

Limnología del Lago Grande de Estanya (Huesca)

A. ÁVILA, J. L. BURREL, A. DOMINGO, E. FERNÁNDEZ
J. GODALL y J. M.^a LLOPART

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Avda. Diagonal, 645. Barcelona-28.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo resume los datos obtenidos sobre la composición química, el fitoplancton y el zooplancton del lago Grande de Estanya (Huesca) durante un período que va del mes de febrero de 1979 al mes de marzo de 1980. Los muestreos se realizaron con periodicidad aproximadamente mensual con el fin de cubrir el ciclo anual del lago.

El lago Grande de Estanya forma, junto con otros dos lagos de menor tamaño, un conjunto que recibe el nombre de lagos de Estanya. Está situado en la comarca de la Baixa Ribagorça, a unos 13 km al sur de Benabarre (Huesca), y a una altura de 670 m sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son 42° 02' N y 0° 32' E.

En la figura 1 puede observarse la forma y batimetría del lago Grande de Estanya. Tiene forma de ocho, con dos cubetas separadas por una franja que normalmente se encuentra a 2-3 m de profundidad, pero que en años de extrema sequía puede llegar a emerger y separar las dos cubetas. Hemos denominado cubeta A a la situada en el extre-

mo SE y cubeta B a la del extremo NW. En la tabla I se detallan los parámetros morfométricos del lago siguiendo la notación dada por HUTCHINSON (1957).

Una exploración de los entornos nos indica que el lago no recibe ningún afluente por la superficie a excepción de una conexión con un lago pequeño adyacente, por lo que se deduce que hay entradas por el fondo que compensarían las pérdidas por evaporación, como ocurre en el lago de Banyoles (PLANAS, 1973) y en Montcortès (CAMPS *et al.*, 1976). La geología de la zona está dominada por margas del Keuper y calizas del Eoceno y Triásico. Los citados lagos de Banyoles y Montcortès se hallan también sobre sustrato calcáreo.

El clima de este sector es de carácter mediterráneo continental; la pluviosidad se encuentra entre 500 y 600 mm anuales, cantidad apreciablemente inferior a la de zonas situadas a la misma altitud pero más cercanas a la costa mediterránea. Aunque las temperaturas del aire en invierno son muy bajas, el lago nunca llega a helarse.

El paisaje de los alrededores está dominado por campos de cultivos propios

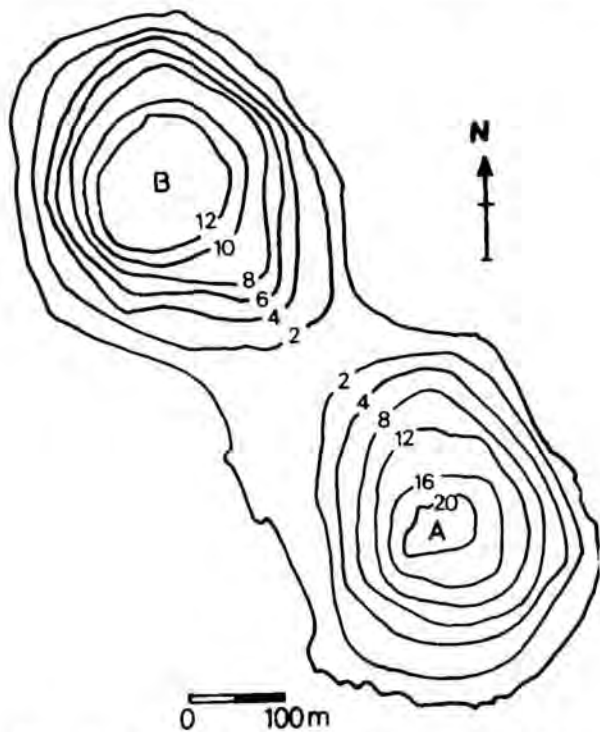


FIG. 1. Mapa batimétrico del Lago Grande de Estanya, realizado por J. L. Burrell, J. M.^a Vilaseca y M. Alonso, en marzo de 1978. - *Bathymetric map of the Lago Grande de Estanya, accomplished by J. L. Burrell, J. M.^a Vilaseca and M. Alonso in March 1978.*

del país de secano: trigales, almendrales y olivares. A orillas del lago hay algunos huertos mantenidos gracias al riego con agua procedente del mismo. En lugares más elevados, donde la actividad agrícola no ha sustituido la vegetación natural, aparecen encinares de carrasca (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*) y robledales de quejigo (*Quercus faginea*). Los lagos están rodeados por un ancho cinturón de vegetación helofítica, formado principalmente por *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Juncus* spp. y *Scirpus* spp.

MATERIAL Y MÉTODOS

En cada salida se muestreaban dos puntos, situados en el centro de cada una de las cubetas. En la cubeta A se obtenía agua de seis niveles diferentes (0, 2, 5, 10, 15 y 20 m), y en la cubeta B, de cuatro (0, 2, 5 y 10 m). Durante el muestreo se medía la profundidad del disco

TABLA I. Parámetros morfométricos del lago Grande de Estanya, según la notación de HUTCHINSON (1957. - *Morphometry of the lago Grande de Estanya. Symbols according to HUTCHINSON (1957).*

Longitud máxima (L)	450 m
Anchura máxima (a)	340 m
Anchura mínima	200 m
Longitud de la línea de costa (L)	2.334 m
Desarrollo de la línea de costa (D_L)	1,51
Superficie del lago (A_0)	188.306 m ²
Volumen del lago (V)	983.728 m ³
Profundidad máxima (Z_m)	22 m
Profundidad media (\bar{z})	4,6 m
Desarrollo del volumen (D_V)	0,627 m ³

de Secchi, se recogía agua para su posterior análisis en el laboratorio y se procedía al arrastre de redes de fitoplancton y zooplancton (de 40 y 250 micras de poro respectivamente).

Se usaron botellas Van Dorn dobles, de ocho litros de capacidad cada una. Los procedimientos de recolección, manipulación y análisis del agua para conocer la composición química son los usados en otros estudios similares (MARGALEF *et al.*, 1976; GOLTERMAN, 1969; PLANAS, 1973).

La medida del pH y de la temperatura se realizaba en el momento de subir las botellas. Para el pH se usó un comparador Lovibond en algunas ocasiones y en otras un pH metro electrométrico Metrohm E 510. Finalmente se separaba agua para su posterior filtración y obtención de pigmentos, siguiendo la metodología puesta a punto por PLANAS (1973).

El análisis del contenido de células fitoplanctónicas se realizó de acuerdo con el método Utermöhl. Los organismos se contaron mediante el uso de un microscopio invertido (Wild M 40). Las algas de menor tamaño se contaron a 840 aumentos. Los organismos más escasos y de mayor tamaño se contaron a 210 aumentos. Los números obtenidos en los contajes se transformaban a concentración de células por volumen de agua.

Respecto al zooplancton, se filtraba el contenido de una botella Van Dorn (8 litros) a través de un filtro de 40 micras de poro, con una eficiencia de casi el 100 %. Los únicos organismos que podrían estar subrepresentados serían los más móviles (e.g. *Cyclops*) y los rotíferos más pequeños (tamaño alrededor de 75 micras). El filtrado se fijaba con formol al 4 % para proceder posteriormente al contaje con una cámara de sedimentación, con un microscopio invertido Nikon a 100 aumentos. En algunos casos no se han podido contar las muestras de fondo debido a la gran cantidad de material en suspensión que contenían.

Las muestras de red se utilizaron para realizar diferentes medidas biométricas de las especies de copépodos, cladóceros y de *Keratella quadrata*, así como para estudiar las proporciones de machos y hembras y otras características reproductivas de la población. Estos resultados se referirán a individuos que se encontraban entre 2 y 5 m de profundidad, nivel por donde se pasaba la red, y en verano, a las poblaciones del epilimnion.

RESULTADOS

CARACTERES FISICOQUÍMICOS DEL LAGO

Temperatura

Se trata de un lago monomítico con un único período de mezcla vertical en otoño que mantiene una uniformización del perfil vertical durante el invierno y que a continuación es seguido por un período de estratificación en primavera-verano. En el año 1979 la estratificación se inició a finales de febrero; a partir de entonces, la temperatura fue aumentando en las capas superficiales de modo bastante constante, más lentamente al principio (durante los meses de marzo, abril y mayo el incremento medio es de 1 °C cada 22 días) y acelerándose posteriormente (en junio, julio y agosto aumenta

TABLA II. Transparencia medida con el disco de Secchi. - *Secchi disk readings*.

Cubeta	18-2-79	18-3-79	30-4-79	20-5-79	1-7-79	5-8-79	1-11-79	15-1-79	27-1-80
A	6,7	4,6	-	4,3	4,7	2,7	4,3	5,2	6,6
B	6,3	-	3	3,9	5,3	2,7	3,6	5,7	7,0

1 °C cada 9 días) hasta que, a principios de agosto se llegó a la máxima temperatura (26,5 °C en superficie). Al año siguiente parece que esta misma tendencia se repitió un poco desplazada en el tiempo, puesto que la estratificación empezó más tarde, en marzo (ver fig. 2). Durante la estratificación la termoclina se halla entre los 5 y 10 m, con un gradiente térmico promedio de 2,4 °C/m. A mediados de agosto la temperatura empezó a disminuir, primeramente en las capas superficiales, hasta uniformizarse todo el perfil vertical a mediados de noviembre. Se inició entonces la época de mezcla con una temperatura de 9 °C que fue disminuyendo gradualmente a medida que avanzaba la estación. En enero toda la columna de agua se hallaba a 5 °C. En marzo empezó un nuevo ciclo al aumentar la insolación.

En principio se sospechó que el lago era meromítico (como mínimo en la cubeta de mayor profundidad) al igual que pasa en una cubeta en el lago de Banyoles (GUERRERO *et al.*, 1978) y en el lago de Montcortès (CAMPS *et al.*, 1976), pero por la distribución de la temperatura, del oxígeno y del sulfhídrico se descarta esta suposición.

Luz

Los valores del disco de Secchi nos indican que el período de máxima penetración de la luz fue en invierno, de noviembre a febrero, lo que coincide con las mínimas densidades del fitoplancton. Por el contrario, en los restantes meses, la profundidad de visión del disco de Secchi fue mucho menor, registrándose

el mínimo en agosto, momento de la máxima proliferación algal (ver tabla II).

Oxígeno y sulfhídrico

La distribución del oxígeno a lo largo del ciclo anual fue similar a la de la temperatura, con un período de estratificación en primavera-verano y uno de mezcla en otoño-invierno; todo el proceso ligeramente retardado respecto a la temperatura (fig. 2B).

Las concentraciones de oxígeno variaron entre valores de 0 a 9,4 ml/l. En la superficie, durante la primavera y el verano se encontraban valores de 6 y 7 ml, mientras que en el fondo había anoxia, la cual duró hasta octubre. En este momento se mezcló la columna de agua, oxigenándose el fondo. La anoxia del fondo iba acompañada de notables cantidades de sulfhídrico (99,5 mg/l a principios de septiembre en la cubeta A). En la parte superior de esta masa de agua rica en sulfhídrico se desarrollaban abundantes bacterias rojas fotosintéticas (*Chromatium* en concentraciones superiores a 50.000 células/ml).

