

FITOPLANCTON DEL LAGO MASCARDI (RIO NEGRO, ARGENTINA) *

POR MARIA O. GARCIA DE EMILIANI¹ Y MARTA SCHIAFFINO²

SUMMARY

A study of the phytoplankton in Mascaradi lake, carried out from March 1970 through April 1971, have been done on the basis of periodical samplings in three stations and at various depths. The research involves the study of qualitative and quantitative changes in the composition of the phytoplankton population and some considerations to the chlorophyll "a" content and its relations to different physical and chemical parameters.

Mascaradi is monomictic lake with temperature always above 4° C during the circulation period (July-September) and a thermal stratification with a thermocline of variable depth localization (between 20-35 meters deep).

The thermal behavior of the lake and the water transparency reveal the influence of Manso River (the main tributary) exert especially on the west branch of the lake.

The vernal circulation provides favorable conditions for algal growth due to the increase of nutrients concentration together with relatively benign temperatures. Cell number begins to increase at that period, reaching maximum concentrations in September and diminishing progressively during summer and autumn. The most frequent species found were: *Ankistrodesmus gracilis*, *Rhodomonas minuta*, *Rhizosolenia eriensis* and *Melosira pseudogranulata*.

INTRODUCCION

El lago Mascaradi está situado en la provincia de Río Negro, entre los paralelos de 41° 15' y 41° 25' de latitud S y los meridianos de 71° 28' y 71° 39' de longitud W.

Como antecedentes de trabajo en el lago, encontramos las investigaciones de Thomasson (1959 y 1963) y las efectuadas por personal del Instituto Nacional de Limnología (Bonetto *et al.*, 1971; Depetris, 1971; Drago, 1972; Maglianesi *et al.*, 1973).

* Trabajo presentado en la 2a. Reunión Argentina de Ecología (Salta, 16-19 de abril de 1973).

¹ Instituto Nacional de Limnología (Santo Tomé, Pcia. de Santa Fe). Becaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

² Instituto Nacional de Limnología (Santo Tomé, Pcia. de Santa Fe).

Inicialmente los estudios sobre el fitoplancton se encararon en base a muestreos estacionales en tres puntos del lago y a varias profundidades. Se efectuaron, asimismo, mediciones sobre el contenido en pigmentos y determinaciones de la producción primaria por el método del C_{14} . Algunas consideraciones sobre estos resultados preliminares serán efectuadas brevemente en este trabajo y otras son motivo de distintas publicaciones (Maglianesi *et al.*, 1973; García de Emiliani, 1973).

El objetivo del presente trabajo es el de contribuir al conocimiento del fitoplancton de lagos oligotróficos, principalmente en base a muestreos practicados en distintos puntos del lago Mascardi durante el período 1971-1972 y en relación a diversos parámetros físicos y químicos. Tales estudios integran un programa de investigaciones limnológicas en la cuenca del río Manso y lago Mascardi, de acuerdo a un convenio suscripto entre el Instituto Nacional de Limnología y la Fundación Bariloche.

MATERIAL Y METODOS

El lago Mascardi debe su origen a la erosión glacial pleistocénica y al posterior endicamiento de los valles por morenas laterales y frontales conjuntamente con aluviones post-glaciales (Drago, 1972: 1).

El lago se encuentra emplazado a los 796 m sobre el nivel del mar y el espejo de agua alcanza a unos 36 km² (Thomasson, 1963: 86). Según los datos aportados por los sondeos efectuados en abril de 1971, la profundidad media del lago es de 111 m y la máxima de 218 m (en la confluencia de ambos brazos); el volumen del lago se calculó en 4213 por 10⁶ m³ (Drago, 1972: 3).

El lago está formado por dos brazos bien definidos: el occidental o "Tronador", bajo la influencia directa del río Manso Superior y el oriental o "Catedral" que recibe el aporte de inmisarios de escasa importancia. Ambos brazos se reúnen hacia el S para originar una breve expansión basal a cuyo extremo occidental nace el río Manso Inferior (fig. 1). Ambos brazos poseen la característica forma de cubeta glacial, con paredes escarpadas y fondo plano, presentando en áreas localizadas, sobre todo en la desembocadura de los distintos inmisarios, breves sectores displayados que permiten el asentamiento de macrófitas, definiéndose así algunos juncales de *Scirpus californicus* var. *spoliatus*.

