mayor transparencia llegándose al máximo de profundidad en Septiembre (5,5 m) y Octubre (5 m.).

En Diciembre-80 se produce otro mínimo (2 m.), esta vez como consecuencia, fundamentalmente, de las altas precipitaciones del mes anterior (fig. 1).

El TSI (Índice de Estado Trófico) Shapiro *et al*, 1975, queda comprendido en este embalse, entre 35,40 y 63,00 para los valores mínimo y máximo, respectivamente.

Oxígeno disuelto (Fig. 4)

Durante los primeros meses del estudio, que coincide con el inicio de la mezcla, la concentración de oxígeno no alcanza una homogeneización en la columna de agua, dándose una reducción drástica desde los 15 a los 20 m. Así en el mes de Noviembre se pasa de 6ml/l y 87,53% de saturación a 0,27 y 3,8057

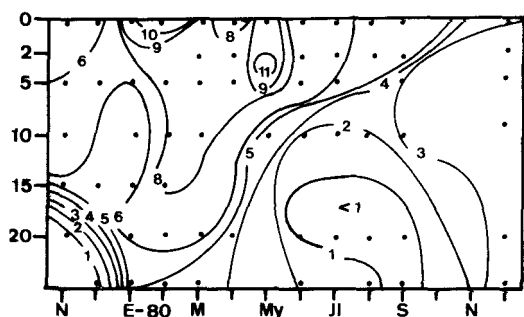


Figura 4 - Distribución del oxígeno disuelto (ml/l)
Dissolved oxygen distribution (ml/l)

respectivamente. Este hecho es como consecuencia de no haber completado la homogeneización térmica de la columna de agua. Con la mezcla total que se produce a partir de Diciembre, se produce una llegada de oxígeno doble: por un lado atmosférico y por otro lado a la producción fitoplanctónica, sobre todo durante el mes de Febrero-80 (74,4 $\mu\text{g Cl a/l}$), lo que acarreará un fuerte incremento, aunque no homogeneidad debido a que cuando el oxígeno llega a fondo es secuestrado por la mineralización de la materia orgánica acumulada a este nivel, así como por la respiración de los organismos.

Durante la estratificación se obtienen los valores máximos entre 0 y 5 m. El aumento observado en Mayo se debe a la acumulación del fitoplancton a 5 m de profundidad (fig. 6), lo que se traducirá en un aumento considerable en todo el epilimnion durante este mes. En meses posteriores se observa una lenta pero paulatina disminución, ya que el aumento térmico de la masa de agua se va a ver acompañada de una disminución en solubilidad y al encontrarse en sobresaturación se da una pérdida hacia la atmósfera.

Con respecto al hipolimnion observamos que los valores mínimos se obtienen a 20 m. de profundidad. Este hecho se podría explicar por el desplazamiento en profundidad de la termoclina, con la consecuente retención en este nivel, límite profundo de ella, de la materia tanto autóctona como alóctona. Es al final de la estratificación cuando se produce un drástico descenso en la concentración a partir de 15 m, ya que la continúa sedimentación de la materia acaba por agotar el oxígeno en este nivel.

Con el inicio de la mezcla se produce un aumento y una homogeneización en la concentración de oxígeno (3,6 - 3,7 ml/l).

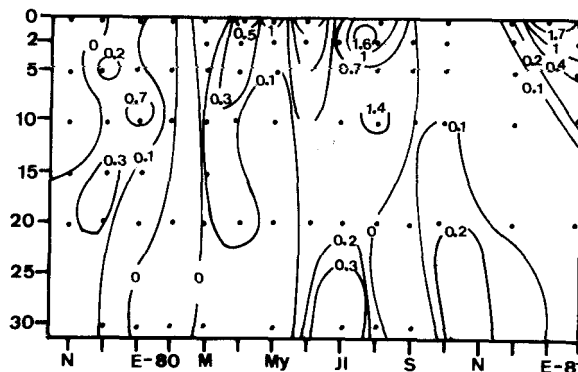


Figura 5 - Distribución del fosfato (ug-at P/l)
Phosphate distribution (ug-at P/l).

explosión el factor desencadenante parece ser el aumento de luz.