Se ha calculado el tanto por ciento de saturación de oxígeno (MACKERETH, 1978) y se ha constatado que en ningún momento las aguas tienen sobresaturación (tabla III). Los valores máximos corresponden al mes de agosto (con el 78 %) pero por las altas temperaturas y el gran desarrollo del fitoplancton que

reina en estos momentos sería de esperar un valor muy superior al 100 % de saturación. El déficit de oxígeno podría atribuirse a una utilización del mismo para oxidar materia orgánica alóctona. Se desconoce el origen de dicha materia orgánica; se puede pensar en aportaciones por parte del laboreo agrícola o del pastoreo, o bien puede proceder de la descomposición de la vegetación helofítica que rodea al lago.

Alcalinidad y pH

Los valores de alcalinidad oscilaron entre 2 y 3,5 meq/l. Los mínimos se registraron en el epilimnion desde principios de primavera hasta finales de otoño, período que coincide con la máxima producción algal (concentraciones de fitoplancton de 2.000 a 20.000 células/ml). El valor máximo (3,45 meq/l) se dio en el fondo a finales de octubre. Las condiciones de anoxia que existen en el momento crean un potencial reductor bajo que favorece la redisolución de los carbonatos sedimentados y da lugar a un incremento de la alcalinidad (WETZEL, 1975) (fig. 2).

El pH no pudo ser medido en todas las salidas por lo que los datos son incompletos; sin embargo, se observa una gran constancia alrededor de 8-8,2. En octubre, momento en que se da la máxima alcalinidad, el pH desciende hasta 7,4 en el fondo (tabla IV).

TABLA III. — Valores del porcentaje de saturación de oxígeno (en %). - Oxygen saturation values (%).

	18-2-79	18-3-79	30-4-79	26-5-79	5-7-79	5-8-79	8-9-79	21-10-79	25-11-79	27-1-80	9-3-80	
A	0 m	54,1	47,5	59,8	-	55,9	78,1	46,9	30,0	27,8	65,2	70,6
	2 m	59,1	60,9	32,3	-	56,3	-	44,0	37,3	30,5	-	73,6
	5 m	54,0	52,9	67,9	-	54,2	77,6	60,1	44,7	29,6	64,1	73,6
	10 m	53,0	61,6	57,1	-	56,6	-	24,9	9,4	27,6	63,2	72,2
	15 m	44,4	36,8	51,8	-	0,3	-	0,0	0,0	22,5	58,4	55,6
	20 m	45,5	46,0	17,8	-	-	-	0,0	0,0	1,0	61,1	45,4
B	0 m	51,3	-	60,5	-	55,4	-	72,5	-	38,9	61,0	72,1
	5 m	51,3	-	62,3	-	52,3	-	49,8	43,8	37,9	62,7	75,6
	10 m	50,7	-	59,8	-	49,9	-	55,4	33,2	37,7	63,5	74,1
	15 m	49,8	-	58,8	-	33,0	-	0,0	0,0	41,7	59,1	68,3

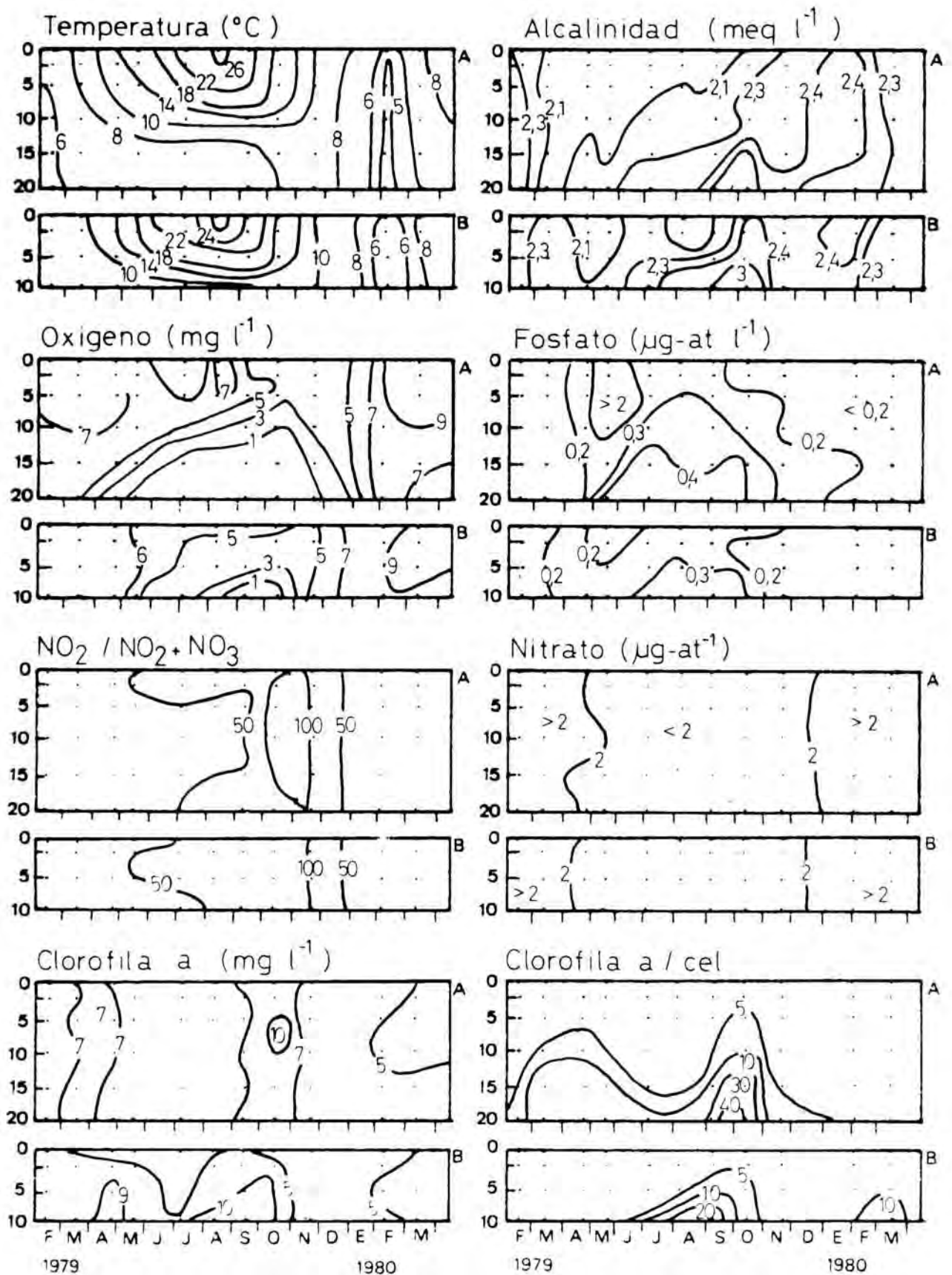


FIG. 2. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de las variables indicadas: temperatura, oxígeno, NO₂/NO₂+NO₃, clorofila a, alcalinidad, fósforo, nitrato, clorofila a/célula. A, B, se refiere a las cubetas del lago (fig. 1). - Distribution according to time and depth of; temperature, oxygen, NO₂/NO₂+NO₃, chlorophyll a, alkalinity, phosphate, nitrate, chlorophyll a/cel. A, B refers to the lake's basins (fig. 1).

TABLA IV. — Valores del pH. - *Ph values*.

	18-2-79	18-3-79	30-4-79	26-5-79	5-7-79	5-8-79	8-9-79	21-10-79	25-11-79	27-1-80	9-3-80
A											
0 m	8,1	8,2	-	8,2	8,8	-	8,7	8,1	-	8,2	8,2
2 m	8,1	8,2	-	8,3	8,2	-	8,5	8,1	-	8,3	8,1
5 m	8,1	8,2	-	8,2	7,2	-	7,8	8,1	-	8,1	8,2
10 m	8,1	8,1	-	8,2	7,3	-	7,9	7,4	-	8,2	8,3
15 m	8,2	7,5	-	8,0	6,9	-	7,7	7,6	-	8,2	8,0
20 m	8,3	8,0	-	7,9	-	-	7,7	7,6	-	8,2	7,9
B											
U m	8,2	-	-	8,3	7,5	-	8,7	8,0	-	8,2	8,2
2 m	8,2	-	-	8,3	7,5	-	8,5	8,1	-	8,2	8,3
5 m	8,4	-	-	8,3	7,3	-	8,5	8,7	-	8,2	8,4
10 m	8,2	-	-	8,3	7,3	-	8,3	8,0	-	8,2	8,2

Sustancias inorgánicas en disolución

Únicamente disponemos de algunas medidas esporádicas de la conductividad, pero son útiles para darnos una idea global del contenido iónico de las aguas. Se midió la conductividad en marzo, mayo y agosto, y los valores obtenidos coincidían alrededor de 3.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sulfatos

Hacia finales del estudio se analizaron los sulfatos, siendo los valores de este ion muy similares a los citados para el lago de Banyoles (tabla V). Estos dos lagos tienen entrada de agua subterránea y los materiales que forman su cuenca son del mismo tipo, por lo que la concentración de sulfatos es parecida.

Fosfatos

El fosfato se presentó en el lago en cantidades muy pequeñas, entre 0 y 1 $\mu\text{gr-at PO}_4/\text{l}$, aunque el valor más frecuente fue de 0,2 $\mu\text{gr-at}/\text{l}$. En invierno y principios de primavera coincidían unos valores prácticamente nulos de fosfatos con una densidad muy baja de fitoplancton. A partir de abril se dio un incremento de fosfato, aunque nunca se encuentran valores altos y se puede pensar que las algas acumulan fosfatos en su citoplasma, el cual va siendo repartido entre las células hijas, de modo que puede con-

tinuar la multiplicación del fitoplancton aunque las concentraciones de fosfato soluble sean muy bajas (MACKERETH, 1953). Los valores máximos se encontraron en el fondo y en el momento de mayor alcalinidad. Las condiciones de bajo potencial redox provocarían la redisolución de minerales que contienen fosfato y cationes (principalmente Ca) (fig. 2).