En base a las diferencias observadas en ambos brazos se estudiaron los resultados obtenidos en tres estaciones de muestreo: la "A", en el brazo "Tronador", aproximadamente a 2 km de la desembocadura del río Manso Superior; la "B", en la confluencia de ambos brazos y la "C", en el brazo "Catedral" frente a las instalaciones del ACA.

La transparencia del agua se evaluó mediante el disco de Secchi y la temperatura mediante un termistor. El pH se estimó mediante un colorímetro Lovibond y el oxígeno por el método de Winkler modificado por

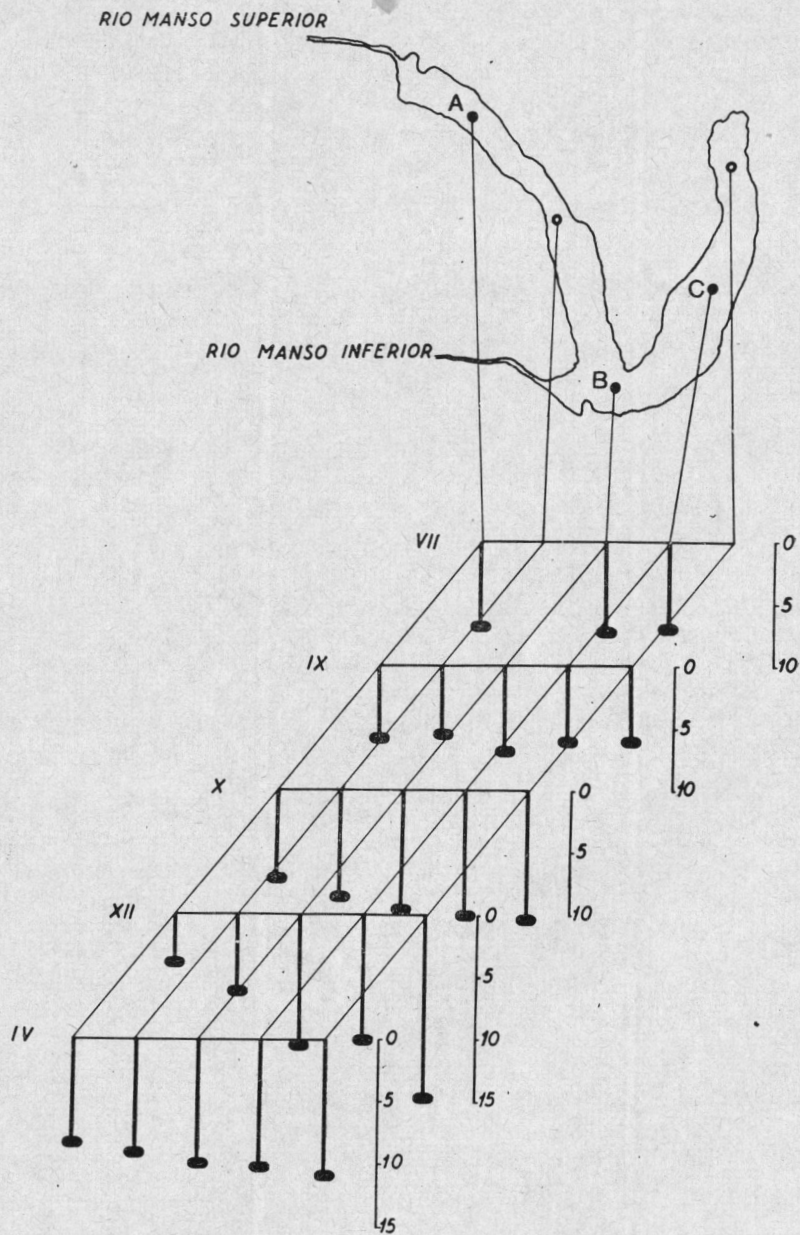


Fig. 1. — Ubicación de las estaciones de muestreo en el lago Mascardi y fluctuaciones de la transparencia en distintas fechas

Carpenter (1966). Las determinaciones químicas no efectuadas *in situ* como las precedentes, se realizaron en los laboratorios de química del INALI, siguiendo las técnicas del Standard Methods (1971).

