

Fitoplancton de la laguna del Vilà (Gerona, España)

MARÍA OFELIA GARCÍA DE EMILIANI

Instituto Nacional de Limnología, Santo Tomé, Santa Fe, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Gerona, junto a la ciudad de Bañolas (Banyoles), se encuentra una serie de masas de agua en lo que fue la cuenca de un gran lago del cuaternario inferior. Estos estanques, entre los cuales se destaca por su mayor volumen el de Bañolas, constituyen los embudos de salida de un sistema cárstico.

El «estanyol del Vilà», objeto del presente estudio, está situado al SW del lago Bañolas, a $42^{\circ} 7'$ lat. N y $2^{\circ} 45'$ long. E, y su superficie se encuentra a 175 m sobre el nivel del mar (MARGALEF, 1946).

Como antecedentes de trabajos realizados en el Vilà, sólo encontramos la investigación de MARGALEF (1946) en la que se indican algunas características ecológicas; actualmente, se realizan ensayos de repoblación piscícola.

El objetivo de la presente investigación fue contribuir al conocimiento de la ecología de las aguas eutróficas mediante el estudio periódico de la composición cuali y cuantitativa del fitoplancton, su actividad fotosintética y de los parámetros físicos y químicos que la condicionan.

El presente trabajo fue realizado gracias al convenio suscrito entre el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España), en los laboratorios de la Cátedra de Ecología (Facultad de Ciencias, Universidad de Barcelona) bajo la dirección del Prof. Dr. Ramón Margalef.

El autor desea expresar su agradecimiento al Dr. Margalef por el asesoramiento y colaboración prestada, como así también a los

estudiantes Salvador Sarquella, Juan Armengol y Narciso Prat y a las Lic. Dolores Planas, Julia Toja y María Rosa Miracle.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en la cubeta N de la laguna del Vilà (fig. 1), desde octubre de 1970 hasta agosto de 1971 y con periodicidad aproximadamente quincenal. Las muestras fueron extraídas a varias profundidades (0, 1, 2, 5 y 7 m) mediante un muestreador

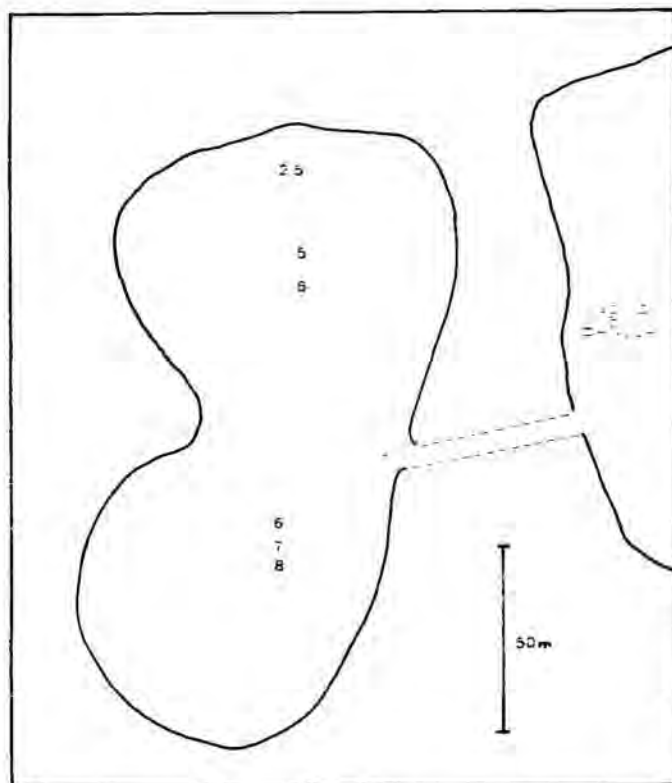


FIG. 1. — Mapa batimétrico. Las isobatas indican la profundidad en metros. La escala señala la dirección N-S. — A bathymetric map of the Vilà pond, depths in meters. The scale shows the direction N-S.

de tipo Van Dorn. Ocasionalmente, y por razones expuestas más adelante, se efectuaron muestreos a 3, 4 y 6 m: esta última profundidad reemplazó a la de 7 m en los muestreos practicados desde el 19-V al 18-VI-71, pues la profundidad era, según los sondeos realizados durante ese período, de 6,5 m. Creemos conveniente aclarar que, al iniciar los muestreos, la profundidad máxima detectada en la cubeta N era de 10 m, pero a partir de noviembre de 1970, la muestra de agua más profunda que se pudo obtener fue de 7 m. En cambio, a partir del 5-VII-71 pudimos conseguir muestras a mayores profundidades, siendo de 8 m la observada al final del período estudiado. En las figuras, los circulitos señalan los puntos muestreados.

Las consideraciones precedentes pueden dar una idea de los frecuentes cambios producidos por redistribución de los sedimentos y, en consecuencia, del valor muy relativo que tienen los datos morfométricos esquematizados en la figura 1.

La transparencia del agua fue evaluada mediante el disco de Secchi y la temperatura, con un termómetro de mercurio y un termistor. Los datos meteorológicos fueron suministrados por la estación meteorológica de Girona; la radiación solar se estimó mediante un solarímetro (Kipp & Zonen, modelo CCI), instalado cerca del lago.

Además, se realizaron los siguientes análisis químicos usando los métodos que se indican: pH (colorímetro tipo Lovibond), oxígeno disuelto (método de Winkler, modificado por CARPENTER, 1966), alcalinidad total (GOLTERMAN y CLYMO, 1969), cloruro (método de Mohr, en GOLTERMAN y CLYMO, 1969), sulfato (FRITZI y YAMAMURA, 1955), fosfato (MURPHY y RILEY, 1962), silicato (MULLIN y RILEY, modificado por STRICKLAND y PARSONS, 1965), nítrito (BENDSCHNEIDER y ROBINSON, 1952, en STRICKLAND y PARSONS, 1965), nítrato (MORRIS y RILEY, 1963, en STRICKLAND y PARSONS, 1965) y sulfhídrico (método sugerido por GOLTERMAN y CLYMO, 1969 y ZAVODNOV, 1962, ligeramente modificados, VIDAL, 1971 com. pers.).

Las muestras destinadas a recuentos fueron fijadas *in situ* con solución de lugol, para su posterior recuento en microscopio invertido. El número de campos contados y el volumen de muestra sedimentada, dependió de

la concentración del fitoplancton, pero por lo general fue de 5 ml y no más de 100 campos (600 aumentos). También se realizaron exámenes de toda la superficie de la base de las cámaras, con el propósito de observar las formas menos numerosas; de este modo se pudieron determinar los organismos más abundantes del zooplancton (principalmente rotíferos y ciliados). La observación y recuento de las formas bacterianas se realizaron a 1500 aumentos. Para el análisis bacteriano se ha empleado, también, el método de filtración mediante filtros de membrana y tinción con eritrosina (EMILIANI, 1971). Este método permitió la observación de un mayor número de especies de bacterias y los valores totalizados por las distintas especies fueron siempre superiores a los registrados en las muestras sedimentadas.

Las muestras obtenidas para los análisis de pigmentos, fueron procesadas a través de filtros de fibra de vidrio («Whatman GF/C») de 5,5 cm de diámetro. La extracción se realizó por inmersión de los filtros en 10 ml de metanol al 90 %, durante 24 hs a 5°C. La cantidad de clorofila *a* se calculó según la fórmula de TALLING y DRIVER (1963); además, se determinó el índice pigmentario D_{430}/D_{665} (MARGALEF, 1960).

Las muestras de agua destinadas al estudio de la fijación de carbono, fueron incubadas en botellas de vidrio (de 125 ml). A cada una de éstas se le agregó 2-3 μCu de 14-C, contenidos en 1 ml de solución de NaOH y NaCO_3H ajustada a pH = 8. Se incubaron 2 botellas de vidrio transparente y otra ennegrecida con cinta plástica adhesiva, para cada profundidad (0,1, 2 y 5 m); el período de incubación fue de 2 a 3 horas, al mediodía. Una vez transcurrido el tiempo de incubación, las muestras se filtraban a través de filtros de membrana («Millipore») con poros de 0,8 μm de diámetro; a continuación, se los lavaba con una solución de ClH 0,01 N y, previa desecación, se les detectaba la radiactividad mediante un contador de centelleo en medio líquido marca «Beckman».

MORFOMETRÍA

La laguna tiene una superficie aproximada de 12.000 m², su longitud máxima es de 170 m

y comprende dos cubetas, de profundidad variable, cuyo centro está algo aproximado hacia el E del lago, por lo que la margen W tiene una pendiente más suave.

En base a los datos precedentes y a los resultados del sondeo realizado el 18-VI-71 (figura 1), que indicaron una profundidad máxima de 6,5 m para la cubeta N y de 8,6 m para la S, se calculó el volumen (40.000 m³) y la profundidad media (3,3 m).

BALANCE HÍDRICO

Las principales fuentes de entrada de agua son las precipitaciones y los aportes subterráneos. Hasta el mes de marzo pueden sumarse las aguas residuales de un restaurante cercano.

La pérdida de agua más importante radica en el continuo paso hacia el lago Bañolas, a través de una comunicación superficial (realizada en un terraplén que separa los dos lagos), que constituyó el principal factor en la regulación del nivel de agua del Vilà con respecto a la otra cuenca.

Las pérdidas por evaporación (durante el período enero-junio 71) superan a las ganancias de agua obtenidas mediante las precipitaciones registradas en la tabla n.º 1; sin embargo, el nivel se mantiene constante. Estos datos y el de la elevación de la temperatura en las capas más profundas, pueden dar una idea de la existencia e importancia del aporte de agua subterránea que, infiltrándose a través de la superficie del fondo de la cubeta, crea una capa de fango en suspensión de variable espesor, haciendo disminuir, aparentemente, la profundidad del lago (o la columna de agua libre de fango).

En el mes de agosto, por primera vez, el nivel del Vilà fue inferior al de Bañolas debido a que la comunicación mencionada anteriormente fue alterada y, también, a causa de una evaporación mayor. Sin embargo, la profundidad, desde la cual se pudo extraer agua libre de fango, aumentó aproximadamente en un metro. Esto nos permitió aventurar la hipótesis de que en esta época (y en otras con condiciones similares), no hay aportes de agua subterránea, o éste no es tan importante como para provocar la zona de turbidez mencionada anteriormente ni el

aumento de temperatura; en otros períodos sucedería el caso contrario.

Similarmente, DUSSART (1955), al estudiar el lago Annecy notó que la fuente subterránea de Boubioz no sólo influía en las características térmicas del lago, sino también desde el punto de vista químico y físico (impidiendo la sedimentación de las partículas finas).

ASPECTOS FÍSICOS

Condiciones meteorológicas

El período de máximas precipitaciones pluviales se observó en otoño y primavera; el promedio mensual sobre el período estudiado fue de 70,68 mm. Con respecto a la evaporación, la máxima tuvo lugar durante el verano y la mínima en diciembre; el promedio mensual fue de 75,31 mm.

TABLA 1. — Variaciones mensuales de las precipitaciones y evaporación. — *Monthly rainfall and evaporation*

FECHAS	PRECIPITACIÓN Total (mm)	EVAPORACIÓN Total (mm)
Octubre 1970	222,9	60,7
Noviembre	46,2	48,7
Diciembre	123,8	37,6
Enero 1971	31,4	77,0
Febrero	4,2	75,9
Marzo	73,8	101,6
Abril	88,3	63,0
Mayo	158,8	68,5
Junio	19,7	82,0
Julio	24,6	106,6
Agosto	33,1	102,4

Durante los meses de primavera y verano el viento dominante provino del S; en otoño e invierno alternó su dominancia con el del N. La velocidad promedio fue máxima en marzo de 1971 (13 km/h) y mínima en febrero de 1971 (8,6 km/h). El porcentaje de observaciones que registraron calma fue mínimo para el invierno y primavera.

Se debe tener en cuenta que la abundante vegetación litoral y costera de la laguna, atenuó la radiación por debajo de las cifras citadas en la tabla n.º 2, que se obtuvieron en una estación despejada.

TABLA 2. — Promedios mensuales de la temperatura del aire y de las radiaciones solares. —
Monthly air temperatures and solar radiation

FECHAS	TEMPERATURAS, EN °C			RADIACIÓN SOLAR en cal/cm ² por día
	Máxima	Mínima	Media	
Octubre 1970	21,4	6,8	14,1	277,1
Noviembre	18,7	3,9	11,3	193,7
Diciembre	11,5	-2,4	4,7	147,2
Enero 1971	13,0	-0,4	6,2	175,3
Febrero	15,4	-0,2	7,5	284,2
Marzo	13,7	1,5	7,5	338,6
Abril	19,8	7,0	13,4	393,0
Mayo	21,6	10,5	16,0	397,6
Junio	35,8	12,0	18,9	531,0
Julio	30,8	16,4	23,6	—
Agosto	31,2	17,7	24,4	—

Temperatura del agua

Las variaciones térmicas observadas (fig. 2), nos permiten agruparlas en tres períodos: el primero (octubre de 1970 a marzo de 1971), está caracterizado por una relativa homogeneidad térmica, pero con un leve descenso de temperatura a medida que aumenta la profundidad, como consecuencia del calentamiento

diurno. Durante este mismo período, la capa de agua cercana al sedimento registró, en ciertos casos, un notable aumento de temperatura (saltos bruscos de más de 2°C a 6 ó 7 m de profundidad); en otros, sólo lo fue de algunas décimas; pero en cualquier caso, siempre con valores, para las profundidades mencionadas, más altos que los correspondientes a 5 m.

El segundo período (abril de 1971 hasta principios de junio de 1971), se distinguió por el desarrollo de una termoclina con saltos térmicos de más de 1°C, entre 2 y 5 m de profundidad (concretamente, entre 2 y 4 m el 2-IV-71 y 19-V-71; entre 1 y 4 m el 16-IV-71; entre 3 y 5 m el 3-V-71 y entre 4 y 5 m el 1-VI-71). Por su parte, la temperatura del fondo continuó siendo relativamente elevada.

El tercer período (desde mediados de junio de 1971 hasta principios de agosto de 1971), se destacó por una marcada estratificación térmica. Primeramente, la termoclina se situó entre 1 y 4 m (18-VI-71) y luego entre 2 y 5 m, con un salto brusco de más de 2°C, entre 3 y 4 m. La capa profunda no presentó el aumento de temperatura de los otros períodos. Las variaciones térmicas del agua su-

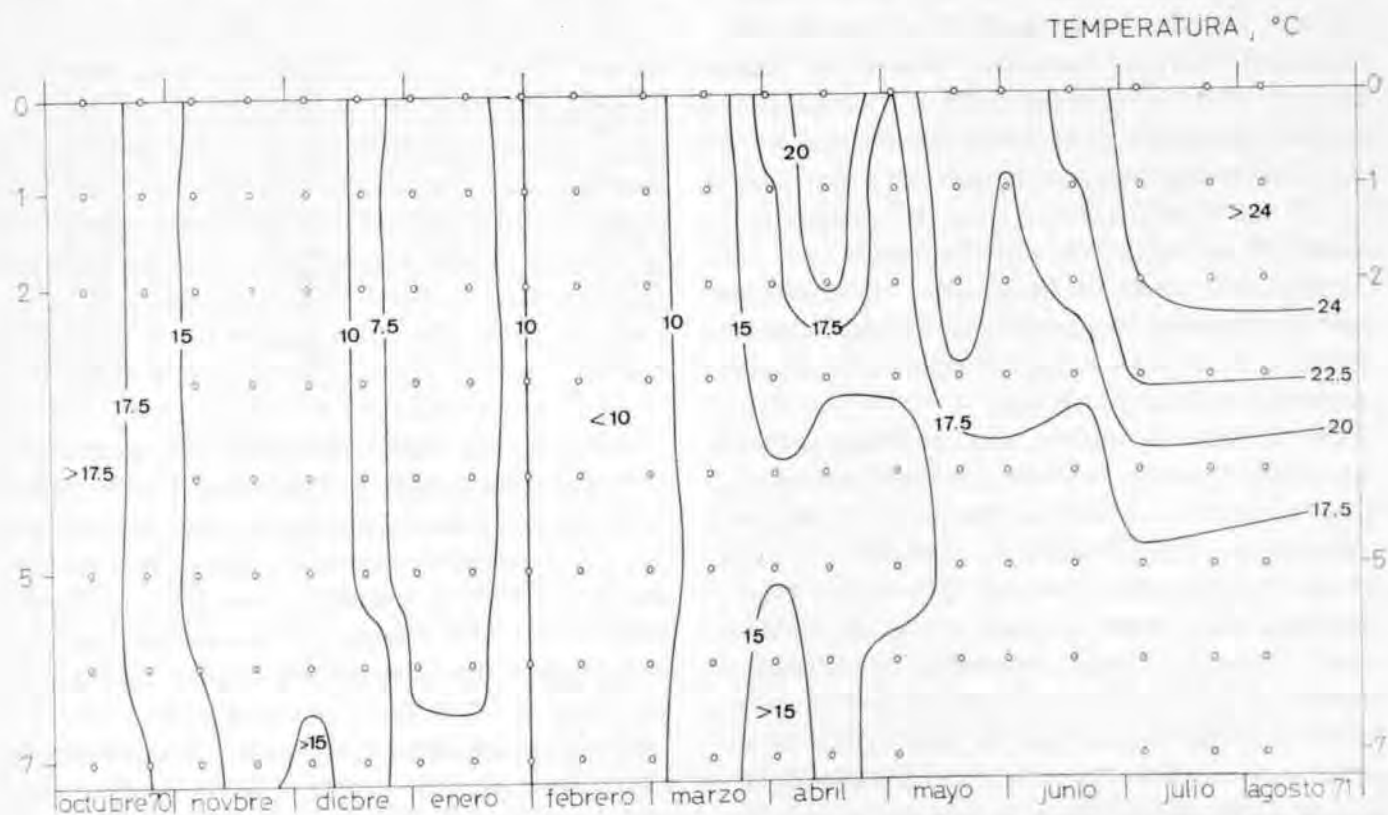


FIG. 2. — Distribución de la temperatura, en °C, en función de la profundidad (ordenadas) y del tiempo (abscisas). — *Temperatures, in °C, according to depth and time. Measurements are marked by the dots and the isotherms have been freely interpolated.*

perficial han seguido, en general, a las del aire, observándose los valores mínimos en enero (5,5 y 5,8°C) y los máximos durante julio-agosto (24,5 y 25°C).

La existencia de un período de circulación en invierno (durante el cual la temperatura del agua superficial se mantiene siempre superior a 4°C), la gran variación térmica anual y la estratificación térmica estival, nos permiten clasificar a este pequeño lago como «monomítico templado», de acuerdo con HUTCHINSON (1957).

Por sus características, la capa de agua comprendida entre 2 y 5 m puede considerarse como el «metalimnion», observación que concuerda con datos obtenidos anteriormente (MIRACLE, com. pers.).

Como ya se ha señalado, el aumento de temperatura en la capa más próxima al sedimento se debe al aporte de agua subterránea, relativamente caliente, que entra por el fondo de la cubeta y origina una zona de turbidez por la puesta en suspensión de las partículas más livianas del sedimento.

Propiedades ópticas

La observación del disco de Secchi (fig. 3) señala transparencias que fluctuaron en estrecha relación con la densidad fitoplanctónica y detritica en los distintos muestreos realizados.

Los valores mínimos, registrados durante el período de circulación, corresponden a la gran densidad de *Thiorhodaceae* (octubre-noviem-

bre) y de *Chlorella ellipsoidea* (diciembre-enero), unida a la presencia de una mayor cantidad de partículas en suspensión.

Durante los meses de abril y mayo, el aumento de la temperatura provocó una mayor velocidad de sedimentación (RILEY, STOMMEL y BUMPUS, 1949) que, unido a la tranquilidad y estratificación del agua, llevó a una disminución en la concentración del fitoplancton y de detritos en las capas superficiales, permitiendo observar los mayores valores en las profundidades de observación del disco de Secchi.

Una vez establecida la estratificación térmica estival, la penetración lumínica vuelve a ser mínima como consecuencia de la gran densidad que nuevamente alcanzó la población fitoplanctónica en la zona trofógena.

ASPECTOS QUÍMICOS

pH

En general, el pH del agua (fig. 4) se mantuvo ligeramente alcalino, variando entre 7 y 8,1. Esta variación se produce, principalmente, como consecuencia de los cambios en el contenido de anhídrido carbónico por la remoción fotosintética de este compuesto en las capas superiores y, en las capas inferiores, por los productos resultantes de la actividad bacteriana.

En el estrato epilimnético, el pH osciló entre 7,2 y 8,1; los mayores valores se obtuvie-

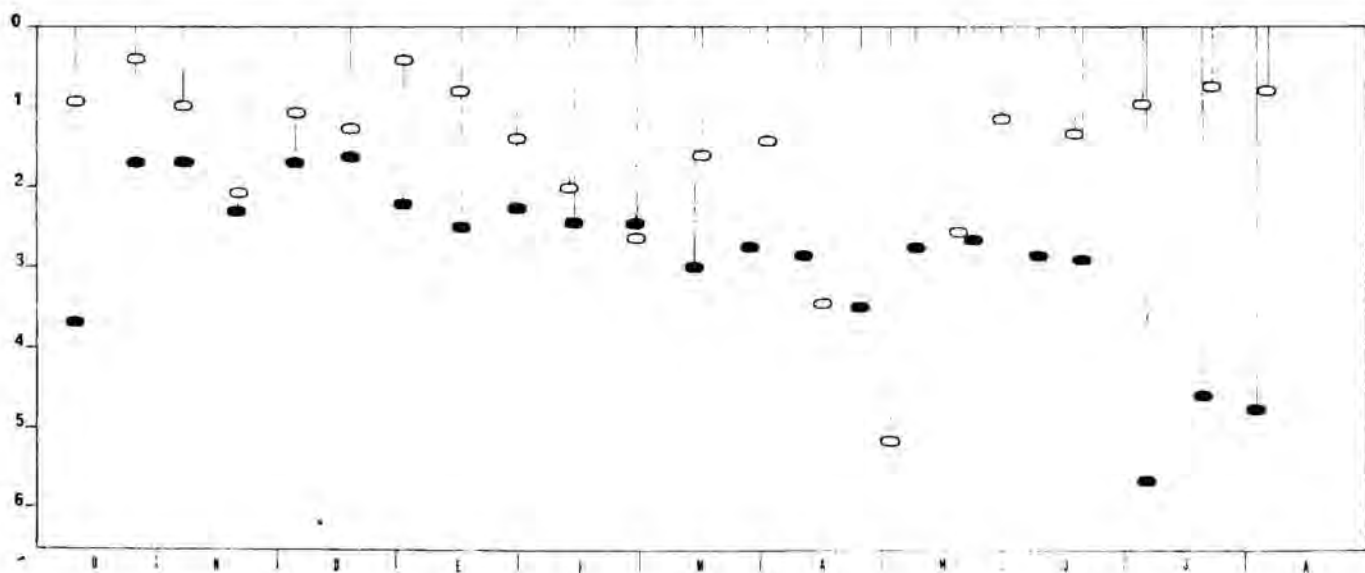


FIG. 3. — Variación estacional de la transparencia estimada mediante el disco de Secchi, en la laguna del Vilá (discos blancos) y en el lago de Banyoles (discos negros). — Seasonal changes of the transparence measured with the Secchi disk. Vilá pond, open circles; lake of Banyoles, dark circles.

ron durante la primavera, y los menores durante el invierno, estación en la que el pH se mantuvo entre 7,2 y 7,4, excepto durante el florecimiento de *Chlorella ellipsoidea* (16-I-71), oportunidad en que fue de 7,6.