Nitratos

Las concentraciones de nitratos variaron entre la ausencia total y un máximo de 8,5 $\mu\text{gr-at NO}_3/\text{l}$. A partir de mayo empezaron a disminuir y se mantuvieron con valores muy bajos durante todo el verano, proceso que culminó en otoño, con la ausencia total en todo el perfil

TABLA V. Concentración de sulfato. Comparación entre el Lago Grande de Estanya (cubeta A) y al lago de Banyoles (PLANAS, 1975). Resultados mmol/l. - *Sulfate concentration. Comparison between the Lago Grande de Estanya and the lake of Banyoles (PLANAS, 1975). Concentration in mmol/l.*

	21-10-79	24-10-70	25-11-79	21-11-70	27-1-80	30-1-71
	Est.	Bany.	Est.	Bany.	Est.	Bany.
0 m	7.3	7.4	6.7	9.0	7.8	6.1
2 m	8.0	7.3	6.6	8.2	7.0	6.0
5 m	7.4	7.1	--	8.3	7.7	6.3
10 m	7.3	6.7	6.6	6.5	8.0	6.5
15 m	6.9	6.9	6.7	7.4	7.6	5.6
20 m	7.1	7.8	7.3	7.3	8.4	4.0

(fig. 2). Ello puede ser debido a un consumo por parte del fitoplancton, que tiene el máximo desarrollo durante el verano. Durante el período de escasez de nitrógeno aparece la cianofícea *Anabaena inaequalis* que puede fijar nitrógeno y desarrollarse en un medio empobrecido en este nutriente. De todos modos, no alcanza a formar una población muy densa (concentraciones de 30 a 300 células/ml).

Nitritos

Los nitritos tienen una distribución muy irregular a lo largo del ciclo. Sus valores oscilaron entre 0 y 0,98 $\mu\text{gr-at NO}_2/\text{l}$. Se calculó la proporción de NO_2 respecto la suma de NO_2 y NO_3 , con lo que se puso de manifiesto una dominancia de nitritos en verano y otoño (fig. 2). La preponderancia de nitritos indica una elevada actividad de descomposición de materia orgánica, puesto que de otro modo la fracción más abundante corresponde a la forma más oxidada. El elevado consumo de oxígeno comentado anteriormente concuerda con este hecho.

Clorofila

La variación de la clorofila *a* estuvo más ligada al tiempo que a la profundidad, puesto que mantuvo valores parecidos a lo largo del perfil vertical y cambió con el paso de las estaciones (fig. 2). En marzo y abril encontramos unos valores relativamente elevados, cuando el fitoplancton está dominado por diatomeas y crisofíceas. A continuación la cantidad de clorofila decreció y se mantuvo con valores muy bajos durante todo el verano, resultado sorprendente, ya que durante este período se da la máxima densidad planctónica. En otoño se dio un nuevo incremento, registrándose los valores más altos de todo el ciclo.

El contenido de clorofila *a* por célula aumenta gradualmente con la profundidad, lo que indica que en las capas inferiores hay una acumulación de pigmentos procedentes de células en trance de descomposición (fig. 2).

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DEL FITOPLANCTON

Se han registrado cerca de 90 taxones y probablemente la lista sería más larga si se hubiera precisado más en la identificación de las células muy pequeñas (diámetro inferior a 5 μm) pero por la dificultad que ello supone, se han agrupado bajo la denominación de «pequeños flagelados»; se trata principalmente de especies pertenecientes a los géneros *Ochromonas* y *Chromulina*. Todos los organismos identificados se relacionan en la tabla VI.

CICLO ANUAL DEL FITOPLANCTON

Tal como puede verse en la fig. 3, el lago Grande de Estanya tiene un máximo único de células fitoplanctónicas en el epilimnion de los meses de verano. Este máximo algal se caracteriza por el gran desarrollo de *Planctonema lauterbornii* en julio y agosto, con densidades superiores a 10.000 células/ml en el epilimnion. Otras especies de desarrollo estival son *Coelastrum microporum*, *Chodatella quadriseta*, *Oocystis*, *Chlorella vulgaris*, *Tetraedron minimum*, *Cryptomonas erosa*, *Anabaena inaequalis* y *Gomphosphaeria lacustris* (fig. 4).

El desarrollo de *Anabaena inaequalis* en los momentos de escasez de NO_3 se debería a su capacidad de fijar N atmosférico. *Gomphosphaeria lacustris* es una especie que prefiere luminosidad moderada y temperaturas altas (entre 7 y 18 °C; HUTCHINSON, 1967). En Estanya se encuentra en aguas más calientes (7-24 °C) y a 5 m de profundidad. Recordando que la profundidad de visión del disco de Secchi en agosto es de 2,7 metros, tendríamos a 3,5 m el 10 % de la radiación incidente y a 7,8 m el 1 %. Así pues, esta especie se sitúa en una zona de luminosidad moderada de acuerdo con el citado autor.

TABLA VI. Fitoplancton del Lago Grande de Estanya. - *Fitoplancton of the Lago Grande de Estanya.*

CIANOFICEAS

Chroococcus minutus (Kütz.) Naeg.
Gomphosphaeria lacustris Chodat var.
compacta Lemm.
Merismopedia punctata Meyen
Anabaena inaequalis (Kütz.) Born & Flah
Oscillatoria rubescens D.C. ex Gom.
Spirulina major Kütz.
Phormidium sp.

CRISOFICEAS

Chromulina sp.
Ochromonas sp.
Erkenia sp.
Dinobryon divergens Imhof.
Dinobryon sociale Ehr. var. *americanum*
 (Brunnth) Bachm
Uroglena volvox Ehr.
Mallomonas sp.

CRIFTOFICEAS

Rhodomonas minuta Skuja var.
nannoplanctica Skuja
Cryptomonas erosa Ehr. var. *reflexa*
 Marsson
Cryptomonas erosa f^a
Cryptomonas marsonii Skuja
Cryptomonas phaseolus Skuja

DINOFICEAS

Gymnodinium varians Maskell
Gymnodinium sp.
Peridinium borgei (Lemm.) Lemm.
Peridinium volsii Lemm.
Peridinium volsii Lemm. var. *cinetiforme*
 Lef.
Peridinium volsii Lemm. f^a *cyclicum*
 (Lindem) Lef.
Peridinium cinctum (Müller) Ehr.
Peridinium willei Huitf.-Kaas
Peridinium palatinum Laut.
Peridinium palatinum f^a
Peridinium inconspicuum Lemm.
Peridinium inconspicuum Lemm. tab.
contactum (Lindem) Lef.
Peridinium pygmaeum Lindem
Peridinium elpatiewski (Ostenf.) Lemm.
Peridinium penardiforme Lidem
Ceratium hirundinella (Müller) Schrank

DIATOMEAS

Cyclotella kützingiana Thwaites
Cyclotella comta (Ehr.) Kütz.
Cyclotella comensis Grun.
Navicula cryptocephala Kütz.
Navicula radiosa Kütz.
Navicula oblonga Kütz.
Navicula cf. *longirostris*

Achnanthes minutissima Kütz
Pinnularia microstauron (Ehr.) Cleve var.
brebissonii (Kütz) Hust.
Mastogloia grevillei W. Smith
Mastogloia braunii Grun.
Mastogloia smithii Thwaites var.
amphicephala Grun.
Amphora commutata Grun.
Amphora normanii Rabh.
Diploneis ovalis (Hilse) Cleve
Synedra ulna (Nitzsch.) Ehr.
Synedra ulna (Nitzsch.) Ehr. var. *danica*
Synedra capitata Ehr.
Nitzschia sigmoidea (Ehr.) Smith
Hantzschia virgata (Roper) Grun. var.
capitellata Hust.
Cocconeis placentula Ehr.
Denticula tenuis Kütz

CLOROFICEAS

Chlamydomonas sp.
Collodictyum sparsevacuolatum Skuja
Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgirg
Oocystis sp.
Chodatella quadriseta Lemm.
Chlorella vulgaris Beij.
Elakatotrix gelatinosa Wille
Scenedesmus ecornis (Ralfs) Chodat
Scenedesmus quadricauda (Turpin) Breb.
Scenedesmus spinosus Chodat
Coelastrum reticulatum (Dang.) Senn.
Coelastrum microporum Naeg.
Crucigenia tetrapedia (Kirch.) W. & G.S. West
Crucigenia apiculata (Lemm.) Kom.
Tetrachlorella alternans (G.M. Smith)
 Kors.
Pediastrum boryanum (Turp.) Ask. var.
boryanum (Turp.) Mor-Wod
Pediastrum duplex var. *duplex* Meyen
Planctonema lauterbornii Skuja

ZIGOFICEAS

Cosmarium granatum Breb.
Cosmarium laeve Rabh.
Cosmarium tinctum Ralfs.
Cosmarium bioculatum Breb.
Cosmarium humile (Gay) Nordst.
Closterium acutum (Lyng.) Breb.
Closterium diana Ehr.