Para las determinaciones de clorofila "a", se filtraron 5 litros de muestra y las lecturas espectrofotométricas se realizaron sobre extractos acéticos.

Las muestras destinadas a recuentos se fijaron con lugol y previa sedimentación de un volumen de 100 ml, se contaron bajo microscopio invertido.

Las determinaciones de la producción primaria se efectuaron mediante el isótopo radioactivo C_{14} ; la técnica de trabajo y la mayoría de los resultados fueron comentados en anteriores trabajos (Bonetto *et al.*, 1971; Maglianesi *et al.*, 1973).

RESULTADOS

ASPECTOS FÍSICOS

Transparencia del agua (fig. 1). La transparencia del agua varió considerablemente a través del año y en los distintos puntos del lago.

Por lo que respecta a la distribución horizontal de la transparencia, observamos valores similares, que se mantienen alrededor de los 7 m, durante el período de circulación (julio). También durante este período pero a comienzos de primavera (setiembre) la transparencia del agua se mantiene en los 6 m. Esta ligera disminución de la transparencia se observa paralelamente con un aumento en el número de células en las capas superficiales.

A principios de verano (diciembre) se observa, en cambio, un paulatino aumento en las lecturas del disco de Secchi desde el extremo del brazo "Tronador" (3,5 m) hasta el extremo del brazo "Catedral" (14,3 m). Este aumento de la transparencia resulta de la mayor influencia ejercida sobre la estación "A" por el río Manso Superior, cuyo caudal aumenta considerablemente en dicha fecha (diciembre), fundamentalmente por el aporte de agua de deshielo. En este punto es necesario aclarar que el río Manso Superior posee un régimen mixto: pluvial y nival. Su caudal estaría regulado por el deshielo durante el período primavera-verano (máxima, en diciembre) y por las lluvias durante el período invernal (máxima, en julio-agosto) (Drago, com. pers.).

En otoño (abril), la transparencia del agua vuelve a ser similar en los distintos puntos del lago, oscilando entre 8,5 y 11 m.

Temperatura del agua (figs. 2, 3, 4 y 5). Los perfiles térmicos, obtenidos en las distintas estaciones de muestreo a través del año, nos permiten formular algunas generalizaciones acerca del comportamiento térmico del lago, a pesar de las diferencias locales.