El Índice de Estado Trófico (TSI) obtenido a partir de la concentración de clorofila *a* en superficie (Shapiro *et al.*, 1975) se halla comprendido entre 72,83 para el valor máximo (Febrero-80) y 1976 para el mínimo (Agosto-80). Los valores del TSI obtenidos para Secchi y clorofila *a* nos indican que el máximo de extinción de la luz en Febrero se debe fundamentalmente al fitoplancton.

CONCLUSIONES

El embalse se define como cálido monomítico, dándose la estratificación de Abril a Octubre. La termoclina se sitúa entre los 5 y 10 m. sufriendo un desplazamiento en los meses estivales (10 y 20 m.) como consecuencia del gran calentamiento de las aguas superficiales. Este desplazamiento de la termoclina determinará los máximos en la transparencia del agua. Los mínimos son el resultado de la conjunción del aporte de sólidos en suspensión y la alta producción fitoplanctónica registrada en Febrero de 1980. Los valores de clorofila *a* oscilan entre 74,4 y 0,4 µg/l, produciéndose los dos grandes aumentos en Febrero-80 y Enero-Febrero-81 cuyo factor desencadenante es la coincidencia de la mezcla y el aumento de luz. Estas dos grandes proliferaciones algales determinan los máximos valores en la concentración de materia orgánica (Abril-Mayo de 1980 y Febrero -Marzo-81) debido al incremento de material alóctono y, fundamentalmente, autóctono. Otras dos ligeras proliferaciones se producen en Mayo a 5 m. y Septiembre a 10 m., límites ambos del epilimnion. Estas proliferaciones son desencadenadas por el aumento en la concentración de nutrientes en esta zona. El coeficiente pigmentario alcanza pues la mínima expresión en Febrero-80 (superficie) y Septiembre (10 m.) obteniéndose los máximos valores durante la estratificación.

La unión entre la fuerte estratificación y la alta producción biológica provoca que, desde Mayo a Noviembre, la cantidad de oxígeno disuelto a partir de 10 m. sea inferior a 2 ml/l y que a partir de 15 m. sea inferior a 1 ml/l.

De los nutrientes el factor limitante de la producción biológica es el fósforo cuyos máximos valores tienen su fuente tanto en procesos de remineralización abacteriana (Abril-80) como por la mineraliza-

ción de la materia orgánica y lixiviación de materiales (Julio y Agosto-80), así como por la llegada de fosfatos desde capas inferiores con la mezcla de agua (Enero y Febrero-81).

La evolución espacio-temporal de nitritos y nitratos sigue el ciclo estratificación-mezcla.

Los datos obtenidos nos permiten clasificar el embalse como eutrófico.