EUGLENOFICEAS

Euglena acus Ehr.
Phacus brevicaudatus (Klebs) Lemm.
Phacus curvicauda Swirenko

CRASPEDOMONADACEAS

Monosiga ovata

BACTERIAS

Chromatium

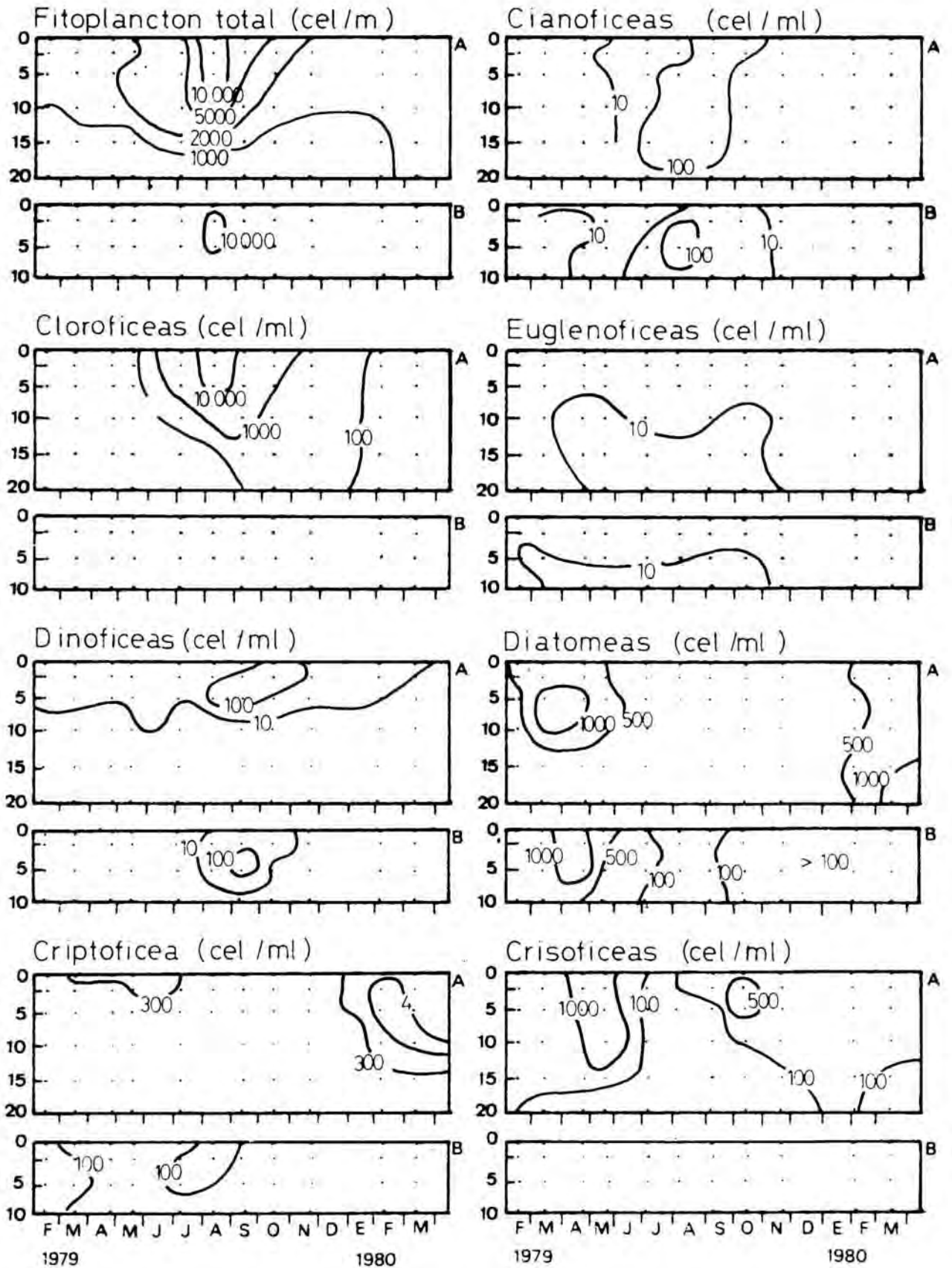


FIG. 3. Distribución en función del tiempo y de la profundidad del fitoplancton total y de los distintos grupos: clorofíceas, dinofíceas, criptofíceas, cianofíceas, euglenofíceas, diatomeas, crisofíceas. A, B, se refieren a las cubetas del lago (fig. 1). - Distribution according to time and depth of: total phytoplankton, chlorophyceae, dinophyceae, cryptophyceae, cyanophyceae, euglenophyceae, bacillariophyceae, crysophyceae. A, B refers to the lake's basins (fig. 1).

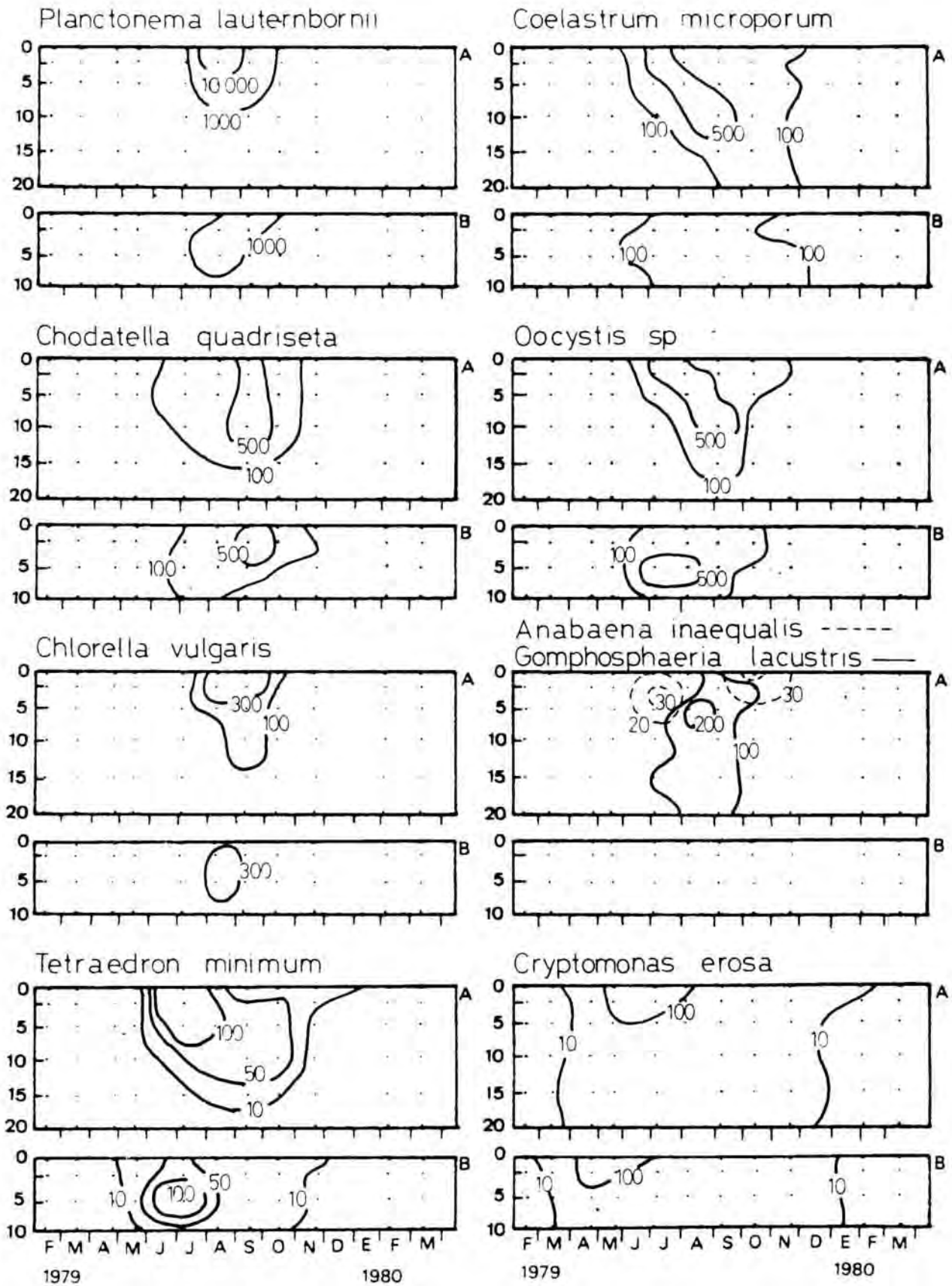


FIG. 4. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de: *Planctonema lauterbornii*, *Chodatella quadriseta*, *Chlorella vulgaris*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum microporum*, *Oocystis sp.*, *Anabaena inaequalis* (---) y *Gomphosphaeria lacustris* (—), *Cryptomonas erosa*. Densidad en células por mililitro. A y B se refieren a las cubetas del lago.

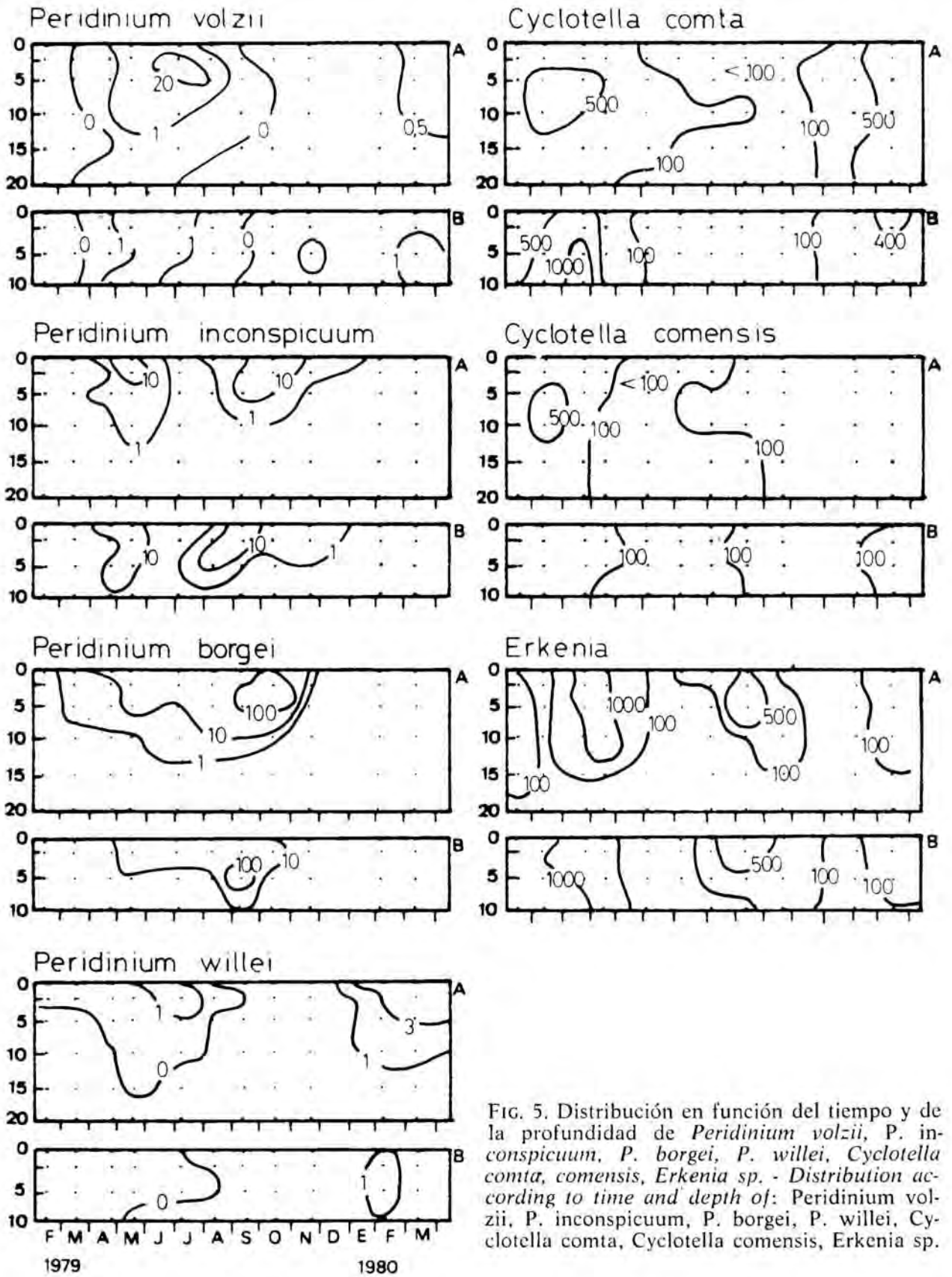


FIG. 5. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de *Peridinium volzii*, *P. inconspicuum*, *P. borgei*, *P. willei*, *Cyclotella comta*, *Cyclotella comensis*, *Erkenia* sp. - Distribution according to time and depth of: *Peridinium volzii*, *P. inconspicuum*, *P. borgei*, *P. willei*, *Cyclotella comta*, *Cyclotella comensis*, *Erkenia* sp.

Distribution according to time and depth of: *Planctonema lauterbornii*, *Chodatella quadriseta*, *Chlorella vulgaris*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum microporum*, *Oocystis* sp., *Anabaena inaequalis* (---), *Gomphosphaeria lacustris* (—), *Crypsomonas erosa*. Density in cels/ml. A and B refers to the lake's basins.