Los valores hipolimnéticos del pH variaron en una amplitud menor (entre 7 y 7,5); fueron mínimos durante el estancamiento estival: 7 a 7,2 y estuvieron en relación inversa a la concentración de sulfhídrico, es decir,

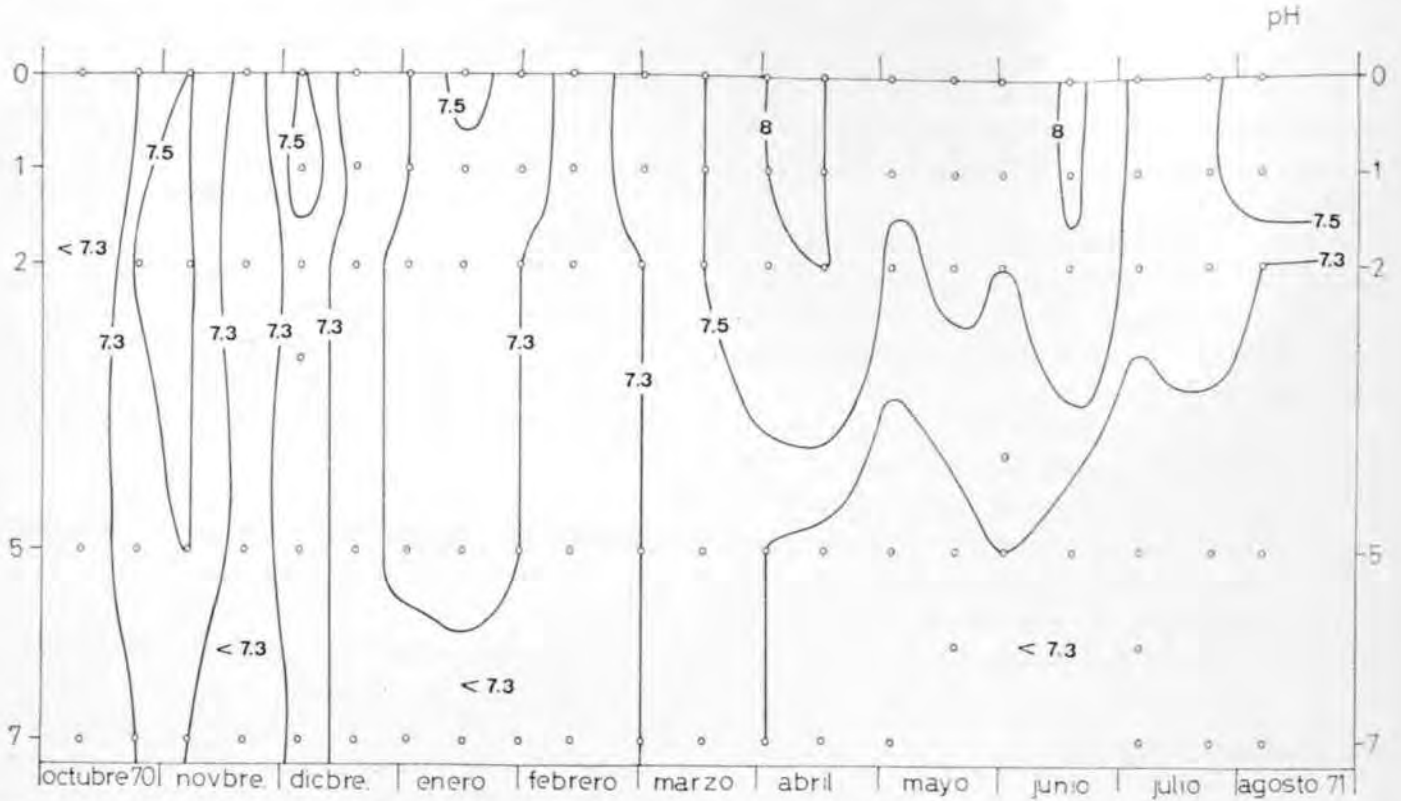


FIG. 4. — Distribución del pH en función de la profundidad y del tiempo. — Values of pH according to depth and time.

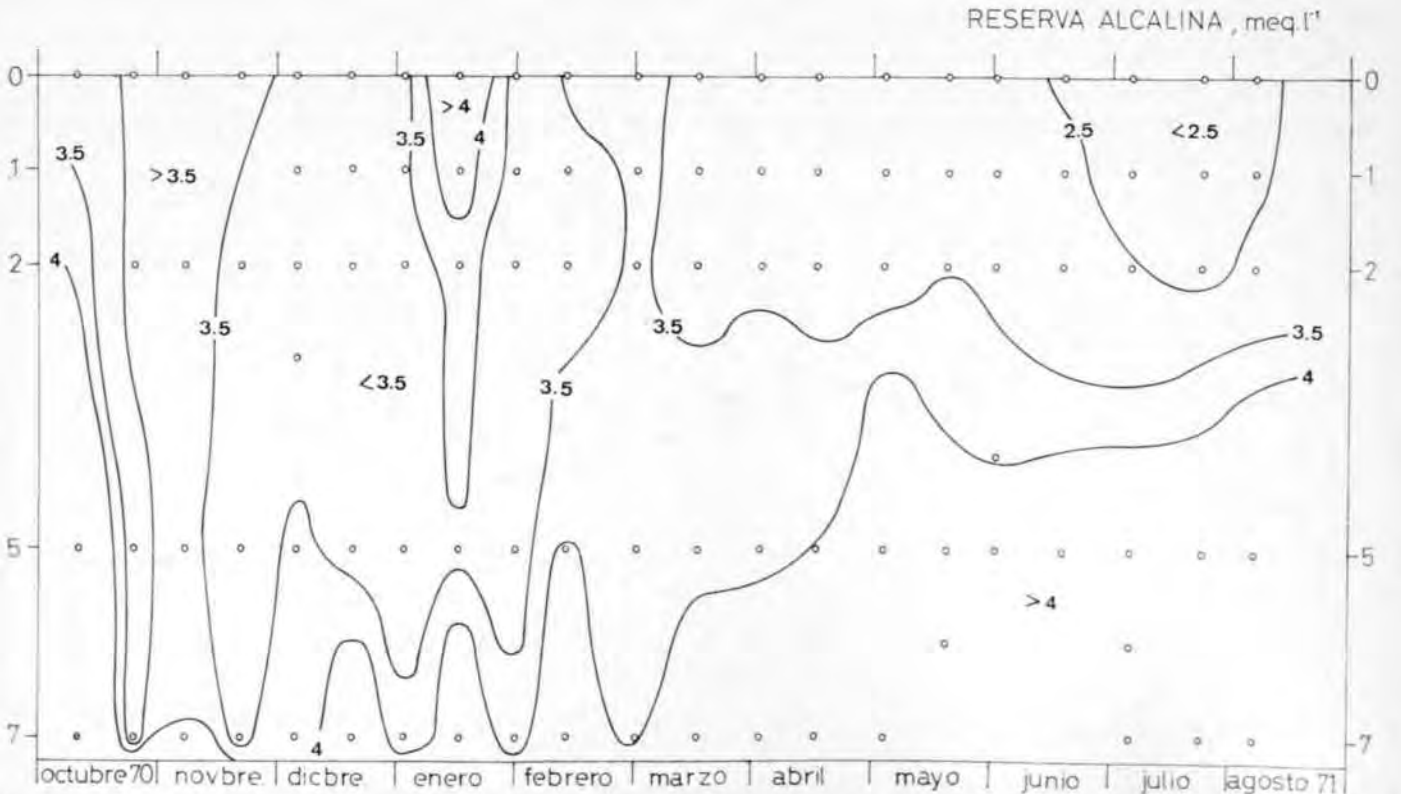


FIG. 5. — Distribución de la reserva alcalina, en miliequivalentes por litro, en función de la profundidad y del tiempo. — Values of alkalinity, in meq. l⁻¹, according to depth and time.

mayor concentración de sulfhídrico, menor valor del pH.

Reserva alcalina

En el epilimnion, la alcalinidad total varió, en general, entre 3 y 3,8 meq/l; valores superiores (entre 4,5 y 5 meq/l), se registraron durante el gran desarrollo alcanzado por *Chlorella ellipsoidea* (16-I-71) y los inferiores (entre 2 y 3 meq/l) se encontraron durante el estancamiento estival (octubre de 1970 y junio-agosto de 1971).

Los valores hipolimnéticos obtenidos, más elevados que los anteriores, principalmente durante el período de estratificación (4,5 a 6,3 meq/l), pueden explicarse por la difusión de bicarbonatos desde el sedimento y por la redisolución de CO_3Ca proveniente del epilimnion, desde donde precipita a causa de la intensa actividad fotosintética.

Esporádicamente, durante el período de circulación y a 7 m de profundidad, se observaron valores superiores (4 a 5 meq/l) a los obtenidos en el resto de la columna, quizá debidos a la liberación de carbonatos desde el sedimento.

Cloruro

La concentración de cloruros experimentó las siguientes variaciones (fig. 6): 24 a 43 miligramos/l, en el epilimnion y entre 16 y 78 mg/l en el hipolimnion.

En general, los valores mínimos se registraron en invierno; un leve aumento en la concentración epilimnética de cloruro (30 a 35 mg/l) coincidió con un aumento de la alcalinidad y el pH, durante el florecimiento de *Chlorella ellipsoidea* (16-I-71).

Los valores máximos se registraron principalmente en el hipolimnion y durante el período julio-agosto.

Sulfato

El contenido del agua en sulfatos (fig. 7) fue más bien estable en las distintas capas; pero aumentando con la profundidad: entre 5 y 7 m se encontraron desde 6,1 a 15 mg át. $\text{S-SO}_4/\text{l}$; en el estrato superior, la concentración de sulfatos varió entre 4,8 y 7,8 mg át. $\text{S-SO}_4/\text{l}$.

El mayor contenido en sulfatos que se ha registrado en el agua próxima al sedimento se debe, probablemente, a que este sustrato

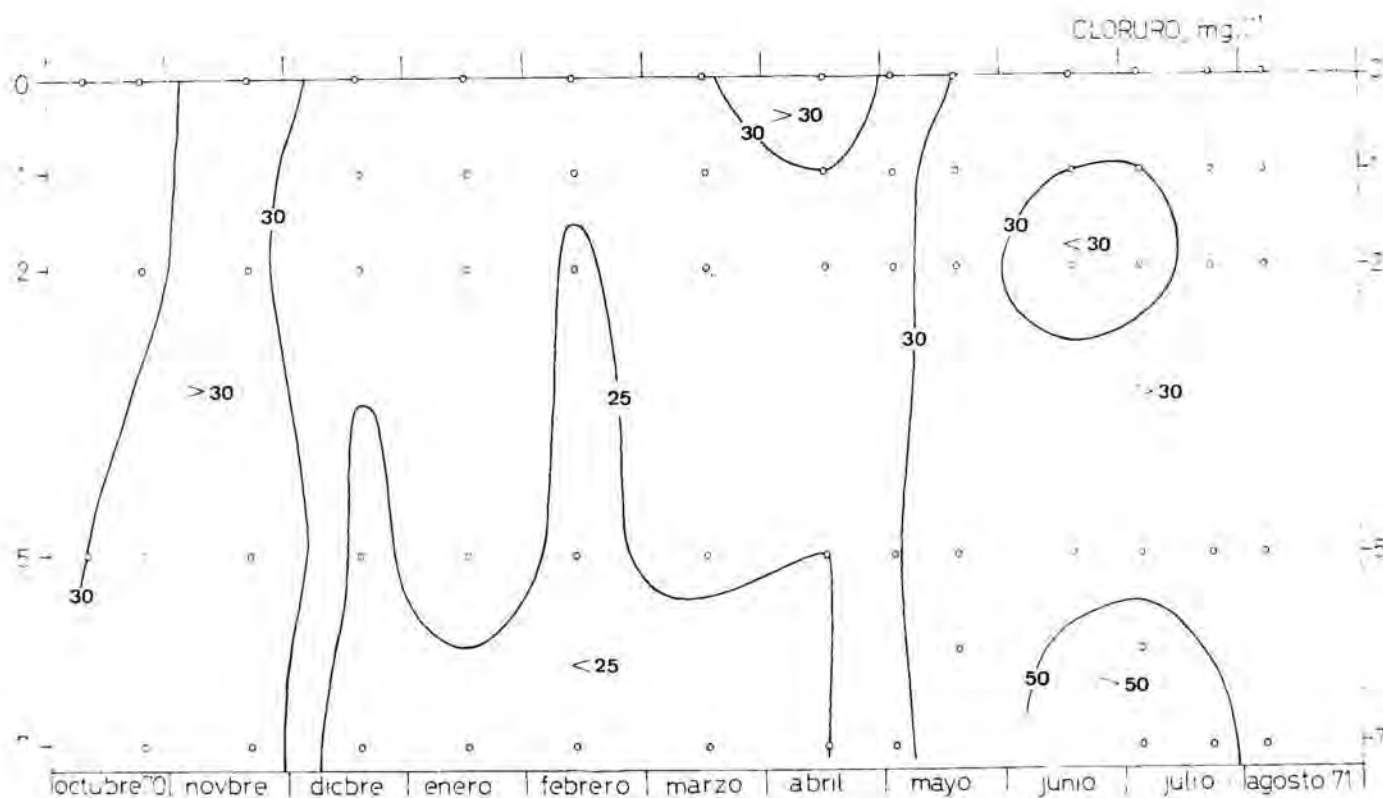


FIG. 6. — Distribución de la concentración de cloruros, en miligramos por litro, en función de la profundidad y del tiempo. — Chlorides, in mg l⁻¹, according to depth and time.

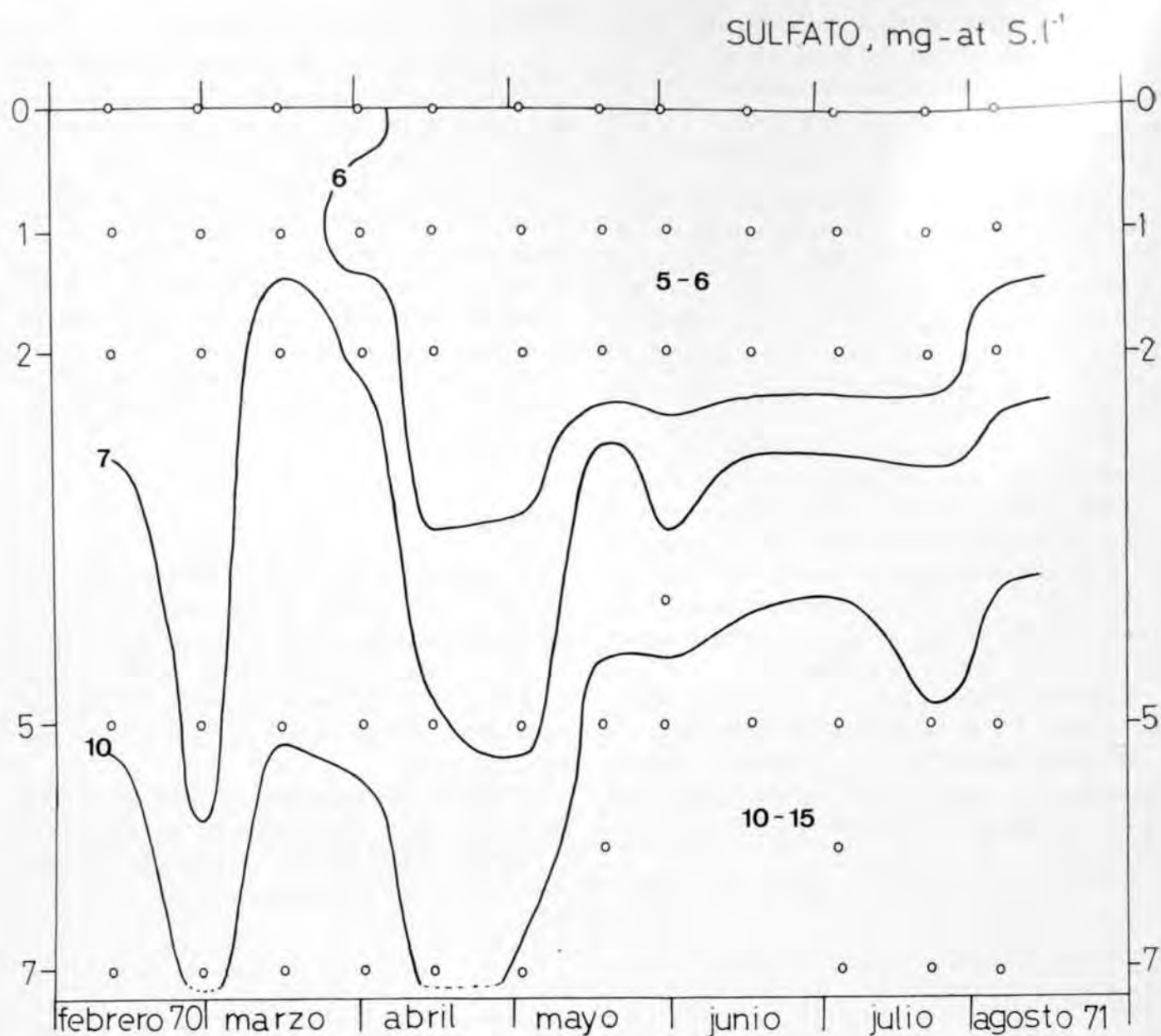


FIG. 7. — Distribución de la concentración de sulfatos, en mg-at S l⁻¹, en función de la profundidad y del tiempo. — Sulphates, in mg-at S l⁻¹, according to depth and time.

es muy rico en sulfato de calcio y de magnesio, tal como similarmente se ha encontrado en el lago adyacente (JULIÁ, com. pers.).

En todos nuestros análisis, el ión sulfato fue el constituyente cuantitativamente más abundante entre los aniones y el ión cloro el de menor concentración, entre los importantes. De acuerdo con HUTCHINSON (1957), las aguas del Vilà pueden incluirse dentro del grupo de las «sulfatadas».

Oxígeno

En todo el cuerpo de agua, la concentración de oxígeno disuelto varió entre 0 y 13 ml/l. En el epilimnion, las isopletas que en-

cierran las concentraciones mayores a 8 ml/l (fig. 8) señalan también los valores de sobresaturación debidos, principalmente, a la actividad del fitoplancton. Las isopletas restantes indican los siguientes valores de saturación o subsaturación: 70 a 100 % para la de 5; 30 a 50 % para la de 2 y 0 a 20 % para las concentraciones inferiores a 2 ml/l.

Durante la estratificación térmica, el oxígeno se agota completamente en el hipolimnion.

En los meses de octubre y noviembre de 1970, se obtuvieron los valores epilimnéticos mínimos pues, como consecuencia de la gran agitación del agua motivada por las lluvias y el viento, el sulfhídrico (mantenido durante el

estancamiento estival por debajo de los 5 m), se distribuyó en toda la masa de agua cuya concentración de oxígeno quedó a un nivel bajo.

Otro aspecto destacable, lo constituye la presencia de curvas de oxígeno más o menos clinogadas (según ABERG y RODHE, 1942) y

a 0,1 mg S-SH₂/l), que corresponden a las observadas generalmente en el epilimnion, hasta 45 mg S-SH₂/l. Las concentraciones más elevadas se obtuvieron en el hipolimnion durante el período de estancamiento.

A principios de octubre (10-X-70), se detectaron las cantidades hipolimnéticas máxi-

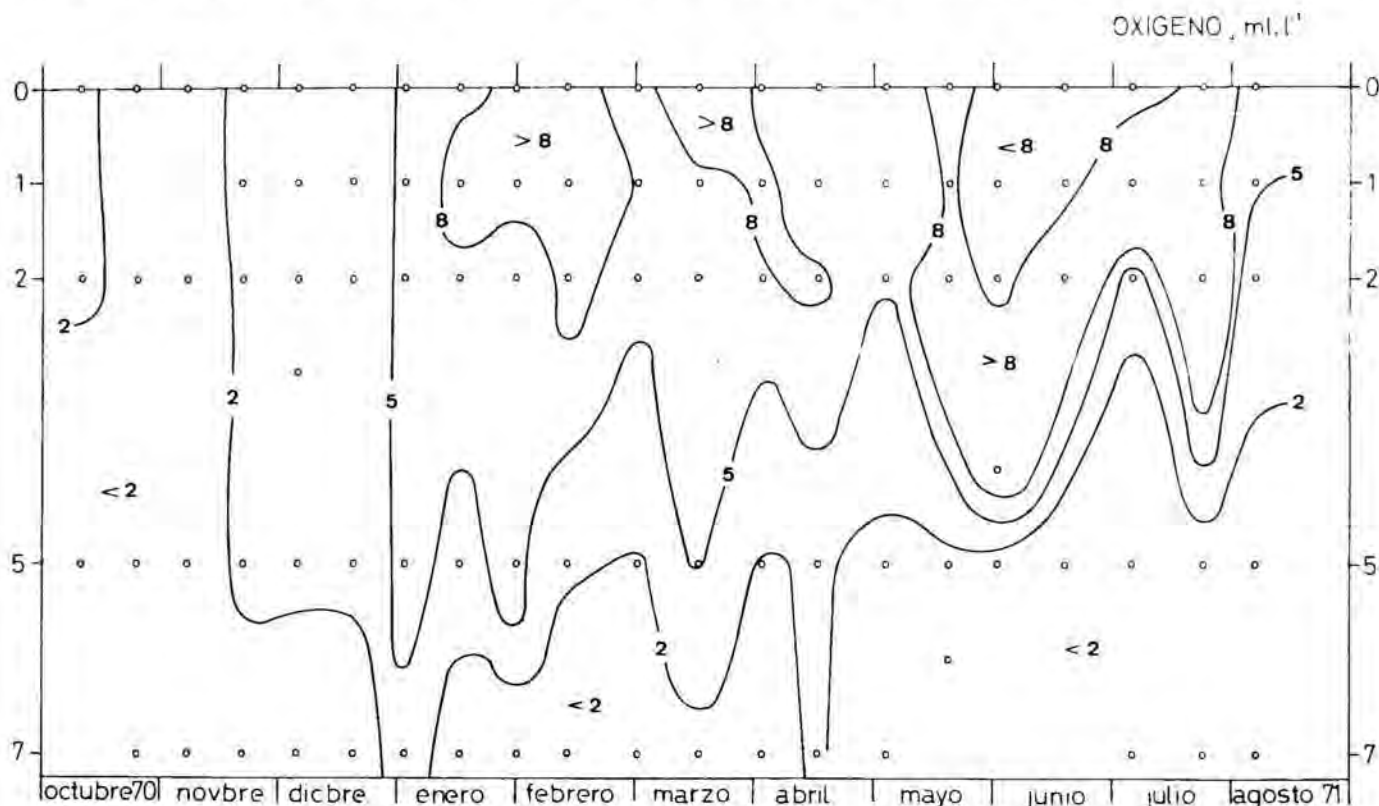


FIG. 8. — Distribución de la concentración de oxígeno, en ml por litro, en función de la profundidad y del tiempo. — *Oxygen, in ml l⁻¹, according to depth and time.*

eutróficas, en el sentido de THIENEMANN (en HUTCHINSON, 1957). La acción del viento relativamente escasa (a causa de la abundante vegetación que rodea al lago) y la benignidad de las temperaturas invernales, han motivado que solamente durante un corto período de tiempo las capas superficiales sean enfriadas lo suficiente como para permitir la aireación completa de la capa de agua más profunda; por lo tanto, el efecto de la circulación es parcial.