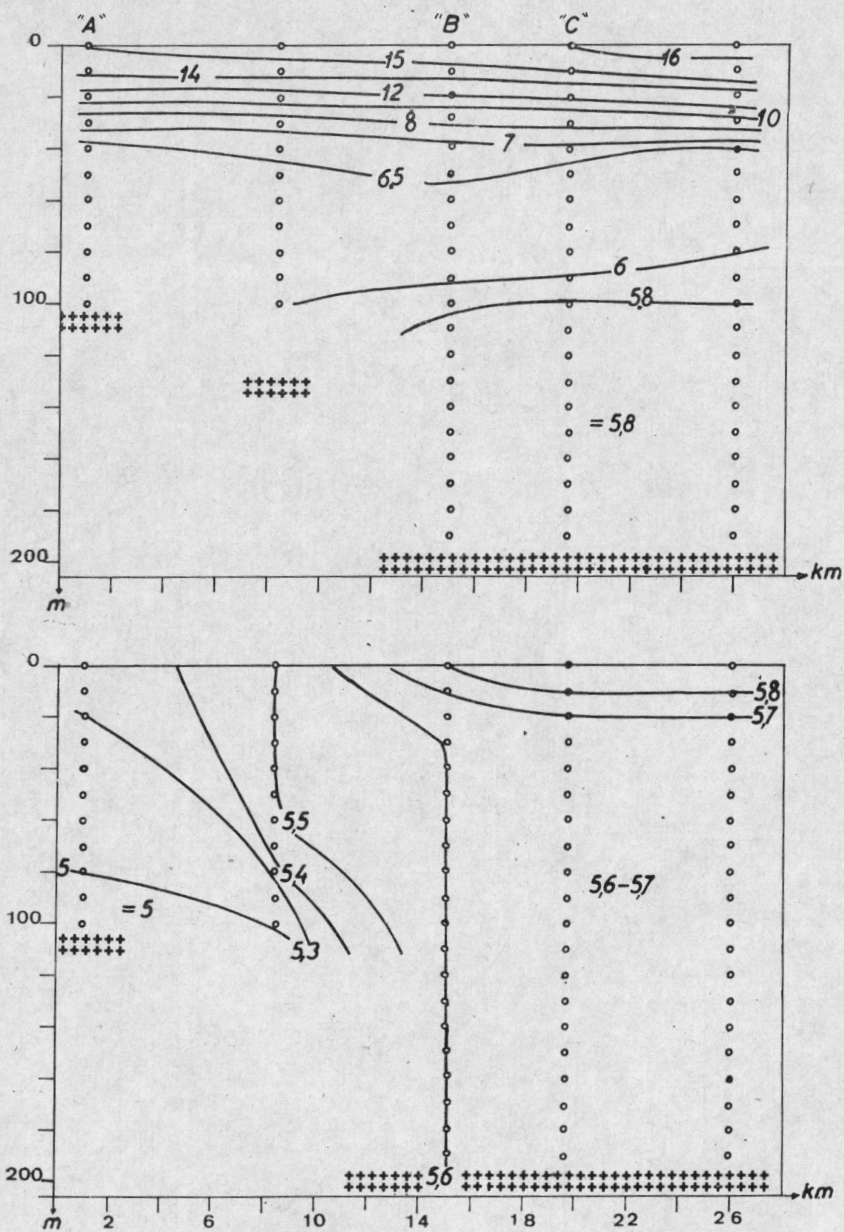
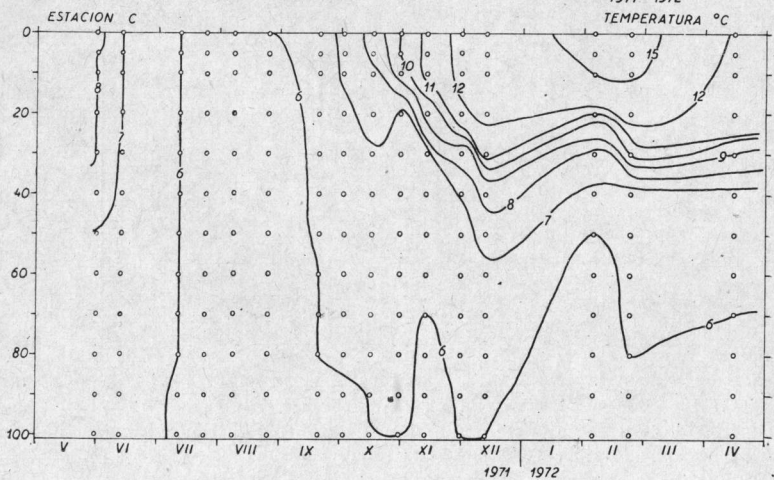
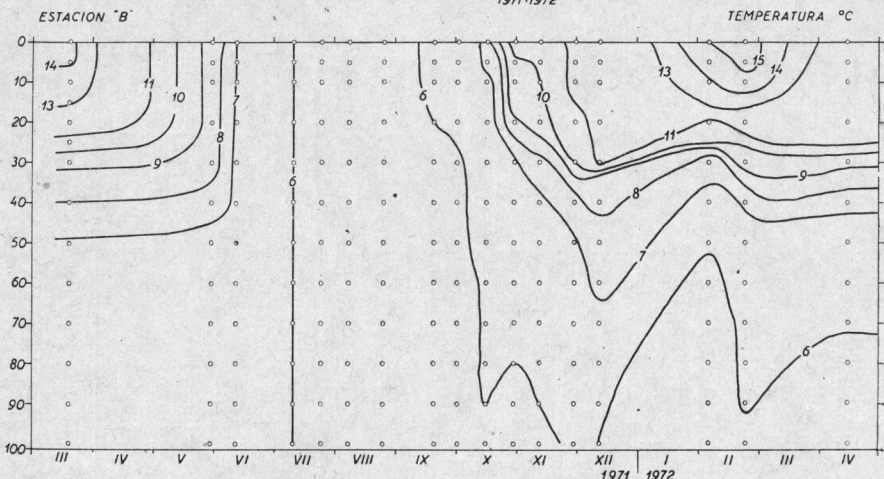
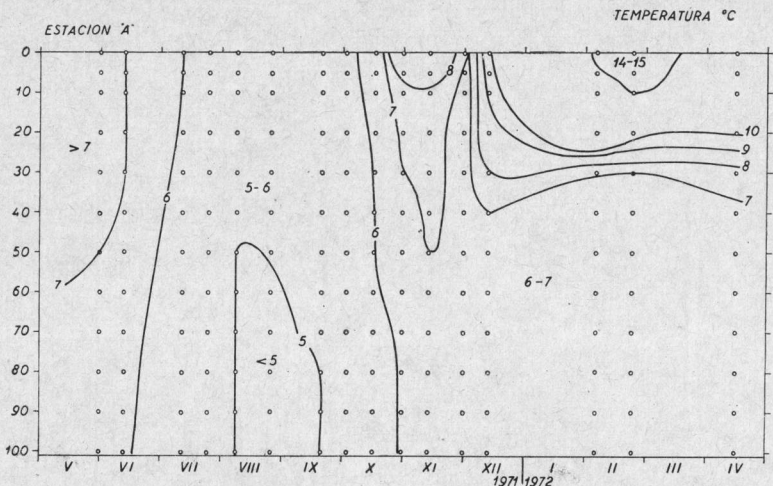