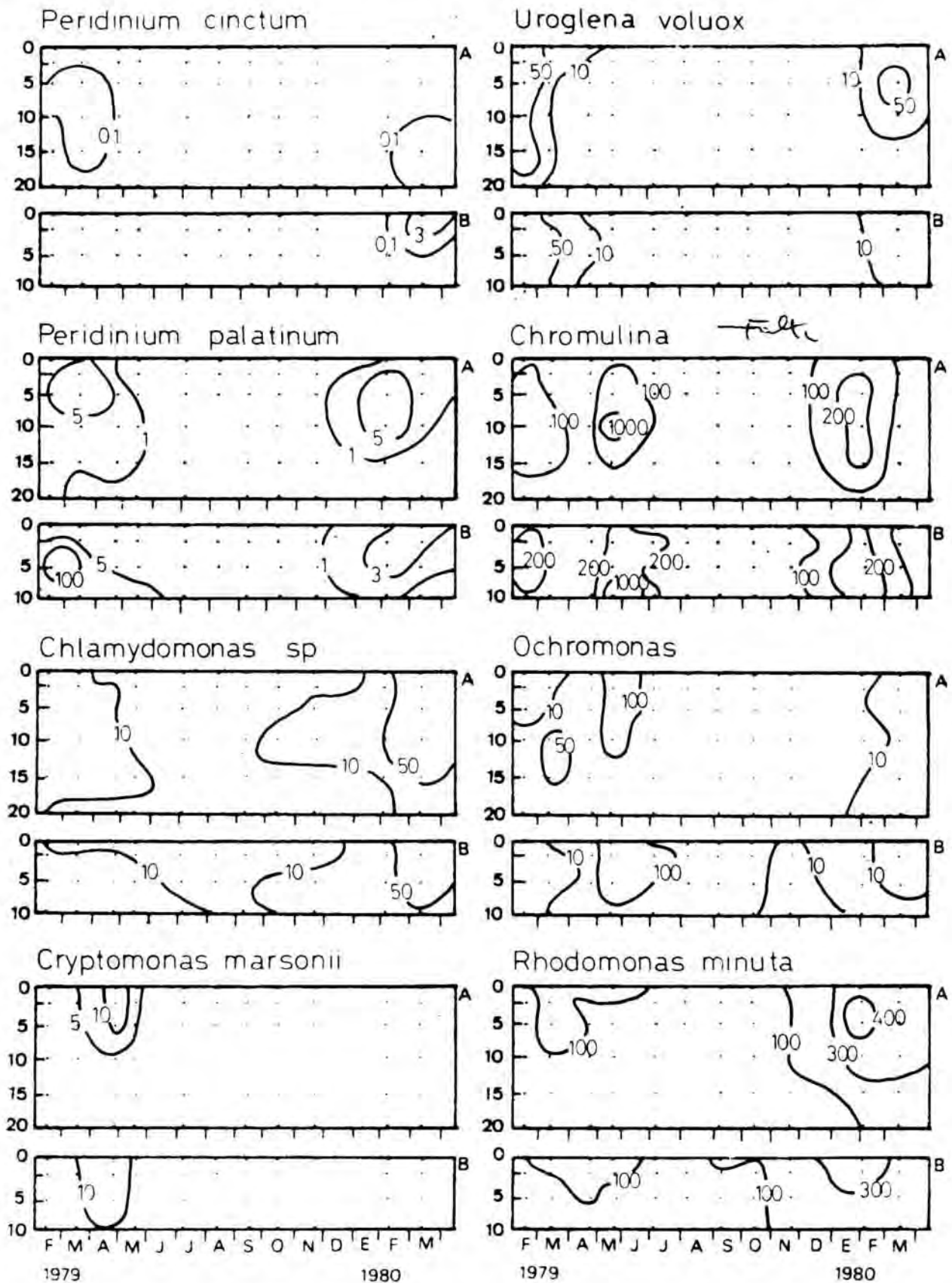


FIG. 6. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de: *Peridinium cinctum*, *Peridinium palatinum*, *Chlamydomonas* sp., *Cryptomonas marsonii*, *Uroglena voluox*, *Chromulina* sp., *Ochromonas* sp., *Rhodomonas minuta*. Densidad en células por mililitro. A y B se refieren a las cubetas del lago. - Distribution according to time and depth of: *Peridinium cinctum*, *P. palatinum*, *Chlamydomonas* sp., *Cryptomonas marsonii*, *Uroglena voluox*, *Chromulina* sp., *Ochromonas* sp., *Rhodomonas minuta*. Density in cells/ml. A and B refers to the lake's basins.

A finales de verano, las clorofíceas y demás especies acompañantes son sustituidas por dinofíceas, aunque *Peridinium volzii* ya se encuentre de modo importante en el mes de julio (fig. 5). La

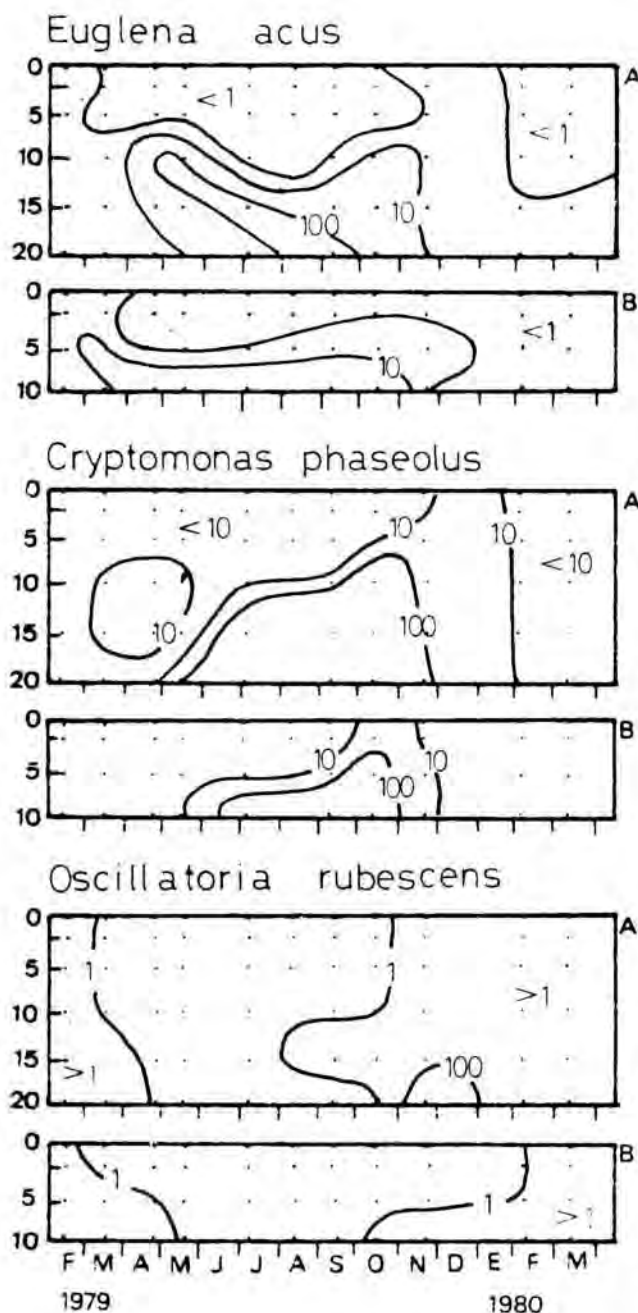


FIG. 7. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de: *Euglena acus*, *Cryptomonas phaseolus*, *Oscillatoria rubescens*. Densidad en células por mililitro. A y B se refieren a las cubetas del lago. Distribution according to time and depth of: *Euglena acus*, *Cryptomonas phaseolus*, *Oscillatoria rubescens*. Density in cels/ml. A and B refers to the lake's basins.

dinofícea dominante en el plancton de otoño es *Peridinium borgei*, acompañado de *P. inconspicuum* (fig. 5). Estos organismos tienen baja tasa de multiplicación, mayor duración de vida, mayor biomasa, motilidad y están en condiciones de ocupar un ambiente empobrecido en nutrientes después de la proliferación algal de verano y que mantiene aún la estratificación (MARGALEF, 1978). *Peridinium inconspicuum* aparece también en primavera. En el lago de Banyoles esta especie acompaña la proliferación algal de primavera y no es muy abundante en otoño (PLANAS, 1973).

La mezcla de toda la columna de agua a mediados de noviembre determina unas nuevas condiciones ambientales. En estos momentos se desarrollan abundantemente las diatomeas (*Cyclotella comta* y *Cyclotella comensis*) que persisten durante todo el invierno y la primavera, y desaparecen en verano, al comenzar la estratificación. En otoño aparece también abundantemente una pequeña crisofícea: *Erkenia* sp., que contrariamente a las diatomeas, desaparece en invierno para volver a surgir en primavera (fig. 5).

Las especies que predominan en invierno, además de las diatomeas citadas, son: *Peridinium cinctum*, *Peridinium palatinum*, *Chlamydomonas* sp., *Cryptomonas marsonii*, *Uroglena volvox* y *Chromulina* sp. Su distribución en función del tiempo y la profundidad puede verse en la figura 6. Otras especies, como *Rhodomonas minuta*, *Peridinium willei* y *Ochromonas* surgen en invierno, pero tienen poblaciones importantes en primavera (fig. 6; fig. 5).

Euglena acus, *Cryptomonas phaseolus* y *Oscillatoria rubescens* son especies que predominan en el hipolimnion (fig. 7). *E. acus* aparece a 5 m en primavera y a medida que avanza el verano se encuentra a mayor profundidad. En el lago de Banyoles aparece asimismo en el hipolimnion de verano (PLANAS, 1973). *Cryptomonas phaseolus* perdura durante todo el verano en el hipolimnion y en otoño aparece en todo el perfil vertical.

Oscillatoria rubescens tiene gran abundancia en el fondo en noviembre y diciembre. Esta especie no aparece citada en Banyoles, pero sí en Montcortès, donde es muy abundante (CAMPS *et al.*, 1976).

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DEL ZOOPLANCTON

El zooplancton del lago Grande de Estanya es relativamente pobre en especies (tabla VII), al igual que los ya estudiados de Banyoles (MIRACLE, 1976) y cortès (CAMPS *et al.*, 1976).

Copépodos

Aparecen sólo tres especies de ciclópodos de Banyoles (MIRACLE, 1976) y Montlago de Banyoles, la ausencia de diatómidos. *Cyclops abyssorum divergens* es el mayor y menos abundante, con un máximo en verano (fig. 8); aunque posiblemente se encuentre sobrestimado debido a su gran movilidad, ya que en las muestras de red aparecen hembras ovígeras durante casi todo el periodo estudiado. Para su correcta determinación se han seguido las indicaciones de Dussart, el cual observó ejemplares del lago Grande de Estanya, señalando que sus características eran cercanas a las del grupo *divulsus* Einsle, o a las de la subespecie *divergens* Lindberg, cuyas diferencias son mínimas.