Sin embargo, es muy probable que se haya subestimado la concentración de oxígeno en las determinaciones analíticas como consecuencia de la interferencia producida por las sustancias reductoras.

Sulfhídrico

La concentración de sulfhídrico (fig. 9) varió desde cantidades indetectables (inferiores

mas: 35 mg S-SH₂/l a 5 m y 45 mg S-SH₂/l a 7 m. Entre esta fecha y el muestreo siguiente (24-X-70), llovió intensamente (180 mm en un día) que provocó la dispersión del sulfhídrico en toda la masa de agua, la disminución del oxígeno disuelto y, en consecuencia, la muerte de animales (incluyendo gran cantidad de peces). La mezcla de agua profunda cargada con este gas con el resto del agua y que ejerce un efecto letal, ha sido registrada similarmente, por otros autores (HUTCHINSON, 1957, y SENEZ, 1962).

La disponibilidad de sulfhídrico en el agua iluminada, proporciona las condiciones óptimas para el desarrollo de las bacterias fotosintéticas del azufre. El gran consumo de sulfhídrico, por parte de este grupo de bacterias, provocó, prácticamente, la desaparición de ese compuesto en todos los niveles.

La posterior oxigenación del agua, durante el período de circulación, permitió detectar

la presencia de sulfhídrico (aunque en baja concentración) solamente en la capa de agua más profunda.

Al iniciarse el período de estratificación, caracterizado por saltos térmicos de localización variable (de abril a principios de junio de 1971), comienzan a registrarse concentra-

una brusca disminución a 5 m (23-VII-71) ante un mayor desarrollo alcanzado por estas bacterias.

Las concentraciones de sulfhídrico observadas en este pequeño lago dependen, en consecuencia, del balance que se establece entre su producción (principalmente por sulfato-

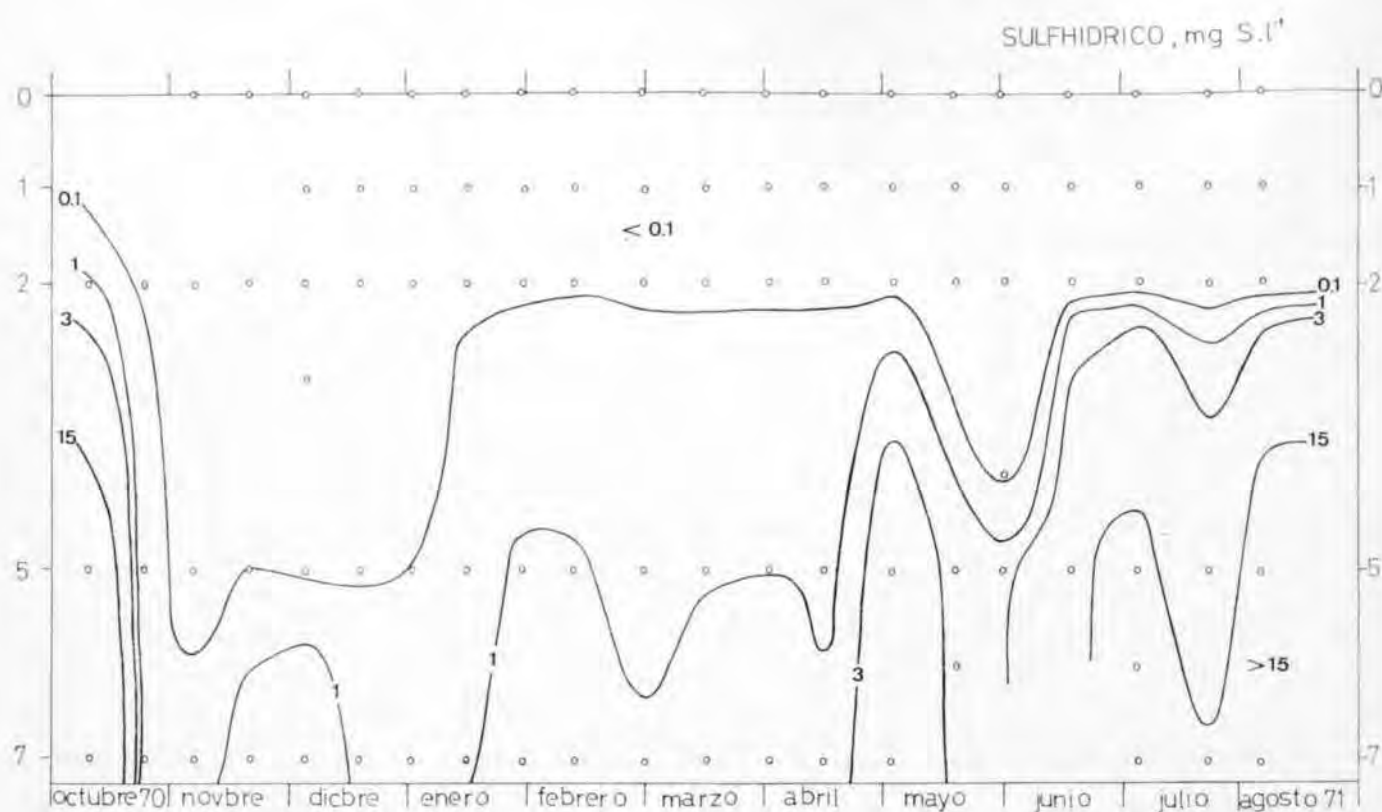


FIG. 9. — Distribución de la concentración de sulfhídrico, en mg S l^{-1} , en función de la profundidad y del tiempo. — *Hydrogen sulphide, in mg S l^{-1} , according to depth and time.*

ciones crecientes de sulfhídrico en el hipolimnion (máxima: $5 \text{ mg S-SH}_2/\text{l}$, el 3-V-71) y a adquirir mayor importancia numérica las bacterias fotosintéticas. Estas bacterias alcanzan su número máximo el 1-VI-71, en el estrato comprendido entre 4 y 5 m, en el que se observa, simultáneamente, una brusca disminución de las concentraciones de sulfhídrico, hasta valores indetectables en la primera de estas profundidades y hasta $1,4 \text{ mg S-SH}_2/\text{l}$ a 5 m; el oxígeno fue detectado hasta 4 m, y el límite de penetración de la luz hasta los 5 m; la temperatura del agua experimentó un brusco salto entre estas dos profundidades. A partir de este gran consumo de sulfhídrico por las bacterias, se registraron concentraciones crecientes en el estrato comprendido entre 5 y 7 m, acompañadas de un número variable de *Thiorhodaceae*. Sólo se observó

reducción en el sedimento y agua profunda anaerobia) y su oxidación en aerobiosis (por oxígeno molecular y bacterias autótrofas) y en anaerobiosis (por las bacterias fotosintizadoras).

Silicato

La distribución vertical de la concentración de silicato (fig. 10), presentó caracteres en común con la de sulfato, fosfato y alcalinidad total; las concentraciones más altas se observaron cerca del fondo y, las menores, en la zona trofogenica.

Esta distribución es el resultado del consumo realizado por el fitoplancton en el epilimnion y de su liberación en las capas más profundas donde se ha encontrado una mayor cantidad, lo que coincide con lo señalado por

HUTCHINSON (1957) en lo referente a la existencia de una mayor concentración de este compuesto en las capas desoxigenadas.

Según FANNING y SCHINK (1969) en los sedimentos de los cuerpos de agua muy productivos se disuelven los frústulos de las diatomeas (especialmente en aguas con gran re-

de silicato experimentó una brusca disminución cuando el número de *Nitzschia acicularis* fue máximo (16-III-71). A partir de esta fecha, la concentración epilimnética de silicato no volvió a incrementarse, a pesar de que los recuentos revelaron la presencia de muy pocas diatomeas, pues su paso desde el

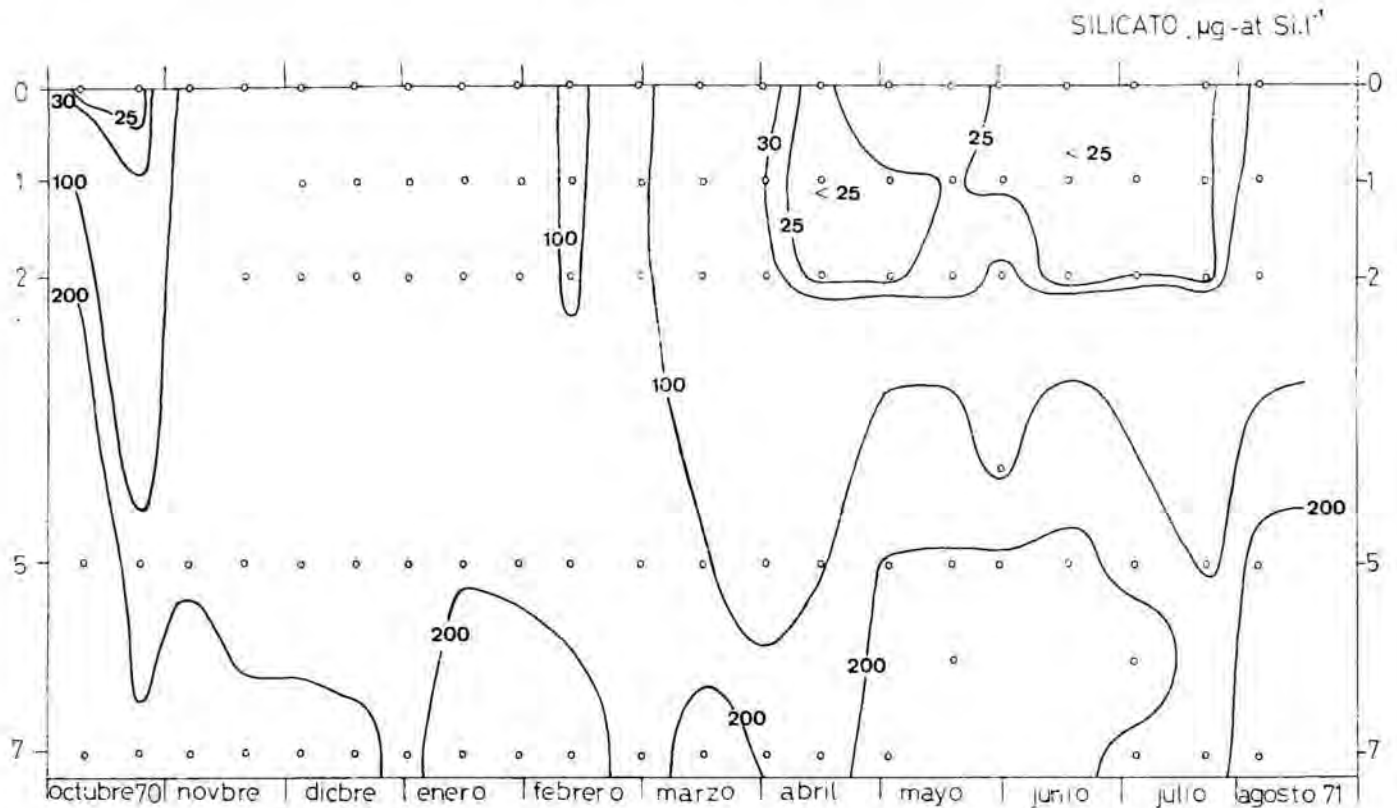


Fig. 10. — Distribución de la concentración de silicato, en $\mu\text{g-at Si l}^{-1}$, en función de la profundidad y del tiempo. — Silicate, in $\mu\text{g-at Si l}^{-1}$, according to depth and time.

serva alcalina), alcanzándose elevadas concentraciones de silicio en el agua intersticial, que pasa al agua sobrenadante por efecto del fuerte gradiente de concentración existente entre ellas. Las consideraciones de estos autores y la señalada anteriormente (HUTCHINSON, 1957) explican la concentración elevada de silicato encontrada en el hipolimnion durante el período de estancamiento. Sin embargo, también se observó, a 7 m, una concentración elevada durante el período de circulación, en el cual la entrada de agua subterránea origina la puesta en suspensión de las partículas de arcilla y del silicato proveniente de los sedimentos que es detectado en los análisis de las muestras de agua extraídas.

En las capas superficiales, las concentraciones variaron entre 16 y 168 $\mu\text{g-át. Si/l}$; los valores máximos se registraron a fines de otoño y durante el invierno. La concentración

hipolimnion se encontraba impedido por las diferencias de temperatura.

No obstante, a pesar de la barrera impuesta por la estratificación térmica, se observó un pequeño aumento de silicato en el muestreo del 3-V-71, probablemente proveniente de la zona litoral, disolución que se vería facilitada por el aumento de temperatura (HUTCHINSON, 1957).

Nitzschia acicularis volvió a alcanzar valores elevados el 19-V-71 y la concentración de silicato disminuyó nuevamente, aunque en menor grado. El mismo hecho se registró durante el máximo de *Cyclotella pseudostelligera* (5-VIII-71).

Fosfato

En el epilimnion, las concentraciones de fosfato (fig. 11) variaron entre 0,03 y 1,0 $\mu\text{g-}$

át. P/l; las máximas se observaron a fines de otoño y durante el invierno y las menores se registraron, en general, durante el verano y principios de otoño. Sin embargo, se notó un incremento (23-VII-71) atribuible a la mineralización del P orgánico proveniente de la vegetación litoral descompuesta (HAYES, MC CARTER *et. al.*, 1952; HUTCHINSON, 1957).

ción de oxígeno), estimulando la actividad bacteriana y, en consecuencia, se produjo una mayor liberación de fosfato que, como señalamos anteriormente, se detectó con relativa abundancia en esta zona al no ser asimilado proporcionalmente por el fitoplancton (GARDINER, 1941; EINSELE, 1937-1938 y MORTIMER, 1941-1942, en HUTCHINSON, 1957).

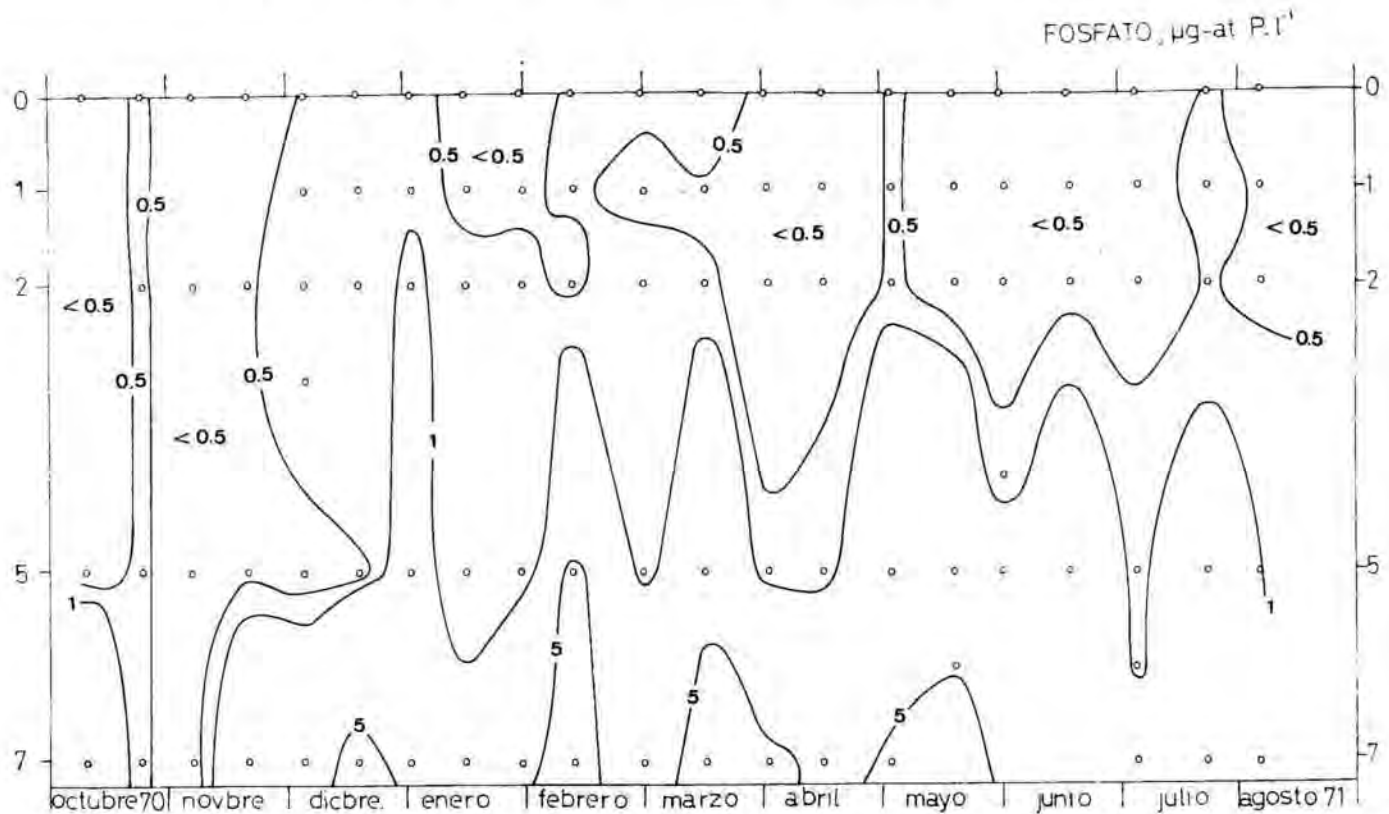


FIG. 11. — Distribución de la concentración de fosfato, en $\mu\text{g-at P l}^{-1}$, en función de la profundidad y del tiempo. — Phosphate, in $\mu\text{g-at P l}^{-1}$, according to depth and time.

Los valores menores se registraron como consecuencia de una mayor asimilación, es decir, cuando las poblaciones de *Thiorhodaceae* alcanzaron sus valores máximos (7-XI-70), como así también las de *Chlorella ellipsoidea* (16 y 30-I-71), de flagelados (2-IV-71) y *Nitzschia acicularis* (19-V-71).

En el hipolimnion, las concentraciones de fosfato variaron entre 0,2 y 7,7 $\mu\text{g-át. P/l}$; las cantidades más elevadas se registraron a 7 m, durante invierno y primavera, coincidiendo con los mínimos de oxígeno de esas estaciones. Las concentraciones más elevadas, observadas a 5 m (5,1 $\mu\text{g-át. P/l}$, el 13-II-71 y 4,1 $\mu\text{g-át. P/l}$, el 3-V-71), se detectaron con posterioridad a los máximos en el número de células, pues la sedimentación de éstas, constituyó un importante aporte de materia orgánica al agua profunda (con baja concentra-

Resumiendo: las concentraciones variables de fosfato dependen del balance que se establece entre el consumo biológico y la restitución de este compuesto (desde la zona anaerobia y por factores bióticos y abióticos), en la época de circulación. Durante la estratificación estival, existen aportes suplementarios desde la zona litoral.

Nitrato

La concentración de nitrato varió (fig. 12) desde valores próximos a 0,1 hasta 66 $\mu\text{g-át. N/l}$. En el epilimnion, las más altas concentraciones se detectaron en invierno y principios de primavera, decreciendo luego hasta agotarse, prácticamente, en verano. A partir de otoño se obtuvieron concentraciones crecientes.

En invierno y principios de primavera, las aguas del Vilà se enriquecieron de oxígeno, posibilitando los procesos de nitrificación. Esta actividad bacteriana debe haber sido muy importante pues, a pesar del consumo por parte de una población fluctuante de algas, siempre se registraron cifras elevadas y más bien constantes durante el período menciona-

dones favorables a la reducción desasimilatoria de los nitratos); por el contrario, durante el invierno y principios de primavera, se encontraron los valores más altos.