Fig. 2. — Distribución de la temperatura a través de la profundidad (ordenada) y de las estaciones de muestreo según su distancia a la desembocadura del río Manso superior (0 km), sobre el eje de abscisa. El gráfico superior corresponde a las variaciones térmicas observadas el 24-II-72 (verano) y el inferior a las registradas el 8-VIII-71 (invierno).



Las diferencias locales consisten, fundamentalmente, en un aumento de la temperatura de las capas superficiales desde la estación "A" hasta el extremo del brazo "Catedral". Este paulatino incremento de la temperatura, que puede observarse en las dos gráficas de la fig. 2, se debe a la influencia directa de la temperatura ambiente, ya que las determinaciones en la estación "A" se realizaron en las primeras horas de la mañana (8-9 hs) y finalizaron después del mediodía (14 hs) en la estación de muestreo próxima al extremo del brazo "Catedral".

Las diferencias térmicas observadas en la capa de agua más profunda de las distintas estaciones de muestreo, indican un mayor rango de variación de las temperaturas (de verano a invierno) en las estaciones con profundidades próximas a 100 m que en las de mayor profundidad (alrededor de 200 m: estación "B", "C" y extremo del brazo "Catedral"). Es decir, las variaciones térmicas estacionales influyen más sobre los puntos del lago de menor profundidad (estación "A").

Las fluctuaciones térmicas observadas, a través del tiempo en las estaciones "A", "B" y "C", permiten agruparlas en 4 períodos.

El primero, desde el comienzo del ciclo y hasta junio, caracterizado por una paulatina disminución de la temperatura en las capas superficiales.