Tropocyclops prasinus habita en aguas templadas (hasta 15 °C), siendo una de las especies más abundantes en los embalses españoles debido a su gran capacidad de colonización (ARMENGOL, 1978); RIERA, 1981). En Estanya aparece principalmente en invierno (fig. 8), ya que en verano es sustituido por *Thermocyclops dybowskii*, más propio de aguas cálidas (de 15 °C a 25 °C), que perdura hasta septiembre (fig. 8). Este último tiene preferencias ambientales y alimenticias próximas a *Tropocyclops* (ARMENGOL, 1978), pero su presencia se favorece por encima de los 15 °C. A pesar de que

TABLA VII. Composición del zooplancton del Lago Grande de Estanya. *Especies accidentales. - *Zooplankton composition of Lago Grande de Estanya*. *Occasional occurrence.

COPEPODOS

Cyclops abyssorum divergens (Lindberg)
Tropocyclops prasinus (Fischer)
Thermocyclops dybowskii (Landé)
**Macrocyclus distinctus* (Richard)

CLADOCEROS

Daphnia longispina (Müller)
Ceriodaphnia reticulata (Jurine)
Diaphanosoma brachyurum (Lievin)
**Alona* sp.
**Bosmina longirostris* (Müller)
**Chydorus sphaericus* (Müller)

ROTIFEROS

Keratella quadrata (Müller)
Anuraeopsis fissa (Gossa)
Filinia terminalis (Plate)
Polyarthra dolichoptera (Idelson)
Hexarthra mira (Hudson)
Asplanchna girodi (De Guerne)
Ascomorpha saltans (Bartsch)
Notholca acuminata (Ehrb)
Keratella cochlearis (Gosse)
**Ascomorpha ecaudis* (Perty)
**Brachionus* sp.
**Cephalodella* sp.
**Colurella uncinata* (Müller)
**Collotheca* sp.
**Conochilus* sp. pl.
**Lecane* sp. pl.
**Lepadella* cf. *ovalis*
**Macrochaetos longipes* (Myers)
**Kellicotia longispina* (Kellicott)
**Synchaeta* sp.
**Trichocerca* cf. *pusilla*

se le cita especialmente como especie litoral, entre la vegetación sumergida, según MARGALEF (1953) también puede vivir en el plancton, como aquí se comprueba.

Aparecen muy pocos machos de las tres especies. En la figura 9 se da la distribución a lo largo del año de las formas juveniles de los tres ciclópodos en conjunto, debido a la gran dificultad de discriminación.

Cladóceros

Daphnia longispina tiene preferencia por aguas ligeramente eutróficas, lo que

nos puede dar una idea del estado actual del lago. Esta especie aparece a lo largo de todo el año (fig. 8) y coexiste en primavera con *Ceriodaphnia reticulata* (fig. 8), que en verano es desplazada por *Diaphanosoma brachyurum* (fig. 8), especie característicamente termófila, eurioica y estival. Los machos de estas dos últimas especies son escasos, especialmente en *Ceriodaphnia*, y aparecen al final de las respectivas fases de mayor abundancia. La presencia conjunta de *Daphnia longispina* y *Diaphanosoma brachyurum* ha sido citada a menudo (MARGALEF, 1953; ELGMORK, 1964) y es posible gracias a la segregación de sus hábitos alimenticios (MARGALEF, 1948).

El máximo de *Daphnia longispina* se da en invierno entre 5 y 10 m y también a finales de primavera y principios de verano, especialmente en la cubeta B. En el lago de Banyoles esta especie es mucho menos importante. Las épocas de máxima actividad reproductora (n.º de huevos/hembra) son marzo-abril y noviembre, precediendo las fases de aumento de población. Se estudió el porcentaje de machos y hembras con huevos respecto al número total de individuos (fig. 9) para establecer las clases de edad y la dinámica de la población utilizando las longitudes de cabeza y cuerpo, pero el resultado fue algo confuso a pesar de poder intuirse los diferentes grupos. Esta especie presenta una ciclomorfosis poco acentuada en nuestro lago.

Rotíferos

Anuraeopsis fissa es el más abundante, aunque sólo aparece de abril a noviembre (fig. 10); tiene un máximo muy importante en octubre en la cubeta B (293 individuos/litro) y otro en mayo. Según PEJLER (1961) es especie típica de litoral y de aguas profundas pobres en oxígeno, lo que no se observa en Estanya.

Keratella quadrata se encuentra durante todo el año, pero es muy escasa en verano, cuando domina *Anuraeopsis*, mien-

tras que en invierno es, con mucho, la especie dominante (fig. 10). La relación longitud loriga-longitud espinas posteriores parece indicar que se presentan dos formas diferentes que se sustituyen en el espacio y en el tiempo. La forma de espinas largas (*K. quadrata quadrata*) aparece en abril y desplaza a la de espinas cortas (*K. quadrata reticulata*) del epilimnion por lo que ésta queda relegada al hipolimnion durante el verano. El resto del año domina la forma *reticulata*. Se han observado huevos de resistencia en primavera.

La forma encontrada de *Polyarthra* tenía 8 núcleos en el vitelario, por lo que se incluyó en el grupo *vulgaris-dolichoptera*, pero la distribución de los individuos (fig. 10) hace pensar que quizás aparezcan al menos dos formas o especies diferentes, pues es conocido el polimorfismo de este género. Ello es más evidente en primavera, cuando los individuos del hipolimnion quedan aislados de los del epilimnion; incluso podría aventurarse que la forma que aparece es diferente de las anteriores. Los ejemplares observados, al igual que los del lago de Banyoles, no presentaban pigmentación (MIRACLE, 1976).

Keratella cochlearis domina ampliamente en un lago adyacente (200 individuos/litro, en una muestra tomada en mayo), pero sólo se presenta accidentalmente en el que aquí nos ocupa; sólo se ha detectado en primavera y seguramente se trata de individuos procedentes del lago citado, el cual está conectado por un pequeño canal al lago Grande de Estanya. El resto de los rotíferos queda bien representado en las respectivas figuras.

Una visión global del conjunto del zooplancton no indica diferencias importantes respecto al número de individuos de cada especie en las dos cubetas; pero sí en cuanto a la dinámica, pues, en algunos casos, la cubeta B se adelantaba en el tiempo respecto a la A. Este hecho también se observaba en las características físicoquímicas y la dinámica del fitoplancton.

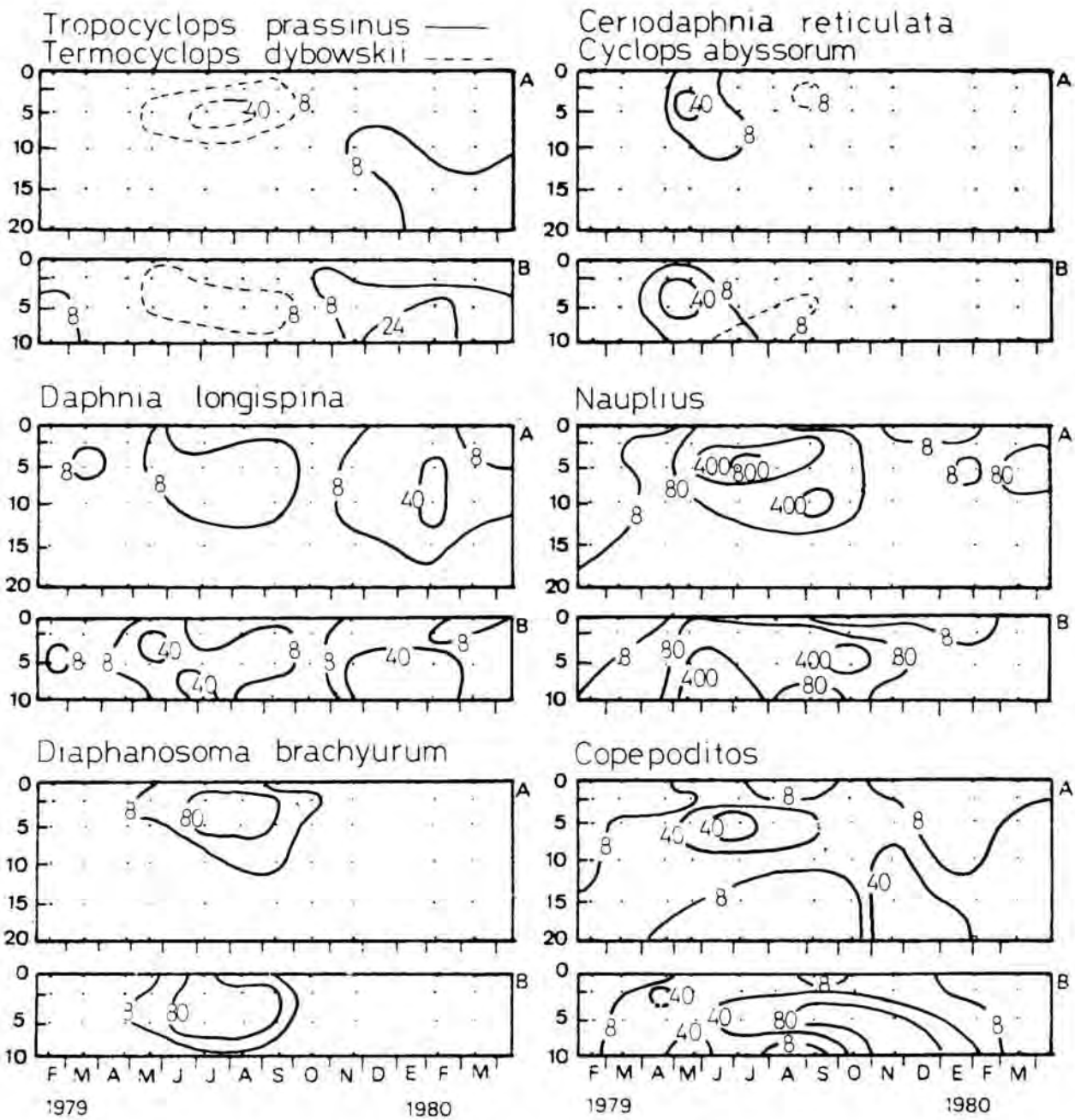


FIG. 8. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de: —, *Tropocyclops prassinus*; ---, *Termocyclops dybowskii*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, —, *Ceriodaphnia reticulata* ---, *Cyclops abyssorum*, Nauplios, Copepoditos. Densidad en individuos por litro. A y B se refieren a las cubetas del lago (fig. 1). - Distribution according to time and depth of: —, *Tropocyclops prassinus*; ---, *Termocyclops dybowskii*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, —, *Ceriodaphnia reticulata* ---, *Cyclops abyssorum*, *Nauplius stage*, *Copepodid stage*. Density in ind/l. A and B refers to the lake's basins.

CONCLUSIONES

El agua del Lago Grande de Estanya es rica en material en disolución (conductividad alrededor de 3.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en marzo, mayo y agosto) con una concentración de sulfato similar a la del lago

de Banyoles. Las concentraciones de nutrientes (NO_3 , NO_2 y PO_4) son muy bajas, aunque el lago mantiene densidades fitoplanctónicas elevadas. Ello hace pensar en la existencia de un rápido «turnover» de los elementos nutritivos.