De acuerdo a las condiciones ecológicas observadas en el Vilà, y las que regulan la reducción bacteriana de los nitratos, esta actividad podría ser máxima durante los meses

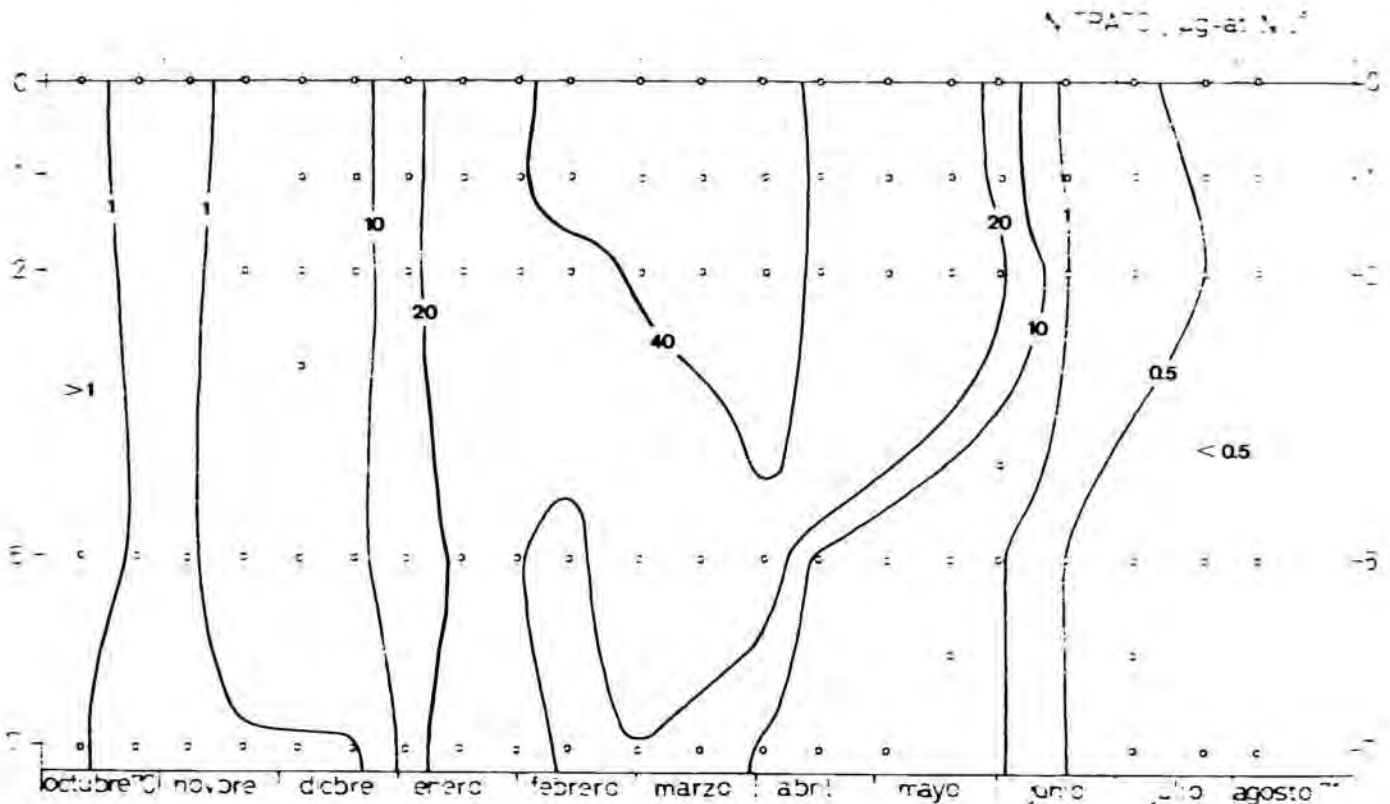


FIG. 12. — Distribución de la concentración de nitrato. en $\mu\text{g-at N l}^{-1}$, en función de la profundidad y del tiempo. — Nitrate, in $\mu\text{g-at N l}^{-1}$, according to depth and time.

do. Por ejemplo, durante la notable proliferación de *Chlorella ellipsoidea* (16-I-71), el contenido de nitrato aumentó en toda la columna de agua; también el 2-IV-71 se observó un elevado número de *Chlorella spp.* y flagelados, acompañando a la máxima concentración de nitrato. De estos ejemplos se puede deducir que la nitrificación operada durante el invierno y principios de primavera, supera las pérdidas de nitrato por asimilación. Existió, además, una fuente exógena de nitrógeno representada por los vertidos de aguas residuales, cuya importancia no se pudo precisar.

Los valores hipolimnéticos registraron, relativamente, menores variaciones: desde valores inferiores a 0,1 hasta 33 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$. Los más bajos se registraron durante el estancamiento estival y principios de otoño (con con-

de verano y principios de otoño, y mínima en invierno y principios de primavera.

Nitrito

La concentración de nitrito (fig. 13) varió entre 0,1 y 6,1 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$: en el epilimnion, la más alta correspondió al período invierno-primavera (1,2 a 2,5 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$) y la menor a verano y principios de otoño (0,2 a 0,5 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$).

Las variaciones hipolimnéticas fueron más notables, habiéndose observado, por lo general, los valores menores en el período de estancamiento, y los mayores correspondieron a invierno y primavera, destacándose dos máximos a 5 m: 6,1 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$, el 30-I-71 y 5 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$, el 16-IV-71. Probablemente estos elevados valores pueden explicarse como

80 % a los grupos de especies indicados anteriormente).

(2) Menor población epilimnética en el momento del máximo de nitrito (promedio epilimnético de 15.000 cél/ml, el 16-IV-71 y de 78.000 cél/ml, el 30-I-71).

(3) Mayor densidad a 5 m, acompañando a las máximas concentraciones de nitrito (103.130 cél/ml, el 30-I-71 y 66.000 cél/ml, el 16-IV-71).

(4) Alta concentración de clorofila: 20 mg/m³ y 23 mg/m³, en el primer y segundo máximo, respectivamente.

(5) Índice D_{430}/D_{665} bajo: 2, en el primer máximo y 1,37 en el segundo.

(6) La observación del disco de Secchi señaló una transparencia de 1,4 m en el primer máximo y de 3,45 m en el segundo.

El segundo máximo correspondió a un período de estabilidad del agua y el primero a un período de circulación. Entonces, si se acepta la hipótesis de la excreción de nitrito por el fitoplancton y los factores condicionantes de tal excreción indicados por BLASCO (1971), el primer máximo debe relacionarse con la velocidad de sedimentación de las cé-

lulas: el gran número de algas registrado en los muestreos anteriores a la observación del máximo, su disminución en las capas superiores y la mayor densidad a 5 m en el momento de producirse ese máximo, nos permiten señalar que, en dicho momento, las células se estaban sedimentando.

VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMPOSICIÓN DEL FITOPLANCTON

Generalidades

El fitoplancton de la laguna del Vilá se caracterizó por la frecuente dominancia numérica de bacterias y clorofitas. No obstante, en algunas oportunidades, otros grupos de algas se encontraron representados cuantitativamente en forma similar o superando los valores de aquéllas. Las diatomeas fueron dominantes en toda la columna de agua (III-71) y las criptofíceas a 2 m (5-VII-71) y a 5 m (24-X-70).

El análisis cuali y cuantitativo de la distribución vertical del fitoplancton a través del tiempo (fig. 14), indicó la existencia de dos estratos que se caracterizaron por su diferente

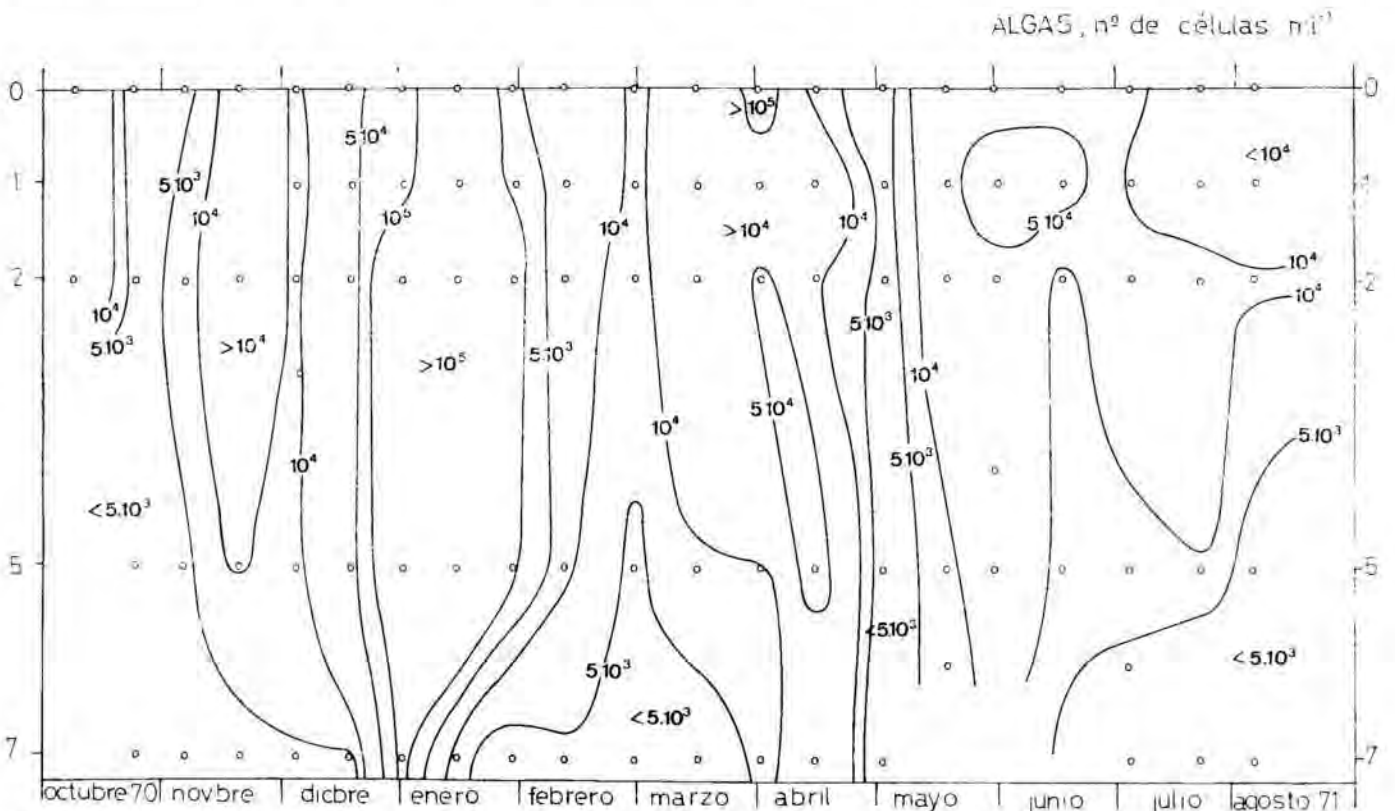


FIG. 14. — Distribución de la densidad de las poblaciones de algas, en células por mililitro, en función de la profundidad y del tiempo. — *Phytoplankton density, in cells per ml, according to depth and time.*

composición: la capa superior (0 a 2 m), generalmente con mayor densidad numérica de algas que la profunda (5 a 7 m); ésta estuvo caracterizada por la mayor abundancia de bacterias. Sin embargo, en determinados períodos, las algas y las bacterias se distribuyeron, relativamente, en forma más homogénea en toda la columna de agua (24-X al 7-XI-70). En otros muestreos (2-I, 30-I y 16-IV-71), se encontró que las concentraciones de algas a 5 m superaron a las observadas en las capas superiores a consecuencia de una mayor sedimentación acaecida después de grandes desarrollos epilimnéticos.

Para las algas se destacaron dos períodos de valores mínimos que se pueden relacionar con cambios físicos y químicos del agua: el primero (24-X-70), se observó conjuntamente a la dispersión del sulfhídrico en toda la masa de agua y el segundo (3-V-71), a consecuencia de una mayor sedimentación en el agua estratificada.

En general, los valores totalizados por las especies más frecuentes (tabla 3), resultaron semejantes para las distintas muestras superficiales (0 a 2 m) de cada fecha; los registrados entre 5 y 7 m, disminuyeron con el aumento de la profundidad.

La mayor diversidad específica se observó durante los meses de verano y la menor en invierno. Este hecho puede relacionarse con los cambios en la concentración de nutrientes.

Sistemática

La lista que se transcribe a continuación comprende todas las especies encontradas durante el presente estudio. Las que no llevan datos o aclaraciones coinciden, en general, con los rasgos diferenciales que se encuentran en la bibliografía. En caso contrario, se señalan las dimensiones observadas u otros rasgos que la diferencian de la especie tipo o de las variedades conocidas.

BACTERIA

Los géneros y especies que se citan, corresponden solamente a aquellos que pueden diferenciarse morfológicamente; como este criterio no es satisfactorio, sólo se nombran como orientación preliminar, ateniéndonos al manual Bergey (BREED, *et al*, 1957).

Chromatium spp. (fig. 15, 1, a-d). — Se han observado varias formas atribuibles a distintas especies, que hemos agrupado de la siguiente forma: grupo 1 (fig. 15, 1, a), células de $7-10 \times 3-4 \mu\text{m}$ (atribuibles a *C. okenii* y *C. weissei*); grupo 2 (fig. 15, 1, d), células de $2-3,5 \times 2-3 \mu\text{m}$ (atribuibles a *C. vinosum* y *C. violaceum*); grupo 3 (fig. 15, 1, c), células de $2-3 \times 1,5 \mu\text{m}$ (atribuibles a *C. gracile* y *C. minutissimum*); grupo 4 (fig. 15, 1, b), células de $4-6 \times 2-4 \mu\text{m}$ (atribuibles a *C. molischii*, *C. vinosum* y *C. minutissimum*).

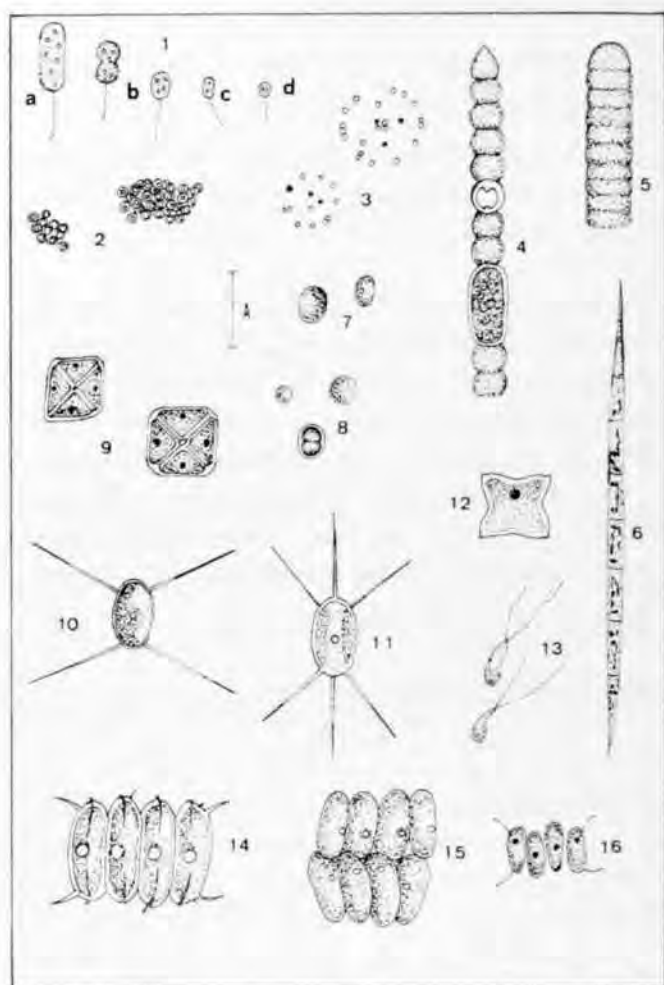


FIG. 15. — 1, *Chromatium* spp. (a, grupo 1; b, grupo 4; c, grupo 3, y d, grupo 2); 2, *Thiocystis* sp.; 3, micrococcos en colonia; 4, *Anabaena iyengari*; 5, *Oscillatoria tenuis*; 6, *Raphidiopsis* sp.; 7, *Chlorella ellipsoidea*; 8, *Chlorella pyrenoidosa*; 9, *Crucigenia tetrapedia*; 10, *Chodatella quadriseta*; 11, *Chodatella subalsa*; 12, *Tetraedron minimum*; 13, zoosporas; 14, *Scenedesmus armatus* var. *spinosa*; 15, *Scenedesmus disciformis*; 16, *Scenedesmus intermedius*. Todas las figuras están dibujadas a la escala gráfica A = 10 μm .

Thiocystis sp. (fig. 15, 2). — Si bien podría tratarse de *T. rufa* Win., el rango de variación en el diámetro de las células ($1,4-2 \mu\text{m}$).

no nos permitió atribuirle a ninguna de las especies citadas en la bibliografía.

Micrococcos en colonia (fig. 15, 3). — Bajo esta denominación agrupamos los pequeños cocos de 1 μm de diámetro dispuestos, generalmente, en la periferia de colonias globosas. Por lo común, éstas estaban formadas por 10 a 30 células.

Los géneros que se mencionan a continuación fueron observados solamente en los filtros de membrana teñidos.

Spirochaeta spp. — De diámetro inferior a 0,5 μm y de longitud muy variable (20-200 μm); por sus características morfológicas algunos ejemplares pueden atribuirse a *S. plicatilis* Ehrb. y otros a *S. stenostrepta* Zuelzer. Otras formas observadas corresponderían a *Thiospirillum rosenberghi* (Warming) Win., *T. rufum* (Perty) Win. y *Rhabdomonas* sp.

CYANOPHYCEAE

Anabaena iyengari Bharad (fig. 15, 4). — Se ha observado un solo tricoma cuyas células tienen 5 μm de diámetro y con un heterociste esférico de 5,2 μm de diámetro.

Oscillatoria tenuis Ag. (fig. 15, 5). — Diámetro celular de 6,5 μm y longitud de 2,6 μm .

Raphidiopsis sp. (fig. 15, 6). — Tricoma recto, sin heterocistes; células centrales de 4,3 \times 3,4 μm y terminales de 7 a 8 μm de largo.

EUCHLOROPHYCEAE

Chlorella ellipsoidea Gerneck (fig. 15, 7). — Células de 5 a 7 \times 3 a 4 μm . Aunque en rasgos generales los ejemplares de *Chlorella* observados pueden atribuirse a dicha especie, necesitaríamos profundizar su estudio para asegurar su identificación.

Chlorella pyrenoidosa Chick (fig. 15, 8). — Células de 2,5 a 5,1 μm de diámetro.

Crucigenia tetrapedia (Kirch.) West y West var. (fig. 15, 9). — Difiere del tipo de la especie por su menor tamaño y por la presencia de engrosamientos en cada una de las cuatro esquinas y en el centro de la colonia cuadrangular. Quizá podría atribuirse a *C. tetrapedia* var. *apiculata* Fritsch y Rich, aunque en nuestro caso hemos observado que las paredes externas de las células eran rectas o ligera-

mente convexas. El diámetro de las colonias varió entre 6,5 y 9 μm .; los autores citados indican para la variedad *apiculata* un diámetro de 8 a 10 μm .

Chodatella quadriseta Lemmerman (fig. 15, 10). — Células de 7-8,2 \times 3,5-4,8 μm ; longitud de las sedas, 12 a 13,6 μm .

Chodatella subalsa Lemmerman (fig. 15, 11). — Células de 7,5-9,5 \times 4-5 μm ; longitud de las sedas, 10-12 μm .

Tetraëdron minimum (A. Braun) Hansgirg (fig. 15, 12). — Células de 7,5 a 9 μm .

Scenedesmus armatus (Chod.) G. M. Smith var. *spinus* Fritsch y Rich (fig. 15, 14). — Células de 11-12 \times 4-4,4 μm , dos espinas curvas en cada una de las células terminales y

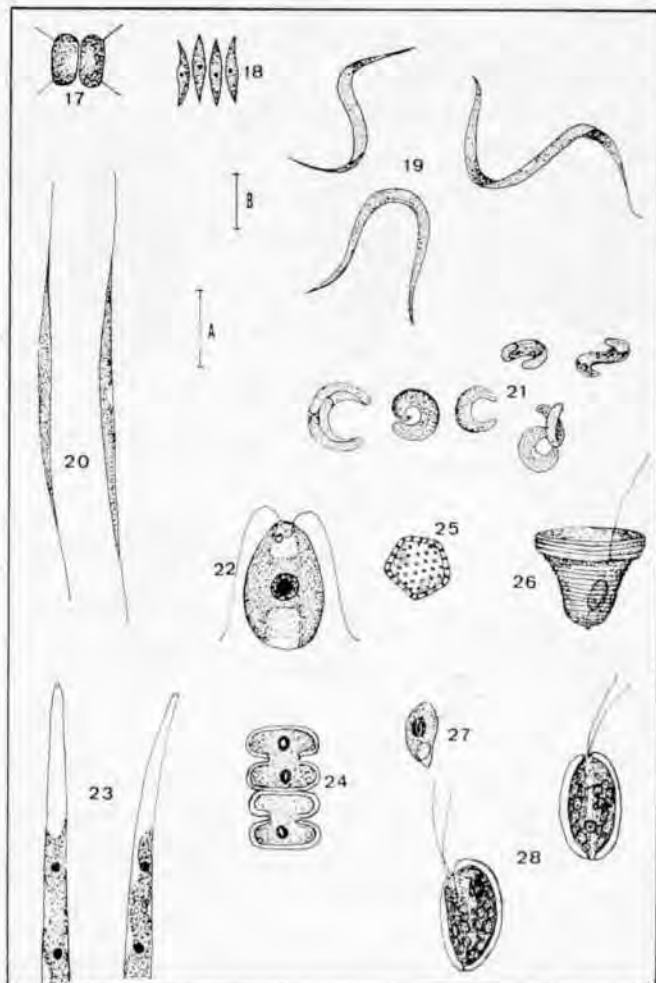


FIG. 16. — 17, *Scenedesmus nanus*; 18, *Scenedesmus obliquus*; 19, *Monoraphidium irregulare*; 20, *Monoraphidium setiforme*; 21, *Monoraphidium minutum*; 22, *Chlamydomonas* sp.; 23, *Closterium acutum*; 24, *Cosmarium tenue* var. *minus*; 25, *Goniochloris minuta*; 26, *Bicoeca multiannulata*; 27, *Rhodomonas minuta* var. *nannoplantica*; 28, *Cryptomonas phaseolus*. Las figuras 17, 18, 19 y 21 están dibujadas a la escala B = 10 μm ; las restantes a la escala A = 10 μm .

pequeñas espinitas en uno o ambos extremos de cada célula.

Scenedesmus disciformis (Chod.) Fott y Komárek (fig. 15, 15). — Células de $8-9 \times 4 \mu\text{m}$.

Scenedesmus intermedius Chodat (fig. 15, 16). — Células de $4,5-5,5 \times 1,8-2,3 \mu\text{m}$. Espinas curvas y finas de hasta $4,5 \mu\text{m}$ de longitud.

Scenedesmus nanus Chodat (fig. 16, 17). — Células de $10 \times 4,5 \mu\text{m}$, espinas de $5 \mu\text{m}$ de longitud.