BIBLIOGRAFIA

- Canfield, D.E. Jr., Jones, J.R. & Bachmann, R.W. 1982. Sedimentary losses of phosphorus in some natural and artificial Iowa lakes. *Hydrobiol.* 87: 65-76.
- Chave, K.E. 1965. Carbonates: association with organic matter in surface seawater. *Science* 148: 1723-1724. (Tomado de Hannan *et al.* 1979)
- Hannan, H.H., Fuchs, I.R. & Whitenberg, D.C. 1979. Spatial and temporal patterns of Temperature, Alkalinity, Dissolved Oxygen and conductivity in an oligo-mesotrophic, Deep-Storage Reservoir in Central Texas. *Hydrobiol.* 66, 3: 209-221.
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on Limnology Vol. 1 Geography, Physics and Chemistry of Lakes. John Wiley and Sons New York.
- Margalef, R., Planas, E., Armengol, J., Vidal, A., Prat, N., Guiset, A., Toja, J. & Estrada, M. 1976. Limnología de los embalses españoles. Dirección General de Obras Hidráulicas Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. 1972. Presa de la Concepción. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Sur.
- Ostrofsky, M.L. 1978. Trophic Changes in Reservoir; An Hypothesis Using Phosphorus Budget Models *Int. Reveuges Hydrobiol* 63, 4: 481-499.
- Otsuki, A. & Wetzel, R.G. 1972. Coprecipitation of Phosphate with carbonates in a marl lake. *Limnol. Oceanogr.* 18: 490-493.
- Otsuki, A. & Wetzel, R.G. 1974. Calcium and total alkalinity budgets and calcium carbonate precipitation of a small hardwater lake. *Arch. Hydrobiol.* 73: 14-30. (Tomado de Hannan *et al.* 1979).
- Pomeroy, L.R., Mathews, H.M. & Hong Saik Min. 1973. Excretion of phosphate and soluble organic phosphoric compounds by zooplankton. *Limnol Oceanogr.* 8: 50-55.
- S.C.O.R. (UNESCO) 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea water *Monographs on Oceanographic Methodology.* 1: 69.
- Shapiro, J., Lundquist, J.B. & Carlson, R.E. 1975. Involving the public in limnology. An approach to communication *Verhand. Intern. Verein Limnol.*, 19: 866-874.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1968. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, n. 167, 311.
- Suess, E. 1970. Interaction of organic compounds with calcium carbonate. I. Association phenomena and geochemical implications *Geochim. Cosmochim. Acta* 34: 157-168. (Tomado de Hannan *et al.* 1979).
- Wunderlich, W.O. 1971. The dynamics of density-stratified reservoir In: G.E. Hall, ed., *Reservoir Fisheries and Limnology.* Amer. Fish. Soc., Spec. Pub. 8: 219-231.

proliferaciones fitoplanctónicas (fig. 6). A continuación de estos máximos se da un fuerte descenso en los valores debido tanto a la sedimentación como a la mineralización. El incremento de Agosto-80 en superficie y 2 m coincide con incrementos en fosfatos y nitratos, pudiendo todo ello estar justificado por procesos de lixiviación.

El descenso de materia orgánica en el hipolimnion se debe tanto a la mineralización como a la absorción de ésta sobre carbonato cálcico particulado que precipita (Chave, 1965; Suess, 1970; Otsuki & Wetzel, 1972, 1974; Hannan *et al* 1979), lo que justificaría el incremento en agua del fondo a finales de la estratificación.

FECHA	PROFUNDIDAD	Superf.	2 m	5 m	10 m	20 m	Fondo
III-81		2,3	3,5	3,3	0,7	1,4	1,1
IV-81		1,8	1,9	1,7	1	1,1	0,8
V-81		0,8	0,8	1,2	0,9	0,8	1,1
VI-81		1,3	0,9	0,7	0,5	0,5	0,3
VII-81		1	ND	1	0,3	ND	0,1

Tabla 1.- Resultados obtenidos desde Marzo a Julio de 1981 en la concentración de materia orgánica (mg/l)
Organic matter (mg/l) from March to July, 1981

CLOROFILA a, b, Y c Y COEFICIENTE PIGMENTARIO

El estudio se inicia con un período de mezcla. En el cabe destacar la primera gran explosión

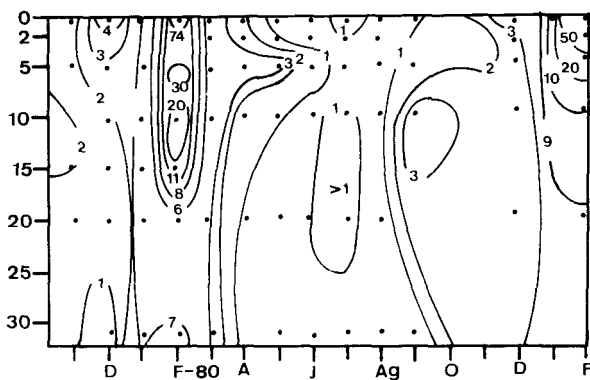


Figura 6 - Distribución de la clorofila u (µg/l)
Chlorophyll a distribution (µg/l).