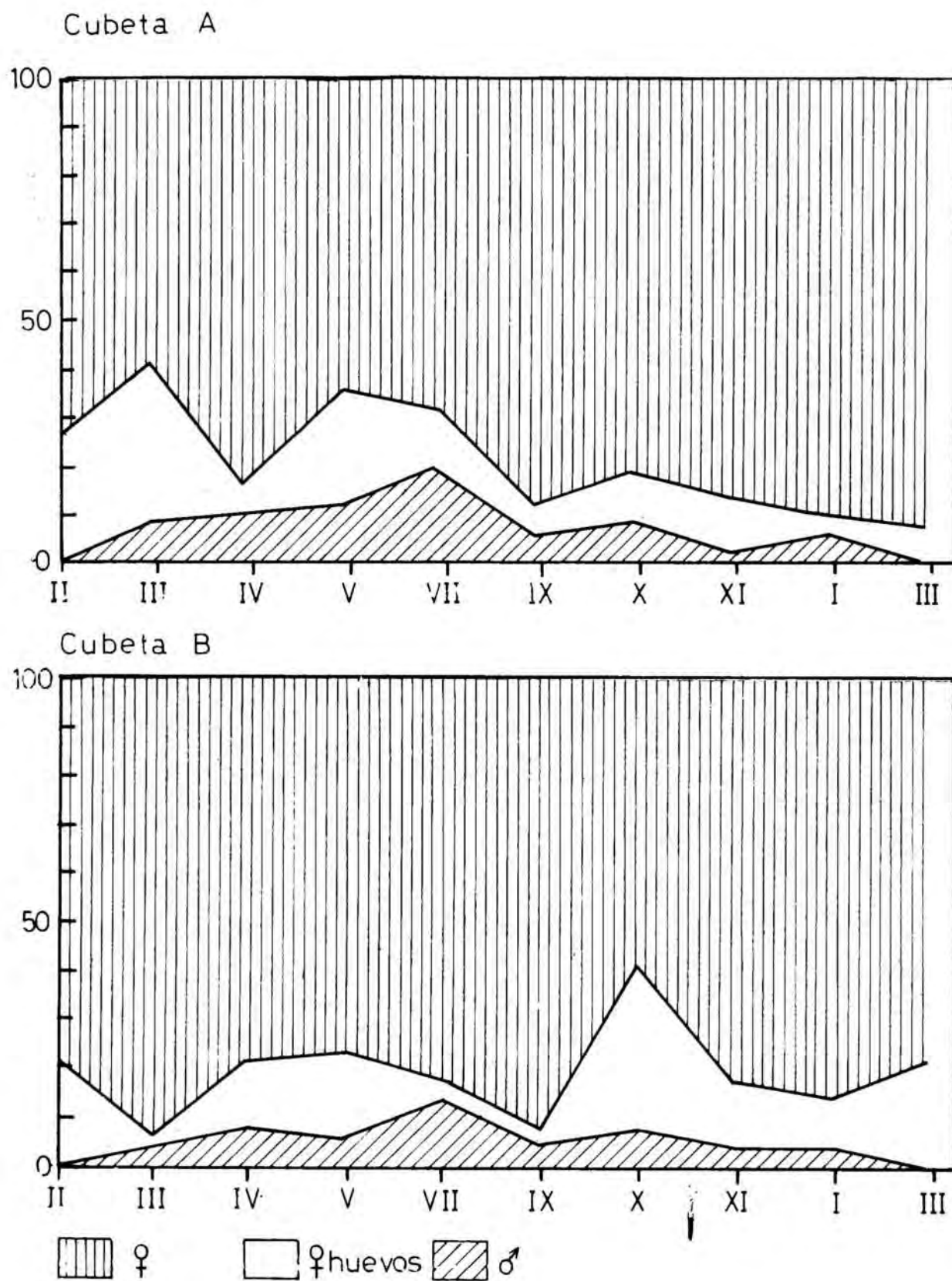


FIG. 9. Porcentaje de machos y hembras con huevos de *Daphnia longispina*, con respecto al número total de individuos. - Male and female percentage of *Daphnia longispina* related to total number of individuals.

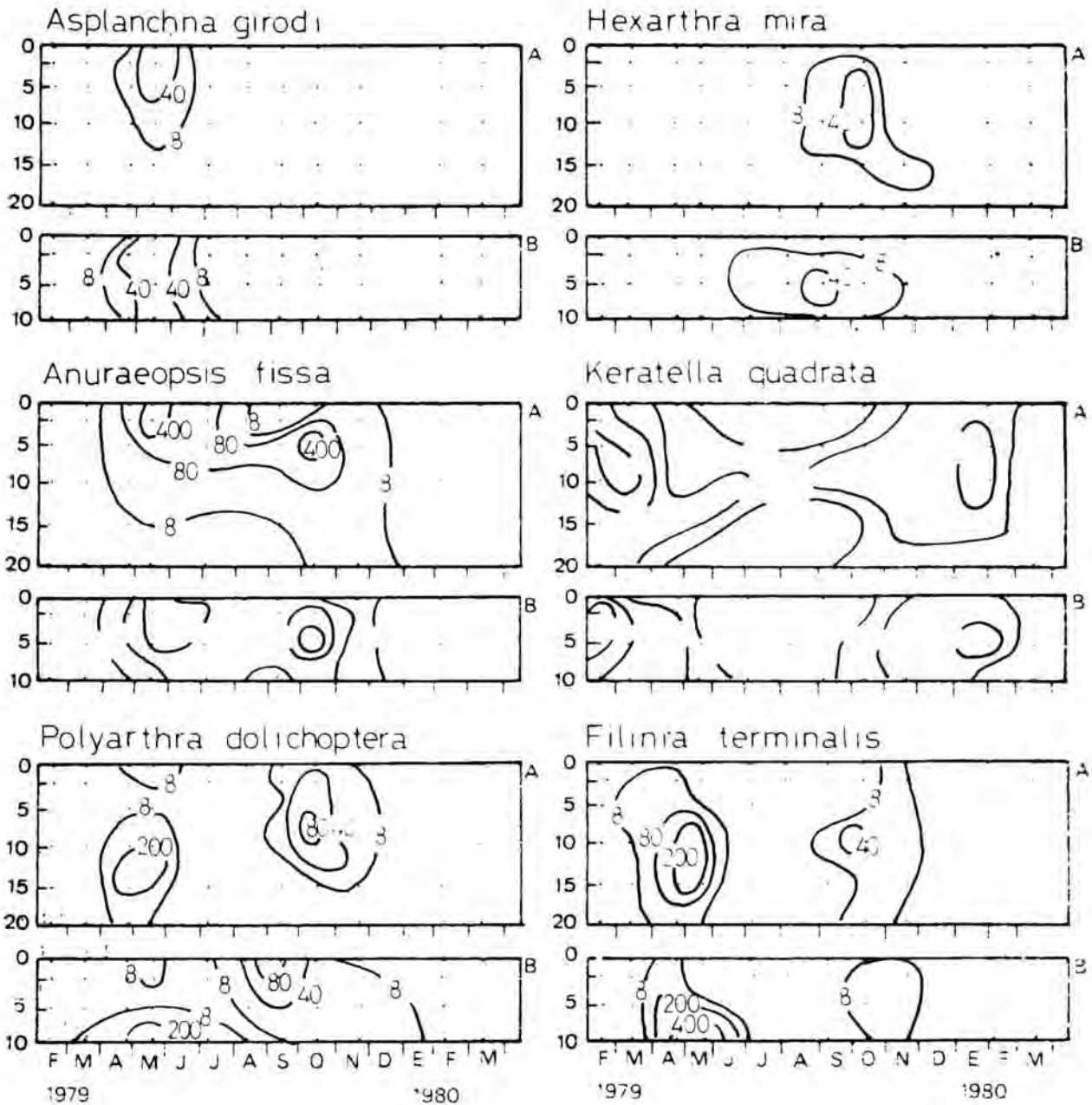


FIG. 10. Distribución en función del tiempo y de la profundidad de *Asplanchna girodi*, *Anuraeopsis fissa*, *Polyarthra dolichoptera*, *Hexarthra mira*, *Keratella quadrata*, *Filinia terminalis*. Densidad en individuos por litro. A y B se refieren a las cubetas del lago. - Distribution according to time and depth of: *Asplanchna girodi*, *Anuraeopsis fissa*, *Polyarthra dolichoptera*, *Hexarthra mira*, *Keratella quadrata*, *Filinia terminalis*. Density in ind./l. A and B to the refers to the lake's basins.

El lago es monomíctico, con un período de estratificación que va de mayo a octubre, y uno de mezcla que va de noviembre a abril. La termoclina se sitúa entre 5-10 m de profundidad y durante la época de estratificación hay anoxia en el fondo. Con la mezcla de toda la columna de agua en noviembre desaparece la anoxia, con lo que se pone de manifiesto una diferencia importante respecto

a los lagos de Banyoles y de Montcorès: la no existencia de meromixis.

Para discernir los factores asociados a la variación de los organismos planctónicos con respecto al medio se realizó un análisis de componentes principales con 27 especies del fitoplancton y 8 especies del zooplancton. En la figura 11 se muestra la distribución de las especies respecto a los dos primeros ejes, que explican