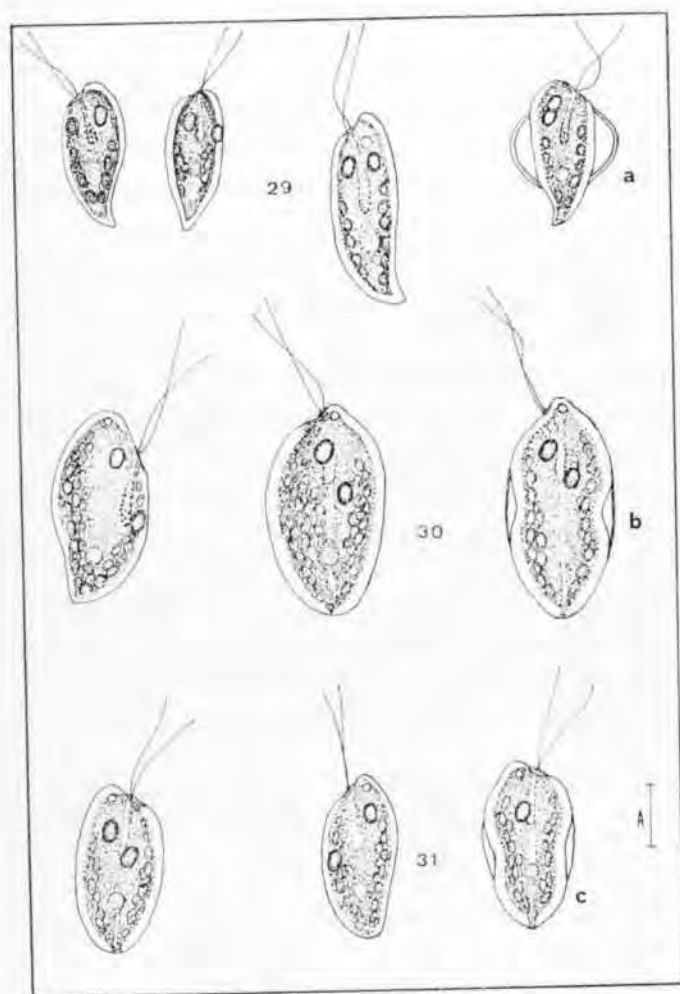


FIG. 17. — 29, *Cryptomonas marsonii*; 30, *Cryptomonas ovata*₁; 31, *Cryptomonas ovata*₂. Las figuras 29a, 30b y 31c corresponden a formas anormales de las respectivas especies. Todas las figuras están a la escala A = $10 \mu\text{m}$.

Scenedesmus obliquus (Turp.) Kütz. (figura 16, 18). — Células de $12,5 \times 3,5 \mu\text{m}$.

Monoraphidium irregulare (G. M. Smith) Legn. (fig. 16, 19). — Distancia entre los extremos de las células, $20-40 \mu\text{m}$; ancho de la espiral, $14-21 \mu\text{m}$.

Monoraphidium setiforme (Nyg.) Legn. (figura 16, 20). — Células de $50-75 \times 1,5-1,7 \mu\text{m}$.

Monoraphidium minutum (Näg.) Legn. (figura 16, 21). — Células aisladas o en grupos de 2 a 4 células. Dimensiones: $8-10 \times 2-4 \mu\text{m}$.

Dictyosphaerium pulchellum Wood. — Células de $3-4 \mu\text{m}$ de diámetro.

Oocystis solitaria Wittr. — Células de $12-15 \times 9-11 \mu\text{m}$.

Chlamydomonas sp₁ — Las observaciones fueron realizadas sobre material fijado, lo que imposibilitó la visualización de algunos caracteres. Células de $9-10 \times 7-7,7 \mu\text{m}$, cloroplasto en cilindro abierto en las dos extremidades, por lo que puede atribuirse al subgénero *Agloë*.

Chlamydomonas sp₂ (fig. 16, 22). — La misma dificultad antes indicada, impidió su identificación. Células de $17-18 \times 10-10,5 \mu\text{m}$, flagelos de $18-20 \mu\text{m}$. También pertenece al subgénero *Agloë*.

Carteria sp. — No ha podido ser identificada específicamente por la misma razón que la indicada para *Chlamydomonas* spp.

Zoosporas (fig. 15, 13). — Hemos designado como probables zoosporas, a células flageladas de $4,5-5 \times 1,5 \mu\text{m}$ con 2 flagelos de $6,8$ a $8 \mu\text{m}$ de longitud.

Botryococcus braunii Kütz. — Células elipsoidales de $7 \times 4 \mu\text{m}$.

ZYGOPHYCEAE

Closterium acutum (Lyngb.) Bréb. (fig. 16, 23). — Células de $100-135 \times 4-5 \mu\text{m}$, algo curvadas y adelgazándose gradualmente hacia los extremos.

Cosmarium tenue Arch. var. *minus* Prescott y Scott (fig. 16, 24). — Pared muy finamente punteada. Long. $9 \mu\text{m}$; lat. $7 \mu\text{m}$; istmo $3 \mu\text{m}$.

CHRYSOPHYCEAE

Dinobryon divergens Imh.

Bicoeca multiannulata Skuja (fig. 16, 26). — Células de $12-12,5 \mu\text{m}$ de altura y $15-16 \mu\text{m}$ de diámetro.

Mallomonas sp. — Esta especie no ha podido ser identificada por la imposibilidad de estudiar adecuadamente sus escamas.

XANTHOPHYCEAE

Goniochloris minuta Bourrelly (fig. 16, 25).
Células de 8-9 μm .

BACILLARIOPHYCEAE

Cyclotella melosiroides (Kirch.) Lemm. —
Células de 5-9 μm de diámetro.

Cyclotella meneghiniana Kütz. — Células de
15-20 μm de diámetro.

Cyclotella pseudostelligera Hustedt. — Cé-
lulas de 5,7-8 μm de diámetro.

Nitzschia acicularis W. Smith. — Células de
70-100 \times 3-4 μm . El 16-III-71 se observaron
muchos ejemplares englobados por un flage-
lado no identificado.

Nitzschia palea (Kütz.) W. Smith. — Célu-
las de 25-50 \times 2,5-5 μm .

Navicula cryptocephala Kütz. — Células de
22-27 \times 5-6 μm .

Synedra acus Kütz. — Células de 200-240
por 5 μm .

CRYPTOPHYCEAE

Rhodomonas minuta var. *nannoplanctica*
Skuja (fig. 16, 27). — Células de 8-9 \times 5-6 μm .

Cryptomonas phaseolus Skuja (fig. 16, 28).
Células de 12-16 \times 7-8,5 μm .

Cryptomonas erosa Ehrenberg. — Células
de 14-20 \times 6-9 μm ; espesor de 7-9 μm .

Cryptomonas marsonii Skuja (fig. 17, 29). —
Células 18-30 \times 8-13 μm .

Cryptomonas ovata, Ehrenberg (fig. 17, 30).
Células de 29-34 \times 15-19 \times 12-17 μm .

Cryptomonas ovata, Ehrenberg (fig. 17, 31).
Las dimensiones de los ejemplares observa-
dos fueron de 17-24 \times 12-14 \times 8-13 μm .

Hemos separado en dos grupos a los ejem-
plares pertenecientes a *C. ovata*, en razón a
su distinta distribución en el transcurso del
año y tomando como único carácter diferen-
cial su distinto tamaño. Los ejemplares de
mayor tamaño (1) estuvieron mejor repre-
sentados en invierno.

En ambos grupos se presentan algunas va-
riaciones que nos hicieron pensar en la posi-

bilidad de que algunos de los ejemplares per-
tenezcan a la variedad *curvata* Lemm.:
1) extremo posterior curvado, 2) presencia de
tres cuerpos ovales grandes y muy refringen-
tes y 3) un mayor desarrollo de la parte an-
terior. De todos modos, las numerosas formas
de transición existentes entre una y otra no
nos permitieron su separación durante la rea-
lización de los recuentos.

En la figura 17 (29a, 30b y 31c) se puede
observar la formación de espacios de separa-
ción entre la membrana y el cuerpo celular.
Esta anomalía comenzó a observarse en
algunos ejemplares del 21-XI-70 y las mayores
variaciones en el tamaño y disposición de
estos espacios se registraron en 30-I-71.

DINOPHYCEAE

Peridinium inconspicuum Lemm. — Se ob-
servaron dos formas: *P. inconspicuum* tab.
remotum fa. *spiniferum* (Lindem) Lef. y *P. in-*
conspicuum tab. *contactum* (Lindem) Lef.,
que fueron contadas en conjunto.

Peridinium pusillum (Pen.) Lemm.

Peridinium cunningtonii fa. *quinquecuspi-*
data (Massart) Lef.

Peridinium cinctum (Müller) Ehrb.

Glenodinium sp.

EUGLENOPHYCEAE

Phacus agilis Skuja.

Phacus oscillans Klebs.

Lepocinclis acicularis Francé.

Lepocinclis fusiformis (Carter) Lemm.

Colacium vesiculosum Ehrb. — Se observó
en estado libre y fijo sobre copépodos.

Euglena sp.

Trachelomonas intermedia Dangeard.

Variación cuantitativa

La distribución de cada una de las espe-
cies puede deducirse de la tabla 3. Los co-
mentarios siguientes se refieren al conjunto
de los grupos:

BACTERIA

Prácticamente durante todo el año, se encontraron representantes de la familia *Thiorhodaceae* (principalmente *Chromatium* spp. y *Thiocystis* sp.); pero, en varias oportunidades, estas bacterias hallaron condiciones ecológicas óptimas para su desarrollo, proliferando en forma notable (tabla 3). Una de estas proliferaciones se observó cuando el sulfhídrico, producido en la zona anaerobia, se distribuyó en toda la masa de agua (24-X-1970) permitiendo registrar un rápido incremento y el valor máximo en el muestreo siguiente (7-XI-70).

Durante los meses de invierno y principios de primavera, su número disminuyó notablemente, y sólo se detectaron en cantidad en las capas de agua más profundas.

Al comenzar la estratificación térmica, la concentración creciente de sulfhídrico en el

hipolimnion permitió un gran desarrollo de estas bacterias, alcanzando el mayor número en la capa de agua comprendida entre 4 y 5 m (1-VI-71), coloreándola de rosado.

La aparición de estas capas de agua roja ha suscitado el interés de diversos investigadores, motivando algunos trabajos (UTERMÖHL, 1925; GIETZEN, 1931; ELLIS, 1932; FORTI, 1933; CERRUTI, 1938; CVIIC, 1955 y 1960; KUZNETSOV, 1959; SOROKIN, 1965; TRÜPER y GENOVESE, 1968; HIRSCH, en BROCK, 1970 y KAISER, 1966a) y, también, algunas revisiones (KONDRATIEVA, 1965; KAISER, 1966b y PFENNIG, 1967); sin embargo, la composición biológica de la capa de agua roja en Vilà presentó un aspecto particular.

Los resultados que se comentan a continuación se obtuvieron por el método de filtración mediante filtros de membrana. El número total de bacterias a 4 m (1-VI-71) fue de 5 000 000/ml, de las cuales 1 120 000 se re-

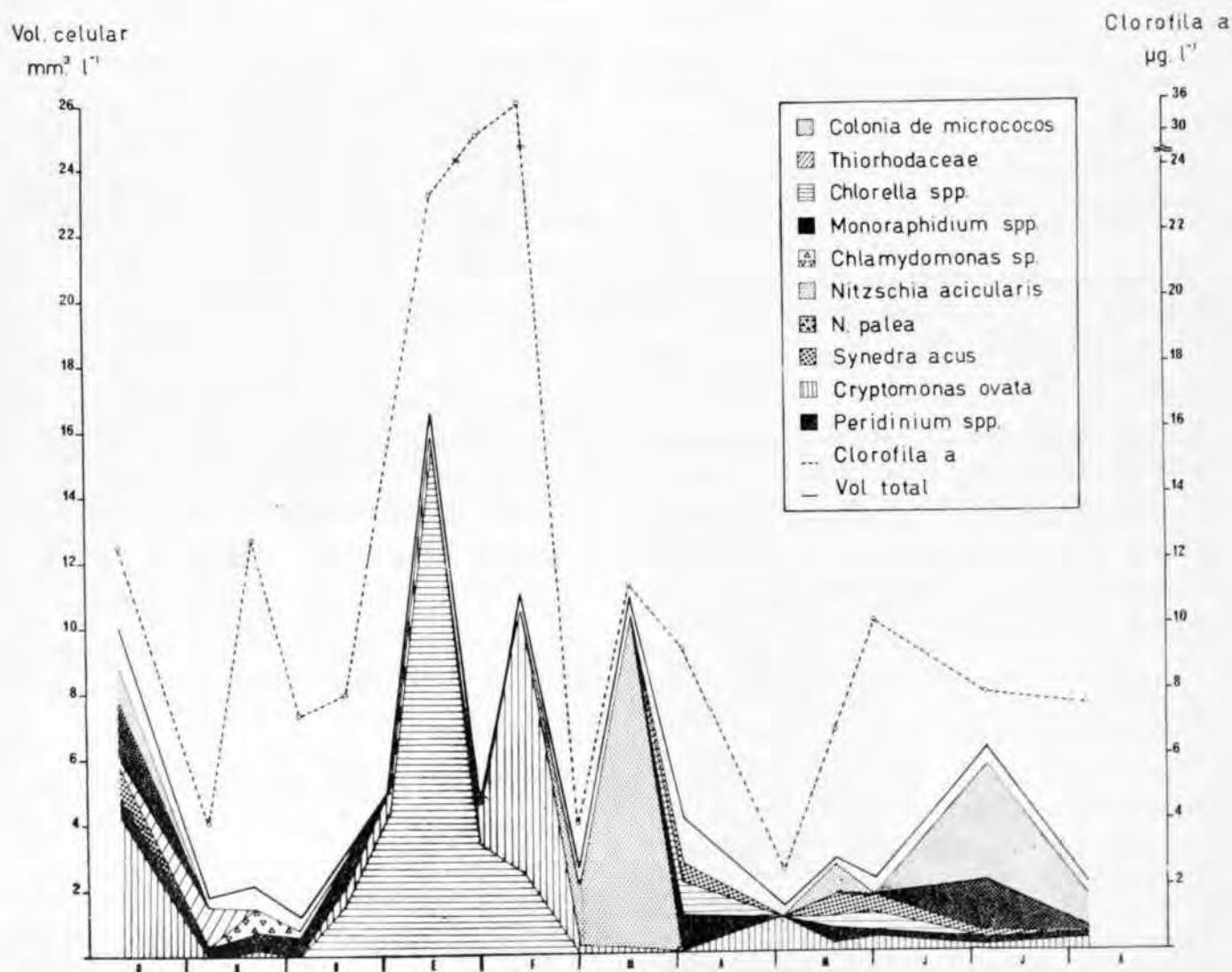


FIG. 18. — Variación de los volúmenes celulares de algunas especies del fitoplancton y de la concentración de clorofila *a* en las muestras de superficie. En abscisas se expresa el tiempo en meses. — Total cell volume of selected species and total concentration of chlorophyll *a* in surface samples, in function of time.

gistraron como *Thiorhodaceae*: *Chromatium* spp. (grupo 2 y 3, siendo dominante el primero), *Thiocystis* sp., *Thiospirillum rufum* y *Spirochaeta* spp. El número total de bacterias a 5 m (1-VI-71) fue de 3 000 000, correspondiendo 1 000 000 a las *Thiorhodaceae*: *Chromatium* spp. (predominando el grupo 2) y *Thiospirillum rosenberghi*.

ción de sulfhídrico, lo que ratifica un concepto clásico en microbiología: las bacterias se encuentran en su máximo número cuando el sustrato específico se va agotando. En esta oportunidad, se pudo apreciar un color rosado del agua obtenida a 5 m de profundidad; la composición bacteriana fue la siguiente: *Chromatium* spp., 120 000 cél./ml

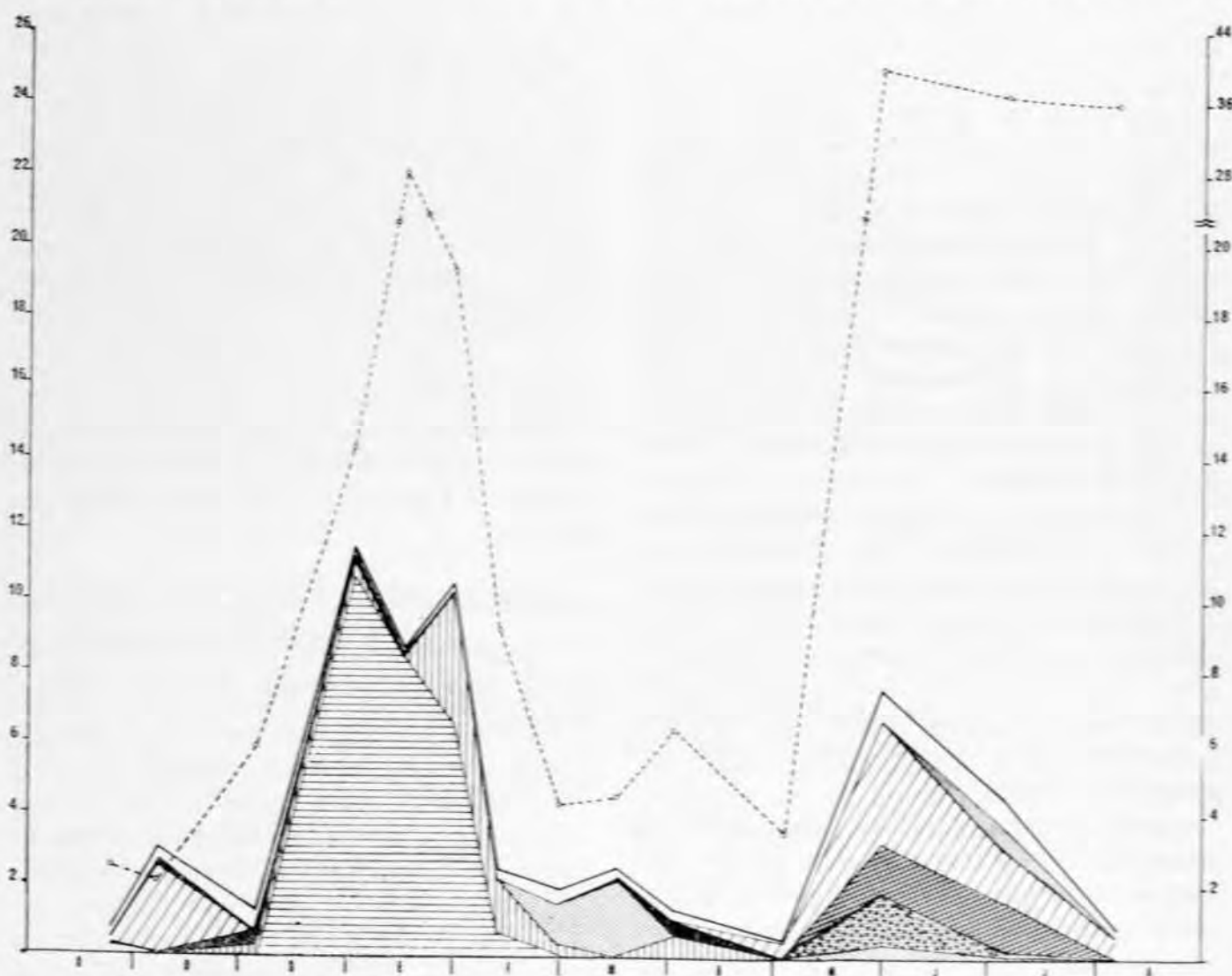


FIG. 19. — Variación de los volúmenes celulares de algunas especies del fitoplancton y de la concentración de clorofila a en muestras de 5 m de profundidad, expresadas como en la figura 18. — Total cell volume of selected species and total chlorophyll a content in samples collected at 5 m depth. As in fig. 18.

Con respecto a lo que puede considerarse como contenido «normal» de bacterias a esas profundidades, la aparición de la capa de agua roja correspondió a un coeficiente de estimulación de 5,6.

A partir del 1-VI-71, se registraron concentraciones crecientes de sulfhídrico, no acompañadas por un incremento de *Thiorhodaceae*. A fines de julio (23-VII-71), se registró un relativo aumento de estas bacterias al mismo tiempo que una menor concentra-

(predominando el grupo 2); *Spirochaeta* spp., 40 000 cél./ml; colonias de micrococos, 170 000 col./ml. El número total de bacterias fue de $2,7 \times 10^6$ cél./ml y el coeficiente de estimulación fue de 3.

En el Vilà y en general, como ha sido señalado por varios autores (KUZNETSOV, 1958 y 1959; RUTNER, 1959; GENOVESE, 1963; CVIIC, 1960; VILLERET, 1958), las bacterias fotosintéticas alcanzan sus valores numéricos máximos en capas definidas, de variable es-

pesor, en profundidades en las que el oxígeno y el sulfhídrico registran valores mínimos, pero con luz suficiente para desempeñar su actividad fotosintética.

Como se sabe (KAISER, 1966b), estas bacterias al ser capaces de utilizar la luz infrarroja, pueden multiplicarse bajo una cubierta vegetal. Sin embargo, este hecho no significa que no puedan multiplicarse activamente sin tal cubierta. En efecto, los siguientes ejemplos indican que la luz directa no parece afectarles negativamente: el gran desarrollo alcanzado por estas especies en las capas superficiales (7-XI-70), las colonias rojas y compactas exclusivamente formadas por *Chromatium* sp. (grupo 2) que se pueden observar a simple vista sobre las paredes de la «Font Puda» (fuente cercana al lago en estudio) cubiertas por una lámina delgada de agua corriente y el afloramiento de *Lamprocystis roseopersicina*, citado por HUTCHINSON (1957), en toda la masa de agua del lago Son Sakesar Kahar de Pakistán.

Con respecto al oxígeno, RUTTNER (1959) señala la presencia de estas bacterias junto a cantidades de oxígeno que oscilaron entre 3 y 4 mg/l; en el Vilà, las mayores concentraciones de *Thiorhodaceae* se encontraron entre 0 y 1,6 ml/l. Estos datos indican que estas bacterias, generalmente consideradas como anaerobias, podrían situarse entre las anaerobias facultativas.

Las bacterias que hemos agrupado bajo la denominación de micrococos en colonia, sólo fueron observadas durante los meses de otoño y verano.

Los valores mayores se registraron en las muestras superficiales, durante el verano. Durante el otoño, se observó una distribución vertical homogénea.

CYANOPHYCEAE

A pesar del alto grado de eutrofia de esta laguna, las algas verde-azules se encontraron escasamente representadas durante el período estudiado. Es probable que este hecho pueda relacionarse con la carencia de algún nutriente (PROVASOLI, en ROHLICH, 1969). Este grupo solamente se observó en otoño, representado por muy pocas especies (tabla 3).

EUCHLOROPHYCEAE

Este grupo de algas estuvo representado durante todo el período estudiado y fue, además, el de mayor riqueza específica.

Analizando el ciclo estacional de este grupo en el epilimnion, se advirtieron tres períodos de máximo desarrollo, con mayores valores a 15 000 cél./ml: el primero, en invierno (19-XII-70 al 13-II-71), el segundo, a principios de primavera (2-IV-71) y el tercero, a fines de la misma estación (1-VI al 18-VI-71). Por el contrario, los números totalizados por este grupo resultaron mínimos en tres muestreos: el primero, en otoño (24-X-70), el segundo, a fines de invierno (1-III-71) y el tercero, en primavera (3-V-71). En todas estas oportunidades la densidad numérica de este grupo fue inferior a 3000 cél./ml.

ZYGOPHYCEAE

Esta clase se observó en otoño (10-X a 7-XI-70) y estuvo representada por *Closterium acutum* y *Cosmarium tenue* var. *minus* (tabla 3).

CHRYSOPHYCEAE

Este grupo se encontró representado en algunas muestras extraídas durante otoño y primavera.