El segundo, desde julio y hasta setiembre, durante el cual la temperatura del agua permanece prácticamente constante a lo largo de todo el perfil, manteniéndose entre los 5 y 6,5° C en los distintos puntos de muestreo. Durante este período se observa la presencia de agua comparativamente más fría en la capa de agua más profunda en la estación "A" (ligeramente inferiores a 5° C) a consecuencia de un mayor aporte del río Manso Superior, cuyo caudal es máximo a causa de las precipitaciones.

El tercero, desde octubre y hasta principios de diciembre, durante el cual la temperatura del agua superficial comienza a elevarse (entre 6 y 12° C). No obstante, la temperatura del agua profunda se mantiene entre 5 y 6,5° C. Al finalizar este período (1-XII-71), observamos una brusca disminución de la temperatura en todo el perfil vertical en la estación "A", conjuntamente con la registrada en el río Manso Superior (8,8° C, el 14-XI-71 a 7,2° C, el 1-XII-71). En este punto debemos recordar que el aumento de caudal de dicho río, durante el período primavera-verano, se hace máximo durante el mes de diciembre por el aporte de agua de deshielo.

El cuarto, desde mediados de diciembre y hasta abril, durante el cual la temperatura del agua superficial continúa elevándose, alcanzando en fe-

Figs. 3-5. — 3, Distribución de la temperatura a través de la profundidad (en metros, ordenada) y del tiempo (abscisa) en la estación « A » del lago Maseardi. 4, Distribución de la temperatura a través de la profundidad y del tiempo en la estación « B » del lago Maseardi. 5, Distribución de la temperatura a través de la profundidad y del tiempo en la estación « C » del lago Maseardi.

brero (24-II-72) el valor máximo que oscila entre los 15 y 16,5° C, en los distintos puntos.

Este período se caracteriza por la presencia de saltos térmicos de localización variable entre los 20 y 35 m de profundidad. La termoclina, además de variar en su localización en las distintas fechas y estaciones de muestreo, no presenta las características normales, es decir no registra (salvo contadas excepciones), la disminución de 1° C por cada metro.

En resumen, las fluctuaciones térmicas observadas a través del año en las distintas profundidades y estaciones, nos permiten considerar al Mascardi como un lago monomítico templado (con un período de circulación invernal durante el cual la temperatura del agua se mantiene siempre por encima de los 4° C y un período de estratificación térmica estival), conforme a la clasificación de Hutchinson (1957: 438).

ASPECTOS QUÍMICOS

El estudio de la composición química se ha encarado en base a muestreos estacionales, practicados en los tres lugares ya indicados, a varias profundidades y en los ríos Manso Superior e Inferior.

No obstante, la escasa periodicidad de los muestreos y los inconvenientes derivados de la gran distancia que nos separa del lago (dado que los análisis químicos no pudieron efectuarse *in situ*, salvo las determinaciones de pH y oxígeno, las muestras debieron ser transportadas en avión para ser analizadas en el INALI), alguna información puede obtenerse al estudiar los resultados.

De acuerdo a los análisis practicados, el ión bicarbonato resulta el constituyente cuantitativamente más importante entre los aniones (oscilando entre 22-24 mg/l en invierno y 26-27 mg/l en otoño), seguido por sulfato (1,6-2,3 mg/l en invierno y 2,3-2,7 mg/l en otoño) y cloruro (0,8-1 mg/l en invierno y 1,1 mg/l en otoño). La composición catiónica media revela una mayor concentración de Ca, respecto a los otros cationes: Ca (5,2 mg/l); Mg (1,6 mg/l); Na (1,4 mg/l) y K (0,4 mg/l).

A estar de los datos obtenidos, las aguas del Mascardi se incluyen entre las "bicarbonatadas-cálcicas" (Bonetto *et al.*, 1971: 20).

El pH del agua se mantiene entre 7 y 7,5 presentando una notable uniformidad en toda la columna (hasta los 200 m). Durante el invierno es de 7,2 en las estaciones "B" y "C", de 7,1 en la "A" y de 6,9 en el río Manso Superior. Mayores valores de pH se observan paralelamente a la proliferación de algas registrada a principios de primavera (pH = 7,5).