fitoplanctónica que ocurre en el mes de Febrero-80, alcanzándose los máximos valores (fig. 6 y 7). El hecho de que los nutrientes disueltos estén en concentraciones adecuadas, parece indicar que es el aumento de luz el factor desencadenante de esta proliferación fitoplanctónica. El coeficiente pigmentario D430/ D665 (Indice de Margalef) es bajo lo cual nos señala que nos encontramos en una etapa de baja madurez. Esta proliferación incidirá de manera directa en los valores de los nutrientes agotándolos (fig. 7) lo que hará descender las concentraciones de clorofilas durante el resto del período de mezcla.

Durante el período de estratificación nos encontramos con dos ligeros incrementos en las concentraciones clorofílicas: el primero en Mayo a 5m, y el segundo en Septiembre a 10m, lugar donde a su vez se da el mínimo del coeficiente pigmentario. Ambas proliferaciones se encuentran situadas en el límite entre el epilimnion y el metalimnion, lugar donde se acumula los nutrientes, por sedimentación y freno al llegar a una capa de mayor densidad, por lo que éstas vienen precedidas por un aumento en las concentraciones de nutrientes, sobre todo de fosfatos. Este hecho nos da a entender que es el aumento de este nutriente el factor desencadenante de dichas proliferaciones, a la vez que la intensidad de luz juega un papel inhibitor en los metros superiores del epilimnion.

En el segundo período de mezcla se produce otra gran proliferación fitoplanctónica durante los meses de Enero y Febrero-81. Al igual que en la primera

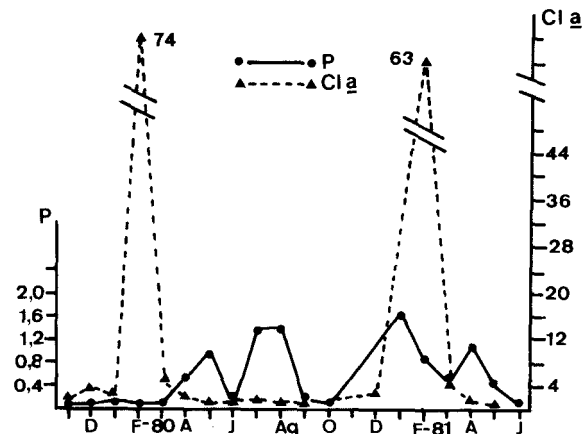


Figura 7 - Relación clorofila u (µg/l) y fosfato (µg-át P/l) en superficie.
Relationship at surface, between Chlorophyll a (µg/l) and Phosphate (µg-át P/l).

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

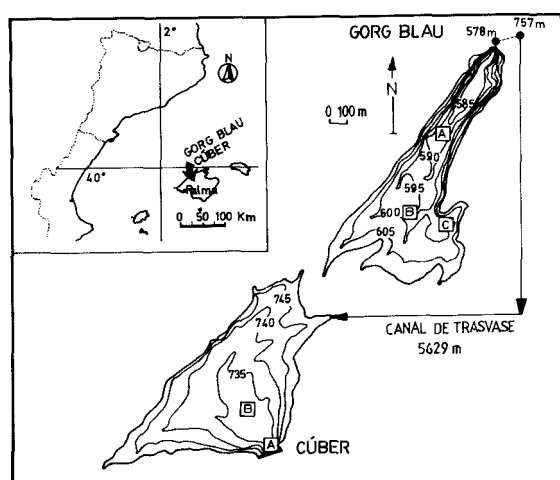


Figura 1.- Localización y características del área de estudio. Se señalan las estaciones de muestreo.

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 μ 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