XANTHOPHYCEAE

Estuvieron representadas en los meses de verano por *Goniochloris minuta* (tabla 3).

BACILLARIOPHYCEAE

Estuvieron representadas durante todo el año, destacándose cuatro momentos de mayor desarrollo: el primero, en otoño (10-X-1970); el segundo, en invierno (1-III y 16-III-71); el tercero, en primavera (19-V-71); el cuarto, en verano (5-VII-71).

CRYPTOPHYCEAE

Se encontraron todo el año, destacándose 5 momentos de mayor desarrollo que estuvieron caracterizados por la dominancia de distintas especies. El primero y segundo, en otoño (10-X y 21-XI-70); el tercero, en invierno (13-II-70) y el cuarto y quinto, en primavera (2-IV y 18-VI-71).

DINOPHYCEAE

Se encontraron a principios de otoño, fines de primavera y durante el verano.

EUGLENOPHYCEAE

Esta clase estuvo representada durante otoño, primavera y verano, observándose, generalmente, los mayores valores en el estrato profundo.

HUTCHINSON (1967) indica que este grupo es característico de pequeños cuerpos de agua con alto contenido de materia orgánica y BRAARUD y FOYN (1958) observaron su presencia en el agua profunda conteniendo sulfhídrico e indican como límite en la distribución vertical de esta clase, la capa de agua poco oxigenada inmediatamente debajo de la cual se encuentra el agua con sulfhídrico.

En el estudio de la laguna del Vilà, observamos la presencia de algunas especies en el estrato profundo que contiene sulfhídrico y es rico en materia orgánica.

Contribución de las principales especies al volumen del fitoplancton

Se ha estimado el volumen celular de las distintas especies del fitoplancton partiendo de las dimensiones medias para cada especie y asociando la forma del alga o bacteria a un cuerpo geométrico.

Multiplicando los volúmenes celulares por las concentraciones estimadas en los recuentos, obtenemos una idea sobre la contribución de las especies al volumen total del fitoplancton.

A pesar del error que suponen tales estimaciones, tanto las del volumen como las de las concentraciones (inferior al 10 %, según LUND, KIPLING y LE CREN, 1958), además del error de muestreo no estimado, resulta que, por su importancia numérica y/o por su volumen, trece especies de algas y las bacterias (*Thiorhodaceae* y micrococos en colonia) alcanzan a totalizar volúmenes significativos en el fitoplancton total.

Las variaciones de los volúmenes totalizados por las distintas especies a través del ciclo estudiado y el volumen total del fitoplancton, se han graficado para dos profun-

didades (0 y 5 m) como representativas del epi e hipolimnion (fig. 18 y 19). Se indica en las mismas figuras, la variación en la concentración de clorofila *a*.

TABLA 4. — Volúmenes de algunas especies del fitoplancton. — *Computed volumes of selected species.*

Especies	Volumen (μm^3)
<i>Chromatium sp.</i> (grupo 2)	7
<i>Thiocystis sp.</i>	60
<i>Colonia de micrococos</i>	10
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	65
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	30
<i>Monoraphidium minutum</i>	70
<i>Monoraphidium irregulare</i>	90
<i>Monoraphidium setiforme</i>	60
<i>Chlamydomonas sp.</i> ₁	80
<i>Nitzschia acicularis</i>	320
<i>Nitzschia palea</i>	500
<i>Synedra acus</i>	2000
<i>Cryptomonas ovata</i> ₁	2500
<i>C. ovata</i> ₂	910
<i>Peridinium pusillum</i>	1500
<i>P. inconspicuum</i>	4200
<i>P. cunningtonii</i> fa. <i>quinquecuspidata</i>	4200

El volumen total del fitoplancton varió entre 1,2 mm³/l y 16,5 mm³/l, en las muestras de superficie y entre 0,5 y 11,5 mm³/l, en las muestras de 5 m.

Como datos comparativos se señalan los indicados por STRASKRABA *et al.* (1969), que estimaron los siguientes valores extremos en las variaciones del volumen del fitoplancton: 0,29 mm³/l (Laguna del Tesoro, Cuba) y 34,3 mm³/l (embalse Chalons, Cuba). Los mismos autores indicaron para lagos de África (con datos de TALLING, 1957), un valor mínimo de 0,9 mm³/l para el lago Victoria y un máximo de 72 mm³/l para un pequeño lago. En Checoslovaquia encontraron 6,5 mm³/l como máximo estival (embalse Klicava), 26,5 mm³/l (embalse Slapy, 1961) y 13,8 mm³/l (para el mismo embalse, un año después). El valor máximo indicado por EDMONDSON (1966) para el lago Washington, es de 12,3 mm³/l. WILLEN (1960) indicó para lagos de España los siguientes volúmenes máximos: 0,57 mm³/l (pantano del Ebro), 0,24 mm³/l (lago Enol) y 0,59 mm³/l (lago cercano a Victoria).

Todos estos autores han señalado que los volúmenes máximos fueron encontrados en

El contenido medio de clorofila *a* por unidad de volumen celular osciló entre 1,1 y 6,3 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ para las muestras superficiales; el mayor contenido se observó cuando la biomasa de *Chlorella ellipsoidea* disminuyó significativamente (30-I-71), el menor, cuando la población de *Nitzschia acicularis* se en-

medio de clorofila *a*. El valor más bajo (0,7 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$) corresponde a un momento de manifiesta dominancia de bacterias (7-XI-70). Durante el período de estratificación térmica se observaron los mayores valores (entre 5,6 y 40 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$); éstos se encontraron afectados por el detrito mencionado anteriormente.

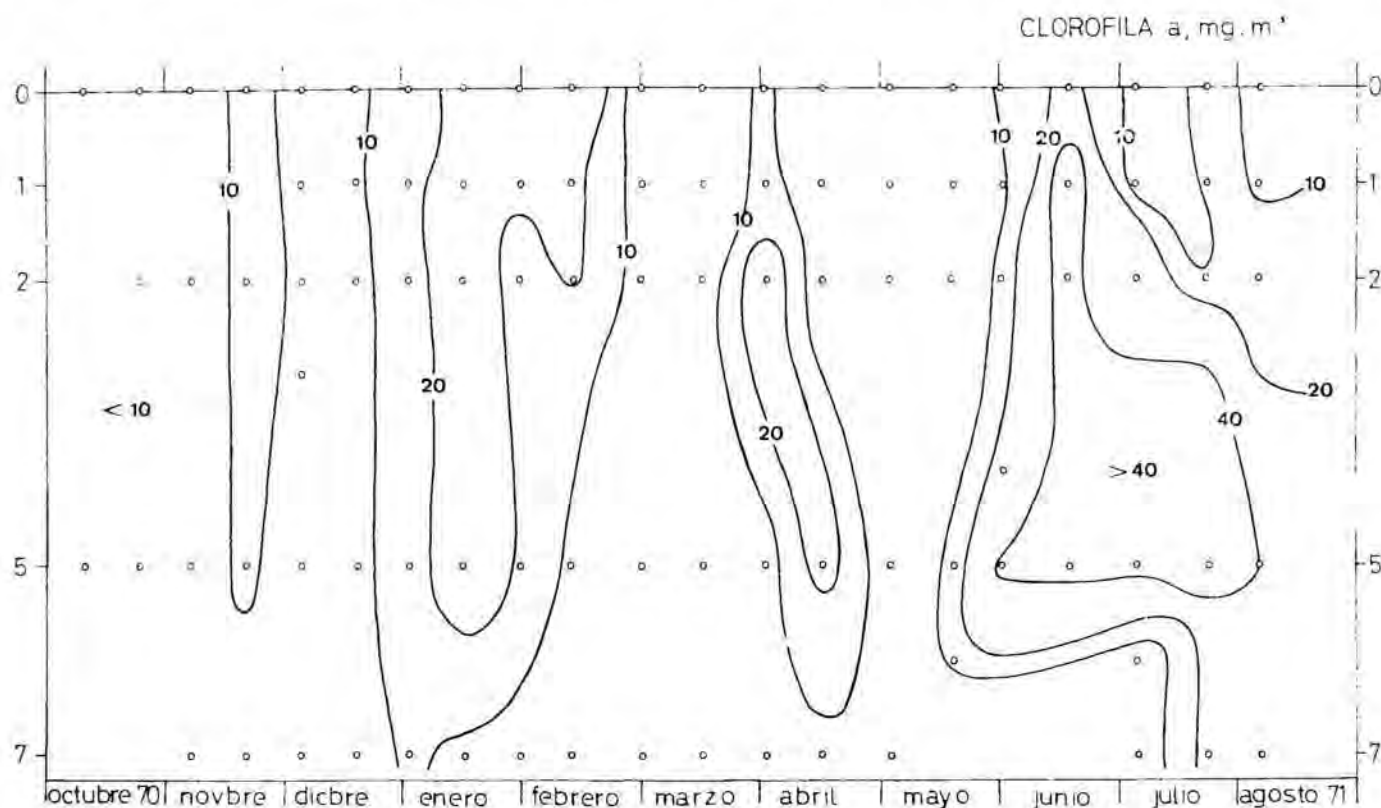


FIG. 20. — Distribución de la concentración de clorofila *a*, en mg por m³, en función de la profundidad y del tiempo. — *Chlorophyll a* content, in mg m⁻³, according to depth and time.

contró parasitada (16-III-71). Más frecuentemente dicho contenido varió entre 1 y 3 μg por mm³.

WRIGHT (1959), indicó que el contenido de clorofila *a* por unidad celular decrece al incrementar la densidad de población. En nuestro caso (fig. 18), observamos que cuatro de los cinco notorios picos de volumen celular corresponden a un contenido promedio que osciló entre 1 y 1,4 μg de clorofila *a*/mm³. La única excepción se observó el 13-II-71 cuando la biomasa dominante la constituyó una especie de gran tamaño: *Cryptomonas ovata*. A 5 m (fig. 19), se observó la misma correspondencia para los dos muestreos de mayor volumen algal (2-I y 30-I-71), en los que el contenido promedio de clorofila *a* fue respectivamente de 1,1 y 1,7 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$.

En la figura 19 se advierte, a 5 m, un mayor rango de variación en el contenido pro-

Con mayor frecuencia se observaron variaciones comprendidas entre 1,0 y 5,0 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$.

índice D_{430}/D_{665}

Informaciones adicionales pueden obtenerse del cociente entre las densidades ópticas a 430 y 665 nm (MARGALEF, 1960, 1963 y 1964). Este cociente varió a través del tiempo y de las distintas profundidades entre 1,1 y 8,3 (fig. 21). El último valor indicado constituyó el límite superior, encerrado por la isopleta de 6. Los valores comprendidos por esta isopleta durante el período de estratificación térmica (mayo-junio) en el hipolimnion, probablemente estuvieron influenciados por pigmentos de origen detrítico y animal (HERRERA y MARGALEF, 1963) y, en otros muestreos (7-XI-70 y 5-VII-71), por la interferencia de los pigmentos bacterianos.

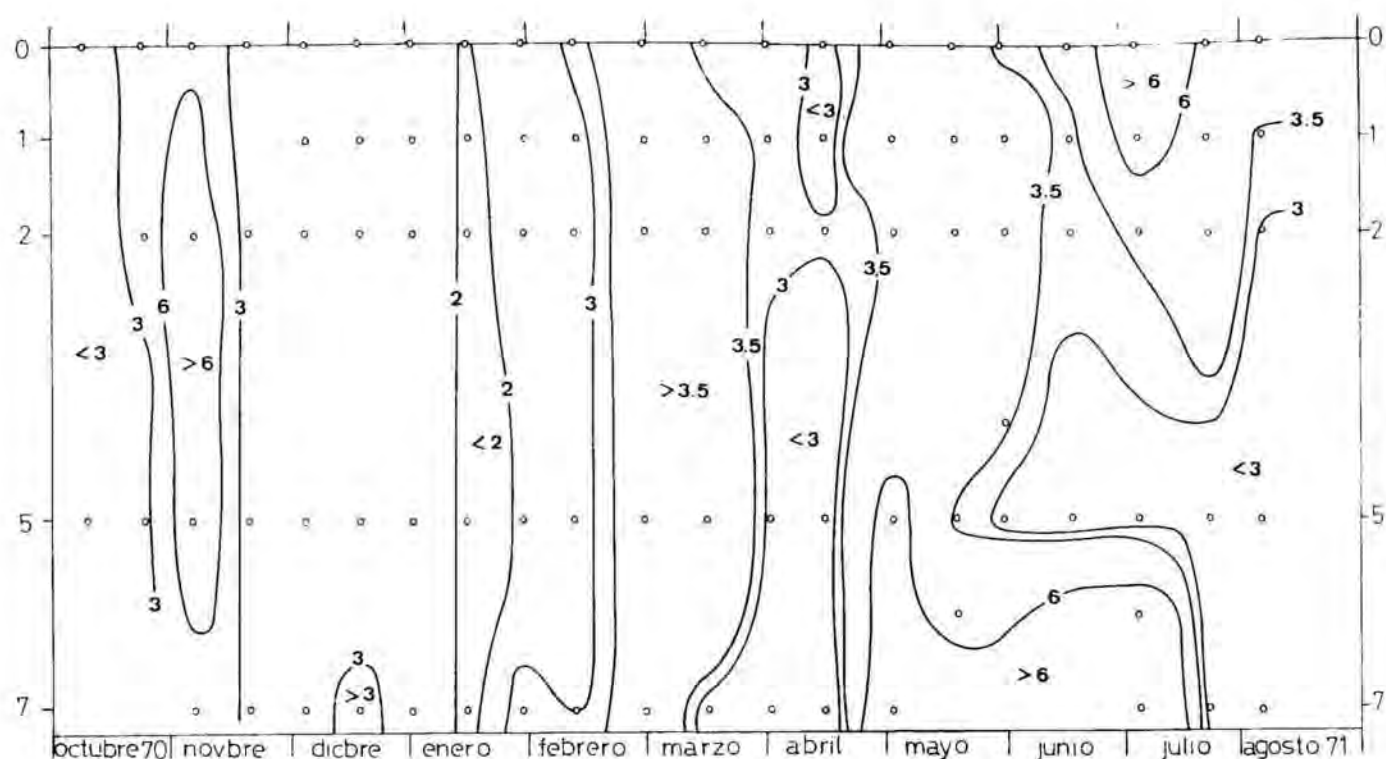
INDICE DE PIGMENTOS D_{430}/D_{665} 

FIG. 21. — Distribución del índice de pigmentos D_{430}/D_{665} , en función de la profundidad y del tiempo. — Pigment index, D_{430}/D_{665} , according to time and depth.

Durante el período estudiado, la correlación entre la concentración de clorofila *a* y el índice de densidades ópticas varió, en las distintas profundidades epilimnéticas, entre 0,4 y 0,43. La mayor correlación se obtiene relacionando la concentración de clorofila por unidad de volumen celular con el cociente de densidades. La correlación entre esas variables fue de 0,64, para las muestras de superficie.

PRODUCCIÓN PRIMARIA

Las medidas epilimnéticas de la fijación de carbono oscilaron entre 0,5 y 54 mg C/m³/h, pero frecuentemente se mantuvieron entre 10 y 25. En el cálculo de estos datos y en los representados en la fig. 22 no se han tenido en cuenta las pérdidas por respiración.

A pesar de la brusca reducción en la concentración de nutrientes (principalmente de nitrato), que caracterizó el período estival, las mayores fijaciones (superiores a 20 mg C/m³/h) se obtuvieron durante dicho período y primavera.

En dos muestreos (13-II y 2-IV-71) realizados en invierno y principios de primavera, la producción primaria superó los 20 mg C/m³/h. En el primero, con valores comprendidos entre 40 y 54, se observó una población creciente de *Cryptomonas ovata* (más notable por el volumen que totalizó que por su número). El segundo, con valores comprendidos entre 21 y 33 mg C/m³/h, coincidió con un fuerte incremento en el número de algas, especialmente de *Chlorella pyrenoidosa* y pequeños flagelados.

La producción primaria en el hipolimnion fue baja; generalmente se obtuvieron valores inferiores a 1 mg C/m³/h, llegando a 10 en una oportunidad (3-V-71) en la que la penetración lumínica fue máxima (disco de Secchi = 5,2 m).

LUND (1970) indicó que frecuentemente existe una relación inversa entre el tamaño de la población (biomasa, expresada como clorofila «a») y la producción por unidad de biomasa. En la fig. 23 hemos graficado esta relación para los valores de superficie; en esa figura, se observa que la creciente concentración de clorofila, registrada durante el

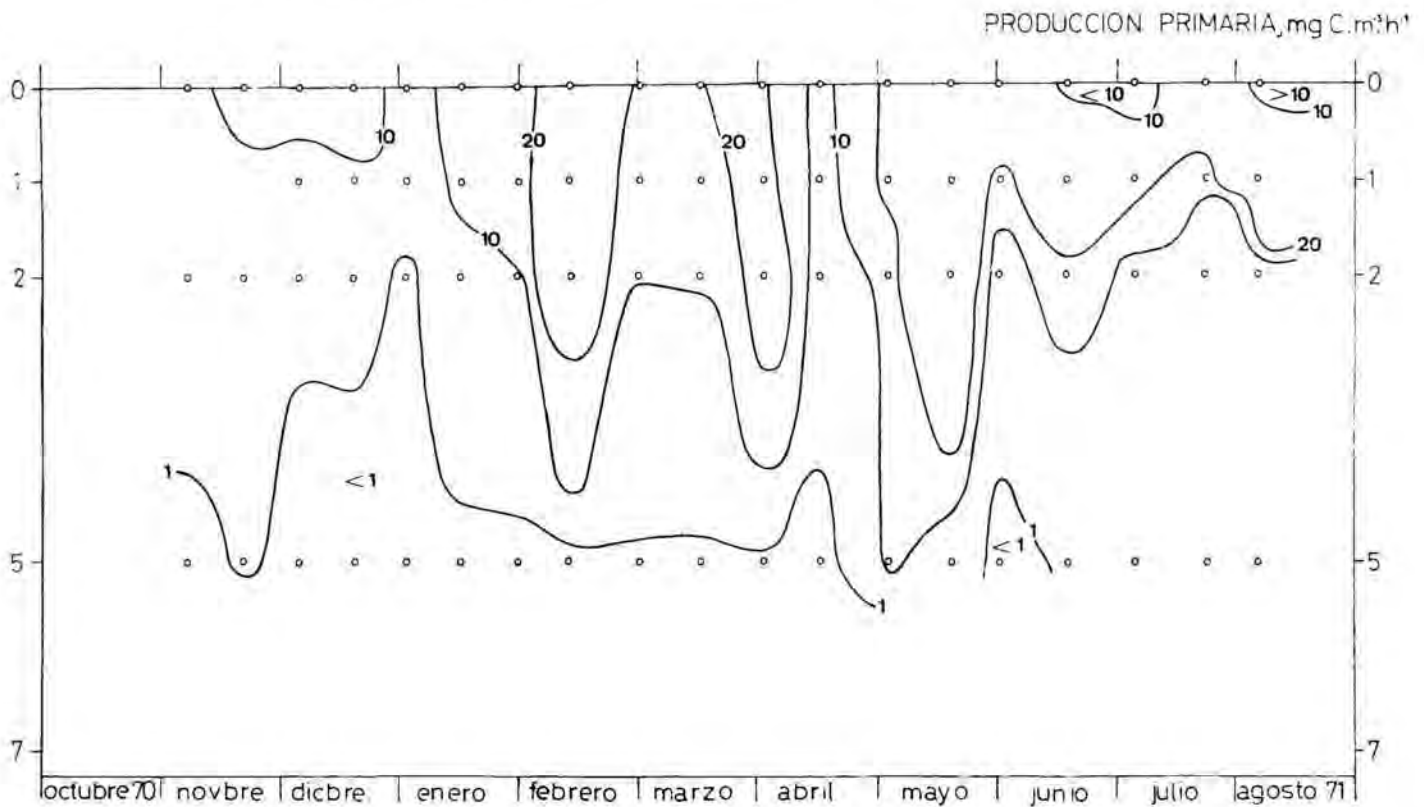


FIG. 22. — Distribución de la producción primaria, como carbono fijado en mg C por m³ y hora, en función de la profundidad y del tiempo. — Primary production, measured as carbon fixation in mg C m⁻³ h⁻¹, according to depth and time.

incremento numérico de *Chlorella* (diciembre-enero), se asocia con un bajo cociente. La gran densidad del fitoplancton pudo disminuir la penetración de la luz y limitar, en consecuencia, la eficiencia en la actividad fotosintética. Igual correspondencia se observó en el segundo máximo en la concentración de clorofila (18-VI-71), siendo nuevamente

Chlorella el género mejor representado.

Por el contrario, el mayor valor del cociente producción-biomasa correspondió al muestreo de mínima densidad fitoplanctónica (3-V-71), evaluada tanto por su número como por su concentración clorofílica.

La reducción en la penetración de la luz, como consecuencia de la gran densidad de

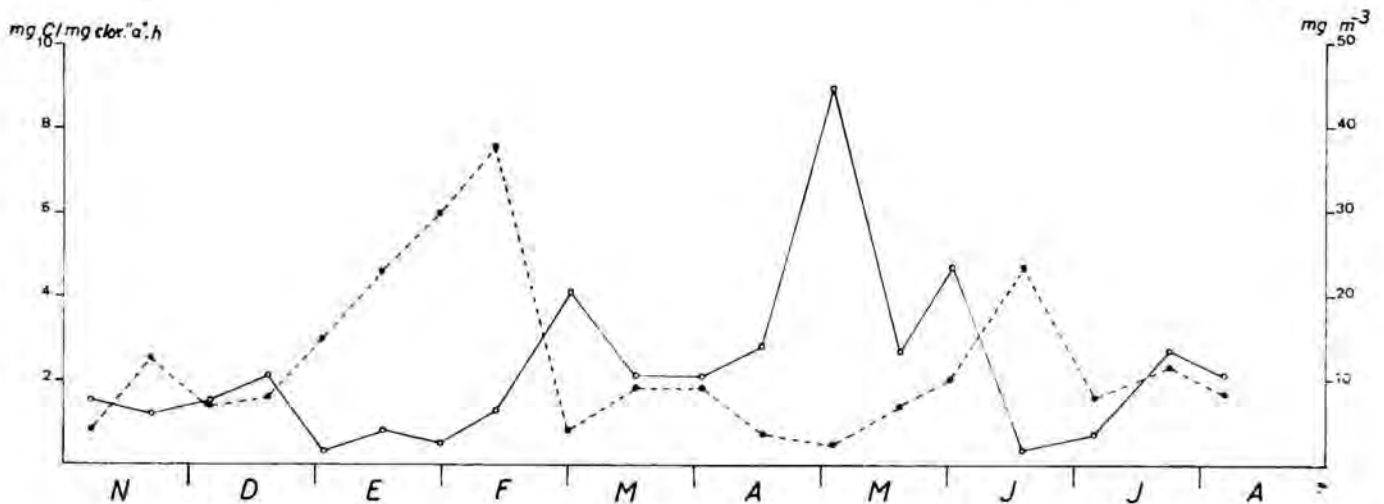


FIG. 23. — Variaciones en la producción por unidad de clorofila, expresada en mg C/mg clorofila a y hora (círculos blancos, línea continua) y en la concentración de clorofila, en mg m⁻³ (círculos negros, línea de trazos). — Relative primary production, as mg C fixed per mg chlorophyll a and hour (open circles, continuous line) and chlorophyll content, in mg m⁻³ (black circles, interrupted line).

algas es, según LUND (1970), un rasgo característico de eutrofización.