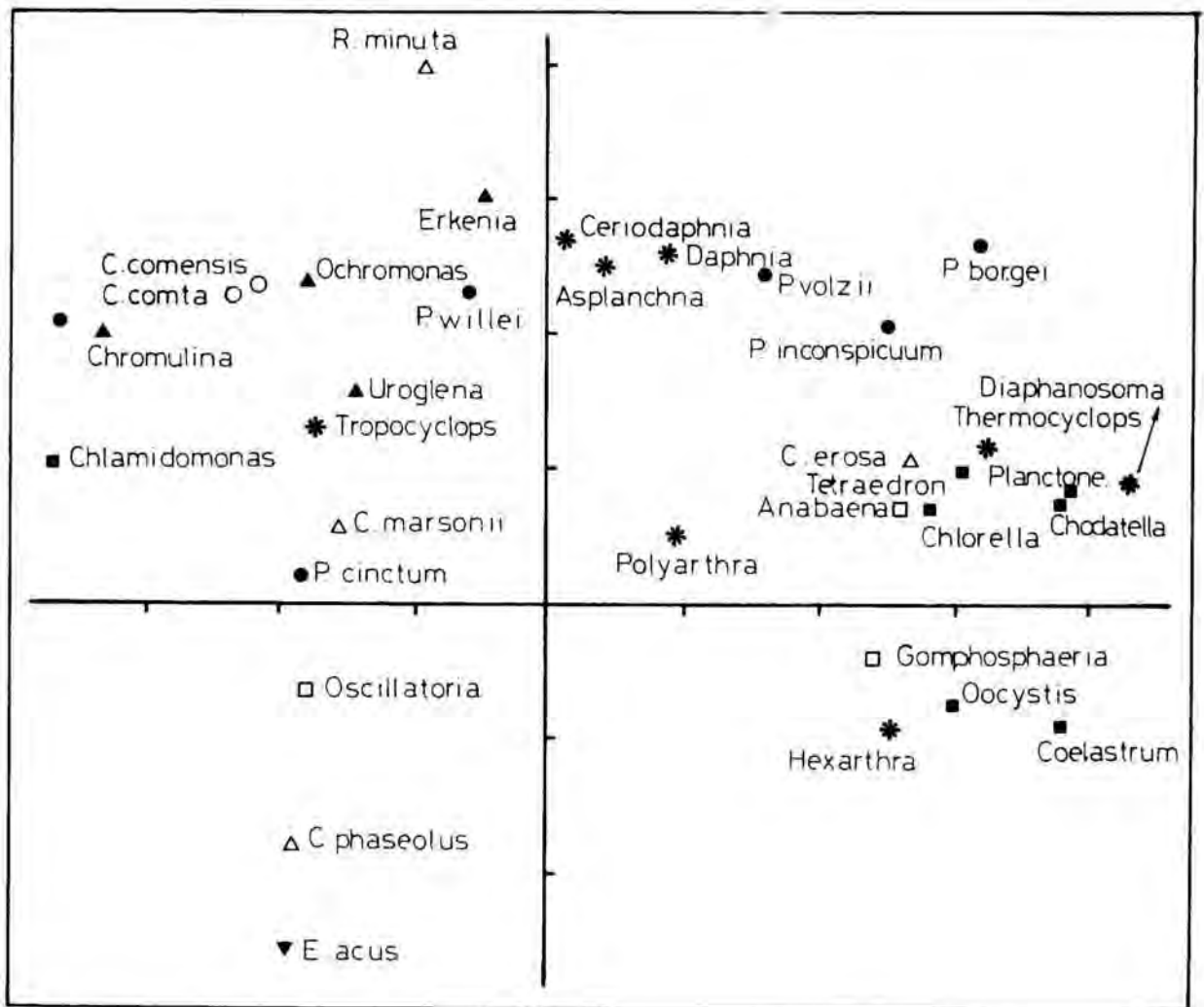


FIG. 11. Análisis de componentes principales. Distribución de 27 especies de fitoplancton y 8 especies de zooplancton en el plano formado por los dos primeros componentes. - *Principal component analysis. Species distribution on the plane formed by the first and second components.*

conjuntamente una variancia del 38,7 %. A la derecha del gráfico quedan las especies de verano: *Planctonema lauterbornii*, *Chodatella quadriseta*, *Chlorella vulgaris*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum microporum*, *Oocystis*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Anabaena inaequalis* y *Cryptomonas erosa* y para el zooplancton *Thermocyclops dybowskii* y *Diaphanosoma brachyurum*. En el cuadrante superior izquierdo se sitúan las especies de invierno: *Peridinium cinctum*, *P. palatinum*, *Chlamydomonas*, *Cryptomonas marsonii*,

Uroglena volvox, *Chromulina* sp., *Cyclotella comta* y *C. comensis*, y para el zooplancton se encuentra *Tropocyclops prasinus*. Las especies de primavera (*Ochromonas*, *Peridinium willeri*, *Erkenia* sp. y *Rhodomonas minuta*) y las de otoño (*Peridinium volzii*, *P. borgei* y *P. inconspicuum*) se sitúan entre los grupos antagónicos de especies de invierno y de verano. Las especies de zooplancton de primavera quedan un poco hacia la derecha del grupo de especies del fitoplancton. En el cuadrante inferior izquierdo se encuen-

tra las especies con desarrollo en el hipolimnion: *Oscillatoria rubescens*, *Cryptomonas phaseolus* y *Euglena acus* (fig. 7).

Así pues, el segundo eje discrimina muy bien entre las especies de la superficie y las del hipolimnion, mientras que el primer eje iría asociado a toda una serie de factores estacionales, como pueden ser temperatura, estratificación, y disponibilidad de nutrientes. Como en la mayoría de lagos monomícticos, la estacionalidad y la profundidad parecen ser los factores que regulan la presencia de las diferentes especies del plancton.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda prestada por todos los miembros del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona, especialmente las sugerencias del doctor Margalef y la colaboración de J. Armengol. Asimismo estamos en deuda con la familia Burrell de Purroy (Huesca) por las facilidades ofrecidas en las salidas de campo. A Anna M.^a Domingo nuestro agradecimiento por su labor de ilustración del trabajo.

SUMMARY

LIMNOLOGY OF THE «LAGO GRANDE DE ESTANYA» (HUESCA, NW SPAIN). Phytoplankton, zooplankton and chemistry of the Lago Grande de Estanya were studied between February, 1979, and March, 1980. The Lago Grande de Estanya is the main water body of a group of three lakes of karstic origin lying on Keuper marl and Eocene limestone.

The Lago Grande de Estanya (42° 02' N, 0° 32' E) is located about 13 km south of Benabarre, at 670 m a.s.l., and receives an average yearly rainfall of 480 mm.

The lake surface is 19 ha, with an average depth of 4.6 m, maximum length of 850 m and maximum width of 340 m (table I). It has two basins, A and B, separated by a central constriction and with maximum depths of 20 and 12 m, respectively. One sampling station was established at the center of each basin. The lake is almost certainly fed by underground.

Besides temperature and Secchi disk readings, the following chemical analyses were carried out: oxygen, alkalinity, nitrate, nitrite, phosphate, sulphide and chlorophyll, and occasionally, pH and sulphate.

Water samples were sedimented by the Utermohl method for the study of phytoplankton and zooplankton. Biometric and demographic information for selected zooplankton species was obtained from net samples.

Samples were taken on 11 occasions throughout the 14-month study.

The lake is monomictic, with thermal stratification extending from March to September (fig. 2). Surface temperature ranged from 6°C in February to 26.5°C in August,

Judging from Secchi disk readings (table II), light penetration was at a maximum (6.8 m) between November and February, and at a minimum in August (2.7 m) during a period of maximum phytoplankton abundance.

Anaerobic conditions prevailed below the thermocline from June to October (fig. 2).

Alkalinity ranged from 2 to 5.5 meq/l, with maximum values near the bottom in late October due to redissolution of carbonate sediments under anaerobiosis (fig. 2).

Phosphate was very low (0 to 1 µg-at/l) in all samples (fig. 2). Nitrate ranged from 0 to 8.5 µ-at/l, with low values in summer (fig. 2).

Vertical profiles of chlorophyll-*a* were quite homogeneous, but chlorophyll concentration was higher in spring and autumn than in summer (fig. 2).

Phytoplankton abundance reached a maximum in the epilimnion in summer, with dominance of *Planctonema lauterbornii* and other Chlorococcales (fig. 3). A total of 90 phytoplankton taxa were identified.

An annual succession of the phytoplankton groups was observed: Chlorophyceae dominated in the epilimnion in summer followed by dominance by dinoflagellates at the end of the season. Diatoms appeared with the onset of vertical mixing and remained abundant all through the winter. Chrysophyceae showed sporadic blooms in spring and autumn. Cryptophyceae developed mainly in winter and spring (fig. 3).

Zooplankton is relatively species-poor. Cyclopidae include *Cyclops abyssorum divergens*, *Tropocyclops prasinus* and *Thermocyclops dybowskii* (fig. 9a, d); Cladocera: *Daphnia*

longispina, *Ceriodaphnia reticulata*, and *Daphanosoma brachyurum* (fig. 9); Rotifera: *Anuraeopsis fissa*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, and *Polyarthra dolichoptera* (fig. 11).

Principal component analysis was performed with 27 phytoplankton species and 8 zoo-

plankton species. Fig. 18 shows the scatter diagram for the two first components. Summer species lie at the right side. Winter species appear in the upper left quadrant and hypolimnetic species in the lower half of the diagram.

BIBLIOGRAFIA

- ARMENGOL, J., 1978. Los crustáceos de los embalses españoles. *Oecologia aquatica*, 3: 3-96.
- BURREL, J. L., 1978. Fitoplancton de red de los lagos de Estanya. Trabajo de limnología. Dto. Ecología. Universidad Barcelona. Inédito. 29 págs.
- CAMPS, J., GONZALVO, I., GÜELL, J., LÓPEZ, P., TEJERO, A., TOLDRÁ, X., VALLESPINOS, F., VICENS, M., 1976. El lago de Montcortés. Descripción de un ciclo anual. *Oecologia aquatica*, 2: 99-110.
- ELGMORK, K., 1964. Dynamics of zooplankton communities in some small inundated ponds. *Folia limnol. scand.* 12: 1-83.
- ESTRADA, M., FLOS, J., LAVALL, A., MIRACLE, M. R., PLANAS, M. D., RIERA, T., ROS, J. D., VALLESPINOS, F., 1975. *Prácticas de Ecología*. Dto. Ecología. Universidad de Barcelona.
- GOLTERMAN, H. L., 1969. *Methods for chemical analysis of fresh water*. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 172 págs.
- GUERRERO, R., ABELLÀ, C., y MIRACLE, M. R., 1978. Spatial and temporal distribution of bacteria in a meromitic karstic lake basin: relationships with physicochemical parameters and zooplankton. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 2264-2271.
- HUTCHINSON, G. E., 1957. *A treatise on limnology*. Vol. I. Wiley & Sons Inc., New York.
- , 1967. *A treatise on limnology*. Vol. II. Wiley & Sons Inc. New York. 1115 págs.
- MACKERETH, F., 1953. Phosphorous utilization by *Asterionella formosa* Hass. *J. Exp. Bot.*, 4: 296-313.
- , 1978. *Water analysis*. Freshwater Biological Association. Windermere. 120 págs.
- MARGALEF, R., 1948. Observaciones sobre el régimen alimenticio de los animales de agua dulce. *R. Esp. Fisiol.* 4.
- , 1953. Crustáceos de las aguas continentales ibéricas. *Biología de las aguas continentales*. Vol. X.
- , 1974. *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona.
- , 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica acta*. Vol. I, n.º 4: 493-509.
- MARGALEF, R., PLANAS, M. D., ARMENGOL, J., VIDAL, A., PRAT, N., GUISET, A., TOJA, J., y ESTRADA, M., 1976. *Limnología de los embalses españoles*. Ed. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. 454 págs.
- MIRACLE, M. R., 1976. Distribución en el espacio y el tiempo del zooplancton del lago de Banyoles. *Monografías ICONA*, 5.
- , 1979. Els llacs càrstics. *La limnologia*. Quaderns d'ecologia aplicada. 13 págs.
- PEJLER, B., 1961. The zooplankton of Ösbysjön. I. *Oikos* 12 (2): 225-248.
- PLANAS, M. D., 1973. Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Banyoles. *Oecologia aquatica*, 1: 3-106.
- RIBA ARDERIU, O., 1979. El relleu dels Països Catalans. In: *Geografia física dels Països Catalans*. Ketres Ed. Barcelona.
- RIERA, T., 1981. *Variabilitat morfològica de Tropocyclops i Temora*. Tesis doctoral Dto. Ecología. Universidad Barcelona.
- WETZEL, R. G., 1975. *Limnology*. W. B. Saunders Co. Philadelphia, London, Toronto. 743 págs.