También se ha calculado la producción primaria media diaria para el período considerado, la media diaria para el período primavera-verano y la anual (tabla 6 y fig. 24). RODHE (en ROHLICH, 1969) ha clasificado los lagos de acuerdo a su producción primaria, clasificación que reproducimos en la tabla mencionada con fines comparativos. En ella, el Vilà sobrepasa el límite superior del rango de variación de un lago naturalmente eutrófico.

TABLA 6. — Rangos de variación de la producción del fitoplancton en lagos eutróficos (RODHE, en ROHLICH, 1969), en Vilà y en Bañolas. — *Primary production in Banyoles lake and Vilà pond, compared with accepted ranges for eutrophic lakes.*

LAGOS	Cantidad promedio en primavera-verano (mg C/m ² día)	Cantidad anual (g C/m ² año)	Cantidad diaria promedio (mg C/m ² día)
Eutrófico natural	300-1000	75-250	
Eutrófico poluto	1500-3000	350-700	
Vilà	1010	277	705
Bañolas	300	85	266

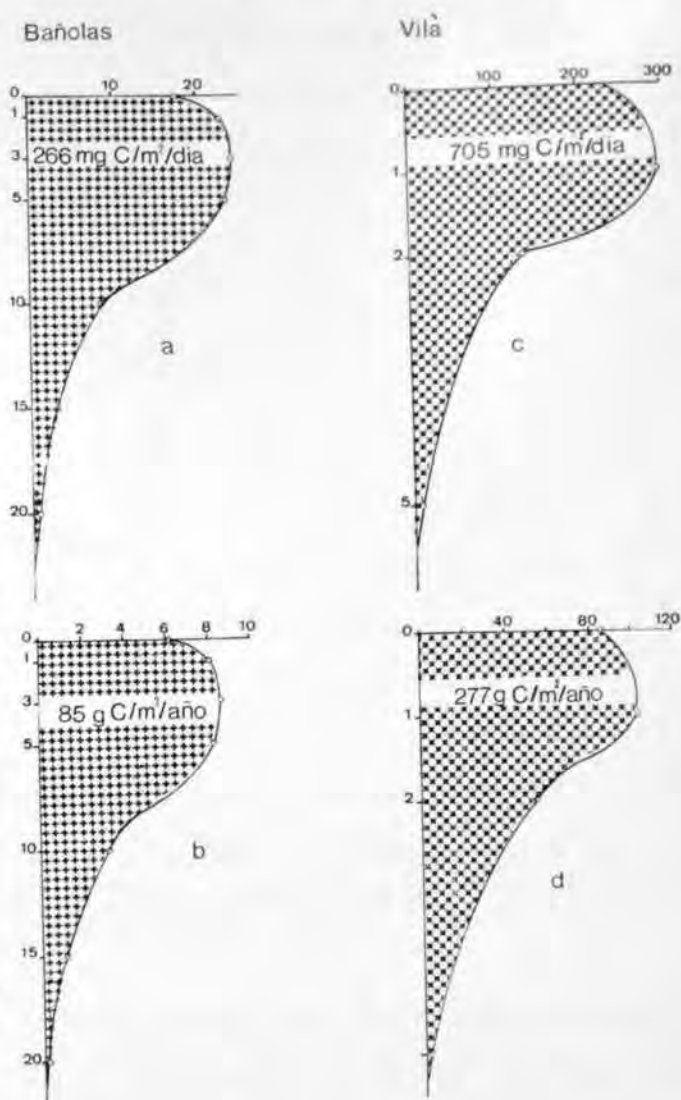


FIG. 24. — a, producción primaria diaria media en Bañolas; b, producción primaria anual en Bañolas; c, producción primaria diaria media en el Vilà; d, producción primaria anual en el Vilà. — a, mean daily primary production in Banyoles; b, yearly primary production in Banyoles; c, mean daily primary production in Vilà; d, yearly primary production in Vilà.

COMPARACION DE DOS LAGOS DE DIFERENTE GRADO DE EUTROFÍA

Con objeto de comparar dos lagos de diferente grado de eutrofia, hemos creído adecuado el modelo que ofrecen los lagos Bañolas y Vilà, tanto por su proximidad como por el hecho de haberse muestreado durante un período coincidente y haberse analizado en sus variables bióticas y abióticas con los mismos métodos.

Ambos lagos fueron muestreados simultáneamente durante el período octubre del 70 a enero del 71; el resto del período de comparación (febrero-agosto), corresponde a diferentes años: 1970 para el lago Bañolas y 1971 para el Vilà (PLANAS, 1973).

Temperatura

A fin de comparar las características térmicas de ambos lagos, hemos elegido una escala que nos permitiera cotejar temperaturas epi e hipolimnéticas entre sí (fig. 25). Las variaciones térmicas estacionales son más acusadas en el lago menor. En efecto, las aguas del Vilà se calientan más durante primavera y verano, enfriándose más en el invierno que las de Bañolas.

Penetración lumínica

Las variaciones de las lecturas del disco de Secchi se representaron en la misma escala

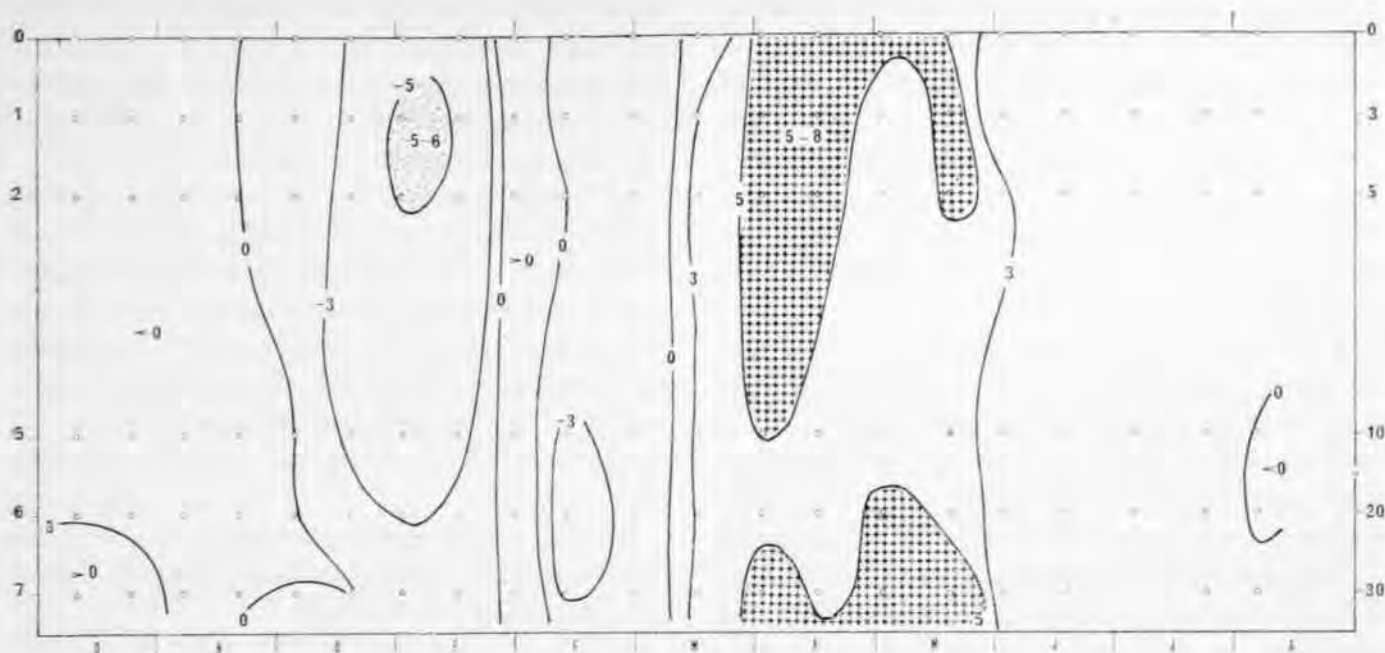


FIG. 25. — Distribución de la diferencia de temperaturas entre Bañolas y el Vilà (temperatura del Vilà menos temperatura en Bañolas, en °C) en función del tiempo y del nivel. Se comparan temperaturas de profundidades diferentes, según las respectivas escalas que se indican a derecha e izquierda de la figura. — *Temperature of the Vilà pond less the temperature of the Banyoles lake, in °C, according to time. The comparison has been established between different levels of the two waters, following the respective scales drawn at left and right of the figure.*

para los dos lagos en la figura n.º 3, donde puede observarse que, en general, la transparencia del agua del Vilà fue inferior a la de Bañolas. Estas variaciones resultan lógicas teniendo en cuenta la mayor densidad de fitoplancton en las capas superficiales del lago menor. Sólo cuando la densidad de partículas en suspensión disminuye (abril-mayo), la transparencia del agua del Vilà supera la de Bañolas.

Oxígeno

Para la comparación del contenido de oxígeno de ambos lagos se ha calculado, integrando por segmentos, la concentración de oxígeno por unidad de superficie (ml/dm^2), en estratos comparables.

El menor volumen hipolimnético del lago más productivo, implica que éste deba afrontar con una menor reserva de oxígeno una mayor demanda. Asimismo, las pérdidas por respiración y por oxidación del mayor aporte de materia orgánica producida en las capas superiores del lago y en el litoral, son mayores en el Vilà que en Bañolas. Por lo tanto, las diferencias correspondientes a las columnas de agua más profunda, resultan marcadamente negativas. Aún en el caso de suponer

iguales concentraciones de oxígeno en el hipolimnion de ambas cuencas e igual aporte de materia orgánica a dicho estrato, el déficit de oxígeno sería comparativamente notorio, por el sólo efecto del menor volumen hipolimnético del Vilà.

Silicato

Ambos lagos tienen una distribución vertical y estacional muy semejante: aumento de la concentración con la profundidad, máxima concentración epilimnética durante el período de circulación y mínima durante el estancamiento.

Se destaca un mayor consumo en la zona trofógena en el lago menos eutrófico durante el período de estratificación térmica como consecuencia de un mayor desarrollo de la flora diatómica.

Fosfato

La concentración de este nutriente en el lago de Bañolas está sujeta a menores variaciones que en la otra cuenca; en general, osciló entre valores inferiores a $0,1$ y $1 \mu\text{g}\text{-át. P/l}$. Valores superiores a este último se registraron sólo en el período mayo-junio.

La velocidad y magnitud de los cambios cíclicos del fósforo en lagos depende de la relación volumen de agua/superficie del fango, así como de la cantidad de organismos vivos (HAYES, *et. al.*, 1952). Según estos autores y HUTCHINSON (1957), la magnitud de esos cambios cíclicos es mayor en los pequeños lagos productivos que en los grandes y poco productivos.

En nuestra comparación, las desviaciones de signo negativo en el Vilà resultan de una mayor concentración en Bañolas (durante el período mayo-junio) y del mayor consumo por asimilación del fitoplancton en el lago pequeño (durante el período octubre-abril).

Las desviaciones positivas resultan de una mayor liberación, desde el fango reductor, en el Vilà.

Nitrato

La concentración de nitrato en el lago de Bañolas, presentó una variación paralela con la del Vilà: máxima concentración en invierno, época en la que en Bañolas osciló entre 10 y 15 $\mu\text{g-at. N/l}$, en tanto que en el Vilà llegó a superar los 40 $\mu\text{g-at. N/l}$, y mínima en la capa trofogénica durante la estratificación térmica.

La diferencia fundamental la constituye la presencia de concentraciones hipolimnéticas que oscilaron entre 5 y 10 $\mu\text{g-at. N/l}$, durante el estancamiento estival (junio-agosto) en el lago de Bañolas, en tanto que en el lago de menor volumen este nutriente prácticamente se agota (0,1-0,5 $\mu\text{g-at. N/l}$) en dicha época.

En la comparación de las concentraciones de nitrato en ambos lagos, destaca la mayor importancia de los procesos de nitrificación invernal y, principalmente, la mayor magnitud que adquieren los procesos de desnitrificación durante el período de estancamiento en el lago más eutrófico. THOMAS (en ROHLICH, 1969) ha indicado para los lagos eutróficos la eliminación de nitrato por desnitrificación.

Nitrito

Las concentraciones de nitrito variaron, en ambos lagos, de manera similar: mínima concentración epilimnética durante el estancamiento estival y mayor concentración en el

hipolimnion durante el mismo período, aunque más manifiesta en Bañolas. Al comenzar la circulación invernal se observó un aumento en el contenido de nitrito en ambos lagos, en toda la columna de agua.

La concentración de nitrito por unidad de superficie en las capas superiores, es mayor en el lago más eutrófico. Diferencias negativas se observan como consecuencia de la mayor importancia que adquieren los procesos de desnitrificación en el Vilà, durante el agotamiento del oxígeno simultáneo a la proliferación de *Thiorhodaceae* (octubre-noviembre).

En las capas más profundas, las concentraciones por unidad de superficie de Bañolas superan a las del Vilà.

Algas

Si se comparan las concentraciones algales del lago Bañolas y del Vilà, resulta evidente que, en el lago más eutrófico, la concentración es constantemente mayor. Esto puede relacionarse con otros estudios realizados sobre los procesos de eutrofización de lagos; en estos procesos es general una creciente concentración en el número de algas: DAVIS (1964) encontró un aumento de 30 veces (desde 81 cél./ml en 1929 hasta 2423 cél./ml en 1962), para el lago Erie. EDMONDSON (1966), señaló que el volumen del fitoplancton del lago Washington aumentó desde 3,1 mm^3/l (1950) hasta 12,3 mm^3/l (1964).

Analizando los resultados obtenidos durante varios años sobre los ciclos estacionales del fitoplancton en el lago Erie (U.S.A.) se destaca, al mismo tiempo que una mayor cantidad de fitoplancton, la tendencia hacia una mayor duración e intensidad del período de máxima concentración (primavera) mientras que los períodos con valores mínimos (verano e invierno) se hacen más cortos y menos intensos; ocasionalmente, el mínimo de invierno llega a desaparecer. PENNAK (1946), indicó que la distribución del fitoplancton con máximo primaveral y mínimo en verano caracteriza, por lo general, a los lagos de la zona templada, pero no necesariamente, a los pequeños lagos.

En la presente comparación, se observó que el fitoplancton del lago de Bañolas experimenta cambios menos bruscos: los valo-

res se mantienen, generalmente, entre 1000 y 3000 cél./ml, observándose a fines de primavera y durante el verano, los mayores valores (máximo de 9400 cél./ml a 3 m, el 20-VII-1970). El período de valores mínimos corresponde a otoño (noviembre) con valores inferiores a 1000 cél./ml. Por el contrario, en el lago más eutrófico (Vilà) se observan variaciones más pronunciadas y períodos de mayor desarrollo más prolongados; también se observan períodos de valores mínimos más cortos y menos intensos (1-III y 3-V-1971).

Clorofila «a»

La concentración de clorofila en el lago más eutrófico fue siempre mayor que en Bañolas. En éste, generalmente osciló entre 0,5 y 2 mg/m³, en tanto que en el Vilà, el rango de variación en la concentración de clorofila fue entre 1,4 y 45 mg/m³.

En el estudio del proceso de eutrofización del lago Washington (EDMONDSON, 1966), se destacó un aumento aproximado de nueve veces en la concentración media de verano entre 1950 y 1964, con 2 y 19 mg/m³, respectivamente. La creciente concentración de clo-

rofila también se indicó como un síntoma de un proceso de eutrofización.

Producción primaria

La fijación de carbono presentó, comparativamente, pocas fluctuaciones a lo largo del ciclo anual en el lago de Bañolas. Sus valores se mantuvieron, generalmente, entre 0,1 y 3 mg C/m³/h. Valores superiores a éste último se observaron con menor frecuencia y, generalmente, en las muestras obtenidas entre 1 y 5 m de profundidad durante invierno (enero), primavera (abril y mayo) y otoño (octubre). Coincidiendo con dichas fechas, las fijaciones de carbono observadas en el Vilà, fueron relativamente menores.

En la tabla n.º 6, se da el promedio de las producciones diarias, para el período primavera-verano y la producción anual para ambos lagos, juntamente con los valores tabulados por RODHE (en ROHLICH, 1969). Según estos datos, Bañolas ocupa el límite inferior del rango de variación de un lago naturalmente eutrófico, en tanto que el Vilà sobrepasa el límite superior de dicho rango.

SUMMARY

THE PHYTOPLANKTON OF THE VILÀ POND (GERONA, SPAIN). — «L'estanyol del Vilà» is a small eutrophic pond, close to the lake of Banyoles, and a part of the same karstic system. Its surface is about 12 000 m² and the average depth is 3.3 m.

Seasonal and vertical changes of the main physical, chemical and biological features, between October 1970 and August 1971, are described.

A thermocline between 2 and 5 m (June-August) and an inverted thermal profile observed near 6 or 7 m due to inflow of bottom water with suspended sediment are the most remarkable thermal characteristics.

The water is generally turbid (Secchi disk readings about 1 m), slightly alkaline (pH ranged between 7.0 and 8.1) and rich in sulphate (4.8 to 15 mg-at SO₄-S/l).

Dissolved oxygen ranged between 0 and 13 ml/l. The lowest values were found in the hypolimnion during the summer. Hydrogen sulphide concentrations varied between 0 and 45 mg H₂S-S/l. The highest values was found in the hypolimnion at the end of the thermal stratification period, which provided optimum condition for the growth of *Thiorhodaceae*.

The nutrients (specially nitrate) increased during winter (December-January) allowing a fast increment of *Chlorophyceae* (*Chlorella ellipsoidea* and *Monoraphidium* spp.), evident also in the increasing concentrations of chlorophyll *a* and high carbon fixation. The specific diversity and D_{430}/D_{665} index were low. These two parameters increased during the summer stratification, while chlorophyll *a* concentrations and the primary production values were relatively lower in summer than in winter.

Comparison between this pond and the lake of Banyoles evidences that the pond has a wider thermal fluctuation, a lower light penetration, a lower oxygen content (smaller hypolimnion and higher oxygen consumption) with frequent anoxic conditions, and higher concentrations of nutrients, chlorophyll and algal cells per unit surface. Primary production per unit surface is about three times higher in the Vilà pond than in the Banyoles lake and, in general, the pond is more eutrophic than the lake. Since both are feed by water of the same composition, its comparison allows to recognize morphometric and cultural factors of eutrophication.

BIBLIOGRAFÍA

- ABERG, B., y RODHE, W. — 1942. Über die Milieufactoren in einigen sudschwedischen Seen. *Symb. Bot. Upsal.*, 5 (3): 1-256.
- BLASCO, D. — 1971. Acumulación de nitritos en determinados niveles marinos por acción del fitoplancton. Tesis doctoral. *Universidad de Barcelona*.
- BRAARUD, T., y FØYEN, B. — 1958. Phytoplankton observations in a brackish water locality of South-East Norway. *Nytt. Magasin for Botanik*, 6: 47-73.
- BREED, R. S.; MURRAY, E. G. D., y SMITH, N. R. — 1957. *Bergey's manual of determinative bacteriology*, 7.^a ed. Williams & Wilkins Co. Baltimore. 1094 pp.
- BROCK, T. D. — 1970. *Biology of microorganisms*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- CARLUCCI, A. F.; HARTWIG, O., y BOWES, P. M. — 1970. Biological production of nitrite in sea water. *Marine Biology*, 7 (2): 161-177.
- CARPENTER, J. H. — 1966. New measurements of oxygen solubility in pure and natural water. *Limnol. Oceanogr.*, 11 (2): 264-277.
- CERRUTI, A. — 1938. Le condizioni oceanografiche e biologiche del Mar Piccolo di Taranto durante l'agosto del 1938. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 14: 711-751.
- CVIIC, V. — 1955. Red water in the lake «Malo Jezero» (Island of Mljet). *Acta Adriatica*, 6 (2): 1-15.
- 1960. Apparition d'eau rouge dans le Vekiko Jezero (île de Mljet). *Rappt. Comm. Intern. Exploration Sci. Mer Médit.*, 15: 79-81.
- DAVIS, CH. C. — 1964. Evidence for the eutrophication of lake Erie from phytoplankton records. *Limnol. Oceanogr.*, 9: 275-283.
- DUSSART, B. — 1955. Détection des sources sous-lacustres. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, suppl., 8: 63-82.
- EDMONDSON, W. T. — 1966. Changes in the oxygen deficit of the lake Washington. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 16: 153-158.
- ELLIS, M. — 1932. *Sulphur Bacteria. A monograph*. Longmans et Green. New York, 261 páginas.
- EMILIANI, F. — 1971. Nuevos métodos para el estudio ecológico de bacterias de aguas eutróficas. *Agua*, 68: 21-26.
- FANNING, K. A., y SCHINK, D. R. — 1969. Interaction of marine sediments with dissolved silica. *Limnol. Oceanogr.*, 14 (1): 59-68.
- FINDENEGG, I. — 1965. Relationship between standing crop and primary productivity. En Ch. R. Goldman (ed.). *Primary Productivity in aquatic environments*. *Mem. Ist. Ital. Idrob.*, 18 suppl.: 271-289.
- FORTI, A. — 1933. Il fenomeno del lago di sangue nello stagno di Pergusa in Sicilia. *Nuovo giorn. botan. ital.*, 40.
- FRITZT, J. S., y YAMAMURA, S. S. — 1955. Rapid microdetermination of sulphate. *Anal. Chem.*, 27: 1461-1464.
- GENOVESE, S. — 1963. The distribution of the H₂S in the lake of Faro (Messina) with particular regard to the presence of red water. *Symp. on marine microbiol.*, C. Oppenheimer Ed., Ch. C. Thomas. Springfield, 194-204.
- GIETZEN, J. — 1931. Untersuchungen über marine Thiorhodaceen. *Zentralbl. f. Bakt. II Abt.*, 83: 183.
- GOLTERMAN, H. L., y CLYMO, R. S. — 1969. *Methods for Chemical Analysis of Freshwaters*. IBP Handbook No. 8. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 172 pp.
- HAYES, F. R.; MCCARTER, J. A.; CAMERON, M. L., y LIVINGSTONE, D. A. — 1952. On the kinetics of phosphorus exchange in lakes. *J. Ecol.*, 40 (1): 262-216.
- HERRERA, J., y MARGALEF, R. — 1963. Hidrografía y fitoplancton de la costa comprendida entre Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1960 a junio de 1961. *Inv. Pesq.*, 24: 33-112.
- HUTCHINSON, G. E. — 1957. *A Treatise on Limnology*, vol. I. *Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley & Sons. N. Y., 1016 pp.
- 1967. *A Treatise on Limnology*, vol. II. *Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton*. John Wiley & Sons. N. Y., 1116 pp.
- KAISER, P. — 1966a. Contribution a l'étude de l'écologie des bactéries photosynthétiques. *Ann. Inst. Pasteur*, 111: 733-749.
- 1966b. Écologie des bactéries photosynthétiques. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 3: 409-472.
- KONDRATIEVA, E. N. — 1965. *Photosynthetic Bacteria*. IPST, Jerusalem, 243 pp.
- KOZHOV, M. — 1963. *Lake Baikal and its life*. W. Junk, The Hague, 344 pp.
- KUZNETSOV, S. I. — 1958. A study of the size of bacterial populations and of organic matter formation due photo and chemosynthesis in water bodies of different types. *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, 12: 156-169.
- 1959. *Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen*. VEB Dtsch. Verl. der Wissenschaften. Berlin, 181-206.
- LUND, J. W. G.; KIPLING, C., y LE CREN, E. D. — 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.
- LUND, J. W. G. — 1970. Primary production. *Water treatment and examination*, 19: 332-358.
- MANNY, B. A. — 1969. The relationship between organic nitrogen and the carotenoid to chlorophyll a ratio in five freshwater phytoplankton species. *Limnol. Oceanogr.*, 14 (1): 69-79.

- MARGALEF, R. — 1946. Materiales para el estudio de la biología del lago de Bañolas. *P. Inst. Biol. Apl.*, 1: 27-78.
- 1960. Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. *Rapp. Proc. Verb. CIESMM.*, 15: 277-281.
- 1963. Modelos simplificados del ambiente marino para el estudio de la sucesión y distribución del fitoplancton y del valor indicador de sus pigmentos. *Inv. Pesq.*, 23: 11-52.
- 1964. Correspondence between the classic types of lakes and the structural and dynamic properties of their populations. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 15: 169-175.
- MARGALEF, R.; HERRERA, J.; STEYAERT, M., y STEYAERT, J. — 1966. Distribution et caractéristiques des communautés phytoplanctoniques dans le bassin tyrrhénien de la Méditerranée et a la fin de la stratification estivale de l'année 1963. *Bull. Inst. Royal Scien. Natur. Bel.*, 42: 2-41.
- MURPHY, J., y RILEY, J. P. — 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*, 27: 31-36.
- PENNAK, R. W. — 1946. The dynamics of freshwater plankton populations. *Ecol. Monogr.*, 16: 340-355.
- PFENNIG, N. — 1967. Photosynthetic bacteria. *Annual Review of Microbiology*, 21: 285-324.
- PLANAS, D. — 1973. Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Banyoles. *Oecol. Aquatica*, 1: 1.
- PREVOT, A. R.; TURPIN, A., y KAISER, P. — 1967. *Les bactéries anaérobies*. Ed. Dunod, 2187 pp. Paris.
- RILEY, G. A.; STOMMEL, H., y BUMPUS, D. F. — 1949. Quantitative ecology of the plankton of the western North Atlantic. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, 12 (3): 1-169.
- ROHLICH, G. A. (Ed.). — 1969. *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. Pbl. 1700, Div. Biol. Agric., Nat. Acad. Sci.-Nat. Res. Coun., Wash.
- RUTTNER, F. — 1959. *Fundamentals of Limnology*. University of Toronto Press. Canada. 295 pp.
- SENEZ, J. C. — 1962. Rôle écologique des bactéries sulfatoréductrices. *Publ. Stat. Zool. Napoli*, 32 suppl., 427: 441.
- SOROKIN, Y. I. — 1965. On the trophic role of chemosynthesis and bacterial biosynthesis in water bodies. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 18 suppl.: 187-205.
- STRASKRABA, M.; LEGNER, M.; FOTT, J.; KOMARKOVA-LEGNEROVA, K.; HOLCIKOVA, K., y PÉREZ EIRIZ, M. — 1969. Primera contribución al conocimiento limnológico de las lagunas y embalses de Cuba. *Lab. Hidrobiol. Inst. Biol., Serie Biológica*, núm. 4.
- STRICKLAND, J. D., y PARSONS, T. R. — 1965. A manual of sea water analysis. *Fish. Res. Bd. Canada*, 125: 1-263.
- TALLING, J. F., y DRIVER, T. R. — 1963. Some problems in the estimation of chlorophyll a in phytoplankton. *Proceedings Conference of Primary Productivity Measurement, Marine and freshwater, Hawaii, 1961*. U.S. Atomic Energy Comm. TID. 7633: 142-146.
- TRÜPER, H. G., y GENOVESE, S. — 1968. Characterization of photosynthetic sulfur bacteria causing red water in lake Faro, Messina (Sicily). *Limnol. Oceanogr.*, 13: 225-232.
- UTERMÖHL, H. — 1925. Limnologische Phytoplankton Studien. *Arch. f. Hydrobiol.*, suppl. 5, pp. 1-527.
- 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.*, 9: 1-38.
- VACCARO, R. F., y J. H. RYTHER. — 1960. Marine phytoplankton and the distribution of nitrite in the sea. *Jour. Conseil.*, 25: 260-271.
- VACCARO, R. F. — 1965. Inorganic nitrogen in sea water. *Chemical Oceanography*. Academic Press.
- VILLERET, S. — 1958. Recherches hydrobiologiques sur les étangs calcaires de la forêt de Haute-Sève (Ille-et-Vilaine). *Bullet. de la Soc. Scient. de Bret.*, 33: 65-89.
- WILLEN, T. — 1960. Phytoplankton algae from three Spanish lakes. *Svensk. Botanisk Tidsskrift*, 54: 4-12.
- WRIGHT, J. C. — 1959. Limnology of Canyon Ferry Reservoir. II. Phytoplankton standing crop and primary production. *Limnol. Oceanogr.*, 4: 235-245.
- ZO BELL, C. E. — 1935. The assimilation of ammonium nitrogen by *Nitzschia closterium* and other marine phytoplankton. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 21: 517-522.
- 1946. *Marine Microbiology*. Waltham, Mass., USA, 240 pp.
- ZAVODNOV, S. S. — 1962. Colorimetric determination of small quantities of hydrogen sulphide in mineral waters. *Izd. Akad. Nank. S.S.S.R. Moscow*, 88-94 (traducción inglesa, 1965).

TABLA 3. — Composición del fitoplancton del Vilà, en distintas fechas y profundidades. Número de células por mililitro. El guión indica que no se obtuvo la muestra o que la especie no se contó. — *Species composition of plankton in cells per ml.*

PROF. (m)	1970 10-X	24-X	7-XI	21-XI	5-XII	19-XII	1971 2-I	16-I	30-I	13-II
BACTERIA										
<i>Chromatium spp.</i>										
0	0	19760	70420	+	53	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	189	0	0	0	0	0
2	10247	22500	114000	56	22	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	128	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	5300	101800	270	127	36	40	0	0	106
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	34200	50600	260	700	40	0	0	63	96
<i>Thiocystis sp.</i>										
0	0	0	6000	2770	53	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	29	0	0	0	0	0
2	0	0	33000	2500	30	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	0	14875	27	111	0	0	0	0	21
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0	5900	3460	1200	890	435	0	571	76
<i>Micrococos en colonia</i>										
0	105850	5520	9000	628	106	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	49504	5730	22220	568	0	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	1800	13500	1650	16	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	12500	9400	358	0	0	0	0	0	0
CYANOPHYCEAE										
<i>Oscillatoria tenuis</i>										
2	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raphidiopsis sp.</i>										
0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	—	0	0	24	0	0	0	0	0	0
<i>Anabaena iyengari</i>										
2	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EUCHLOROPHYCEAE										
<i>Chlorella ellipsoidea?</i>										
0	+	+	16	+	375	25250	65950	238866	52213	39413
1	—	—	—	—	1097	26875	71375	166153	69333	19406
2	594	+	24	511	1644	29006	176000	216600	110857	11818
3	—	—	—	—	886	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	58	10	80	920	13430	163330	129444	101000	9872
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	+	+	190	655	180	103442	5773	2324	2077

1-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	336
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	101	61	246	2920	8351	40657	9374	30030	39850	10812
—	—	—	—	—	3502	41188	—	26160	—	—
76	59	203	382	1821	—	—	—	—	32670	2230
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1550
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	305	1097	3086	6336	11153	49605	16895	15636	11644	4420
—	—	—	—	—	2938	47920	—	28013	—	—
195	238	939	590	966	—	—	—	5970	29700	1440
0	0	0	0	0	0	0	7029	356800	1160320	91980
0	0	0	0	0	0	0	6138	117570	335000	123200
0	0	0	0	0	0	0	11760	106200	76100	108114
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	0	0	0	0	0	0	0	58910	21810	3808
—	—	—	—	—	—	—	—	17770	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	1360	9700	40
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1113	966	3168	257	158	2303	3812	6435	0	254	0
867	2632	329	+	25	1987	11974	4950	0	70	0
434	1032	+	631	0	5301	6578	+	0	+	0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
456	863	30	493	0	620	0	0	201	0	0
—	—	—	—	—	734	—	—	—	—	—
281	118	50	243	0	—	—	—	0	0	0

TABLA 3 (continuación)

PROF. (m)	1970 10-X	24-X	7-XI	21-XI	5-XII	19-XII	1971 2-I	16-I	30-I	13-II
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crucigenia tetrapedia</i>										
0	1108	181	139	189	80	75	0	42	0	0
1	—	—	—	—	15	156	0	—	0	0
2	1386	236	240	170	67	—	0	—	0	0
3	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	346	54	16	—	20	30	0	21
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	383	175	96	30	32	20	0	0	0
<i>Chodatella quadriseta</i>										
0	1465	97	229	314	26	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	15	0	0	0	0	0
2	1782	242	384	170	22	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	336	—	16	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	767	104	0	15	0	0	0	0	0
<i>Chodatella subalsa</i>										
0	158	4	—	31	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	49	—	24	—	0	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	0	—	0	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	27	0	24	0	0	0	0	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>										
0	39	21	—	0	+	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	15	0	0	0	0	0
2	247	36	24	0	+	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—
5	—	—	10	0	16	0	0	0	0	0
7	—	27	0	24	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus armatus</i> var. <i>spinosis</i>										
0	0	0	0	—	160	1	0	0	0	0
1	—	—	—	—	102	1	0	0	0	0
2	0	0	0	56	22	+	0	0	0	0
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	0	0	0	+	+	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0	0	0	30	11	0	0	0	0

1-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
0	0	25841	1255	185	6313	6731	17524	1071	678	1950
0	0	9780	15418	+	8461	30740	30000	420	728	3360
0	0	3816	2011	4	1626	16710	33200	711	1298	2066
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	15656	—	—	—	—
0	0	1493	19505	1014	3005	2079	1074	1074	156	440
—	—	—	—	—	1525	—	—	0	—	—
0	0	1802	4617	623	—	—	—	0	0	0
61	0	0	0	0	0	78	99	79	141	+
+	0	0	0	0	0	+	99	105	126	52
+	0	0	0	0	0	131	—	51	128	255
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
12	0	0	12	0	0	0	107	168	26	80
—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—
11	0	0	35	0	—	—	—	0	39	40
0	0	0	0	0	0	0	198	—	226	660
0	0	0	0	0	0	0	+	—	112	472
0	0	0	0	0	0	0	—	51	242	283
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—
0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	20
—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	99	0	113	+
0	0	0	0	0	0	0	+	0	84	+
0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	+
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	+	+	79	56	30
0	0	0	0	0	0	123	+	42	28	17
0	0	0	0	0	0	0	+	51	88	28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	0	—	34	52	30
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
+	+	1	+	0	—	+	0	0	—	+
16	0	1	2	0	—	+	0	0	—	0
27	0	+	1	0	120	+	0	0	—	0
—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
12	0	30	24	0	0	+	0	0	—	0
—	—	—	—	—	169	—	—	0	—	—
11	0	2	69	0	—	—	—	0	0	0

1-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	+	0	+	+	+
0	0	0	0	0	0	+	0	+	+	17
0	0	0	0	0	0	65	+	51	+	28
0	0	0	0	0	55	+	54	67	130	30
0	0	0	35	+	—	—	—	+	+	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	170	1287	15	0	+	233	297	634	1243	420
131	292	27	+	0	92	+	495	210	602	420
95	476	534	+	0	60	328	369	863	1892	2264
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	921	—	—	—	—
60	228	823	1975	45	165	198	430	570	910	250
—	—	—	—	—	56	—	—	392	—	—
22	39	330	486	+	—	—	—	36	99	92
20	114	5049	+	545	6175	4513	3366	3530	932	75
+	175	1538	+	0	6923	10740	1287	3444	196	+
0	+	3664	28	0	6987	9342	3240	3451	550	255
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	6184	—	—	—	—
0	25	518	5432	0	824	1089	54	839	1248	190
—	—	—	—	—	1017	—	—	560	—	—
0	20	126	1770	0	—	—	—	18	178	0
668	2784	13960	2798	39	552	1556	3366	476	1300	2730
376	3626	8077	9690	22	448	2098	3564	147	1596	2082
461	2142	6870	4712	44	361	1380	4920	660	9980	3424
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	2894	—	—	—	—
528	1142	5182	24814	558	1043	792	860	2080	910	930
—	—	—	—	—	734	—	—	1230	—	—
281	396	2664	6909	171	—	—	—	145	1287	462
+	114	6831	514	332	737	1750	792	+	198	30
0	117	1647	2600	+	1282	4320	1485	+	42	+
0	278	2061	660	0	662	2039	123	+	154	+
—	—	—	—	—	—	4605	—	—	—	—
24	0	1188	11357	11	220	2376	483	134	52	50
—	—	—	—	—	620	—	—	28	—	—
0	0	1242	1353	0	—	—	—	54	120	0

TABLA 3 (continuación)

PROF. (m)	1970 10-X	24-X	7-XI	21-XI	5-XII	19-XII	1971 2-I	16-I	30-I	13-II
<i>Oocystis solitaria</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zoosporas?</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Botryococcus braunii</i>										
5	—	14	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlamydomonas sp.</i> ₁										
0	0	0	90	3931	1261	+	14	36	0	0
1	—	—	—	—	130	+	+	0	0	0
2	0	0	24	2419	293	596	+	0	0	0
3	—	—	—	—	104	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	0	20	1648	158	253	20	0	0	0
7	—	0	0	381	488	53	0	24	0	0
<i>Chlamydomonas sp.</i> ₂										
0	0	0	0	1383	26	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	30	0	0	0	0	0
2	0	0	0	2296	22	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—
5	—	0	0	1972	+	0	0	0	0	0
7	—	0	0	96	+	0	0	0	0	0
<i>Carteria sp.</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
1	1	—	—	—	0	0	0	0	0	26
ZYGOPHYCEAE										
<i>Closterium acutum</i>										
0	158	4	1	0	0	0	0	0	0	0
2	594	15	+	0	0	0	0	0	0	0
5	—	+	+	0	0	0	0	0	0	0
7	—	14	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium tenue</i> var. <i>minus</i>										
0	39	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	148	0	12	0	0	0	0	0	0	0
5	—	+	+	0	0	0	0	0	0	0
CHRYSOPHYCEAE										
<i>Dinobryon divergens</i>										
2	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bicoeca multiannulata</i>										
0	0	0	0	+	+	0	0	0	0	0

TABLA 3 (continuación)

PROF. (m)	1970 10-X	24-X	7-XI	21-XI	5-XII	19-XII	1971 2-I	16-I	30-I	13-II
<i>Mallomonas sp.</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XANTHOPHYCEAE										
<i>Goniochloris minuta</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BACILLARIOPHYCEAE										
<i>Cyclotella melosiroides</i>										
0	673	46	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	+	61	0	0	0	0	0	0	0	0
5	—	131	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>										
0	0	0	0	+	295	62	+	12	0	0
1	—	—	—	—	87	52	+	0	0	0
2	0	0	+	170	330	132	27	0	0	0
3	—	—	—	—	256	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	0	0	+	206	72	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0	0	+	61	11	0	0	0	0
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>										
0	950	4	82	63	+	0	0	0	0	28
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	+
2	1287	10	12	226	0	+	0	0	0	+
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	+	20	182	0	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	27	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	0	20	61	16	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0	0	24	30	0	0	0	0	0

1-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	304	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	213	864	0	0	0	0	0	0	0
0	0	+	35	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	10
0	0	0	0	0	—	—	—	0	59	13
0	0	+	0	93	0	0	0	0	0	0
0	0	+	0	12	0	0	0	0	0	0
0	0	+	0	8	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	+	39	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	+	0	0	0	0
0	0	0	0	0	60	65	0	51	88	0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	131	—	—	—	—
0	0	0	0	0	110	+	54	0	0	0
—	—	—	—	—	0	—	—	196	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3769	141	30
0	0	0	0	0	0	0	0	3087	28	+
0	0	0	0	0	0	0	0	3908	462	+
0	0	0	0	0	0	0	0	805	1768	40
—	—	—	—	—	0	—	—	28	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	+	713	0
6174	32216	198	0	0	16497	232	396	238	480	+
5368	25614	+	0	0	19230	987	495	525	28	+
4029	19682	534	0	0	16024	855	984	507	44	311
—	—	—	—	—	—	5921	—	—	—	—
3421	6523	+	0	0	033	1485	2580	369	442	120
—	—	—	—	—	977	—	—	392	—	—
1277	1188	25	35	12	—	—	—	+	139	0
0	0	0	0	0	0	0	99	0	56	0
0	0	0	0	0	0	0	+	42	+	0
0	0	0	0	0	241	197	123	51	22	0
—	—	—	—	—	—	4605	—	—	—	—
0	0	0	0	0	+	2871	752	302	52	0
—	—	—	—	—	169	—	—	196	—	—
0	0	+	35	+	—	—	—	0	39	13

I-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
141	170	198	+	—	368	272	1683	119	56	0
229	175	164	1	18	384	493	1386	126	42	0
312	278	152	1	—	301	460	2280	203	66	0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	921	—	—	—	—
180	127	21	617	—	55	693	752	705	104	10
—	—	—	—	—	113	—	—	504	—	—
141	79	25	35	—	—	—	—	18	238	13
20	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	9603	1119	0	230	1400	2970	+	168	45
0	0	3901	264	0	448	7283	7623	21	112	122
0	0	12671	2643	0	120	1447	8160	0	176	226
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1578	—	—	—	—
0	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	13	0	0	1485	117	0	90
0	0	0	0	0	0	—	2079	252	0	0
0	0	0	0	0	60	920	7320	7106	0	0
—	—	—	—	—	—	8269	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	891	2311	0	0	160
—	—	—	—	—	0	—	—	168	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	40
140	+	+	45	185	—	0	792	—	+	0
128	58	55	396	144	2	0	1089	—	14	0
81	+	152	287	97	361	—	1167	—	22	0
144	0	0	123	0	0	—	0	0	0	0
33	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
20	0	1	121	346	276	194	1782	195	28	375
16	0	384	132	148	128	246	3663	210	28	440
0	0	3969	28	308	301	—	8625	102	88	1075
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	657	—	—	—	—
0	0	180	617	11	0	0	107	0	2106	70
—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
20	0	0	60	0	0	0	+	0	+	15
0	0	0	+	0	0	0	99	0	14	35
0	0	0	28	0	0	0	123	0	22	170
0	0	30	0	0	0	0	0	67	0	0
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0

TABLA 3 (continuación)

PROF. (m)	1970 10-X	24-X	7-XI	21-XI	5-XII	19-XII	1971 2-I	16-I	30-I	13-II
<i>Cryptomonas marsonii</i>										
0	0	0	0	63	0	3	14	12	+	279
1	—	—	—	—	0	3	20	+	684	573
2	0	0	0	0	0	2	54	0	1186	289
5	—	0	0	0	0	217	20	0	542	255
7	—	0	0	1	0	0	20	0	25	0
DYNOPHYCEAE										
<i>Peridinium inconspicuum</i>										
0	712	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	—	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium pusillum</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium cinctum</i>										
0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
<i>Peridinium cunningtonii</i> fa. <i>quinquecuspidata</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
<i>Glenodinium sp.</i>										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EUGLENOPHYCEAE										
<i>Phacus agilis</i>										
0	0	0	49	94	0	0	0	0	0	0
2	+	0	72	170	0	0	0	0	0	0
5	—	0	99	54	0	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	+	19	71	0	0	0	0	0	0
<i>Phacus oscillans</i>										
0	0	0	1	+	0	0	0	0	0	0
1	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0
2	49	+	12	1	22	0	0	0	0	0
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	+	6	54	+	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	13	0	24	0	0	0	0	0	0
<i>Lepocinclis acicularis</i>										
7	—	0	6	0	0	0	0	0	0	0

1-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
0	0	0	30	372	92	+	0	0	0	0
0	0	0	264	309	128	246	0	0	0	0
0	0	0	143	304	181	131	0	0	0	0
0	0	0	246	11	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	+	357	28	98
0	0	0	0	0	0	0	+	126	+	87
0	0	0	0	0	0	0	0	51	44	+
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	0	0	0	0	+	85	30
0	0	0	0	0	0	0	0	126	+	+
0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	99	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	99	79	28	15
0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	17
0	0	0	0	0	0	0	297	158	28	15
0	0	0	0	0	0	0	99	+	0	17
0	0	0	0	0	0	65	492	51	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	198	107	67	104	10
—	—	—	—	—	56	—	—	140	—	—
0	0	0	69	0	—	—	—	18	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	21	14	0
0	0	0	0	0	0	65	123	305	22	113
—	—	—	—	—	—	394	—	—	—	—
0	0	0	0	0	0	295	161	235	806	0
—	—	—	—	—	0	—	—	28	—	—
0	0	0	0	0	—	—	—	0	59	0
0	0	0	0	0	—	—	—	0	0	0

1-III	16-III	2-IV	16-IV	3-V	19-V	1-VI	18-VI	5-VII	23-VII	6-VIII
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
0	0	0	0	0	0	0	0	297	+	0
0	0	0	0	0	0	0	+	-	21	0
0	0	0	0	0	0	0	+	+	51	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	110	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
0	0	0	0	0	56	-	-	0	0	0
0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0
0	0	0	0	678	138	0	0	0	0	0
0	0	0	0	190	92	0	0	0	0	0
0	0	0	0	308	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	24	-	-	-	0	0	0