La concentración de oxígeno varía poco en las distintas profundidades, estaciones y puntos de muestreo. El rango de variación total está comprendido entre los 8,1 y 12 mg/l. Los menores valores en los distintos perfiles verticales, corresponden a otoño (abril) en que varía entre 8,1 y 9,4 mg/l con un ligero incremento con la profundidad. Las mayores concentraciones corresponden a primavera (setiembre) con valores que oscilan

entre 10 y 12 mg/l. Los valores superficiales, ligeramente superiores a los observados a mayores profundidades, se consideran debidos a una mayor actividad fitoplanctónica ya que se manifiestan conjuntamente con los mayores valores de pH.

Por lo que respecta a los nutrientes, los problemas logísticos antes indicados, se agudizan debido a la baja concentración en que se encuentran y al tiempo transcurrido entre la extracción de la muestra y la realización de su análisis.

La concentración de nitrato fluctuó, a lo largo del año, entre 0,01 y 0,18 mg/l; las menores se observan en las muestras superficiales de marzo de 1971 y las mayores en abril del año siguiente. Las concentraciones en profundidad y en los distintos puntos fluctuaron de manera diversa no permitiéndonos ninguna generalización.

La concentración de silicato varió, en general, entre 10,5 y 13,6 mg/l, siendo frecuentemente superior en la estación "A" que en las otras dos estaciones. El contenido en silicato es mayor en el río Manso Superior que en cualquier punto del lago. En el lago, las mayores concentraciones se observan en abril de 1972 en el agua superficial y las menores en marzo de 1971 en las muestras de superficie de las estaciones "B" y "C" pues en la "A" se observa un valor superior a los normales (20,5 mg/l).

La concentración de fosfato varió entre valores indetectables (inferiores a 0,01 mg/l) y 0,1 mg/l. Los mayores corresponden a abril de 1972 y los menores a marzo de 1971. Una mayor homogeneidad se observa en julio en que varía entre 0,03 y 0,05 mg/l.

El contenido en nitrito se mantiene entre 2 y 12 $\mu\text{g/l}$. Las mayores concentraciones se observan en julio y las menores en marzo-abril de 1971.

La cantidad de amoníaco se mantiene entre 0,01 y 0,08 mg/l y la concentración media de hierro es de 0,2 mg/l.

La conductividad eléctrica se mantiene entre 35 y 42 $\mu\Omega/\text{cm}$; los valores menores corresponden al invierno y los mayores a abril de 1972. El contenido de sólidos disueltos fluctúa entre 40 y 50 mg/l y la relación electrolitos:conductividad es próxima a 0,9 mg.cm/ $\mu\Omega$.l.

Resultados similares a los precedentes se obtuvieron al efectuar los análisis químicos en períodos anteriores (1969-1970).

De acuerdo a los datos anteriores, el lago Maseardi se caracterizaría por poseer un menor contenido de nitrato y una mayor cantidad de amoníaco, hierro y fósforo que los lagos andino-patagónicos estudiados por Löfner (1958).

FITOPLANCTON

Las variaciones en el número de células a través del tiempo en las distintas profundidades y estaciones de muestreo (figs. 5, 6 y 7), permiten formular algunas generalizaciones sobre el ciclo anual de fitoplancton, las que resultan confirmadas por los datos obtenidos en años anteriores.

Las fluctuaciones en el número total de células (entre 6 y 268 cél./ml) pueden ser principalmente relacionables con los distintos factores físicos, siendo probable que la sucesión estacional del fitoplancton sea debida en gran parte a la interrelación entre turbulencia y velocidad de sedimentación.

La circulación invernal proporciona condiciones favorables para el desarrollo de un mayor número de algas tanto por el aumento en la concentración de nutrientes en las capas iluminadas como por la mayor probabilidad que tienen las células de los estratos más profundos de ser transportadas hacia las mismas. El número de células en los distintos perfiles analizados en julio, fluctuó entre valores próximos a 50 y 180 cél./ml. Una mayor homogeneidad en la densidad de algas a lo largo de las diversas columnas se observa en agosto, con un rango comprendido entre 104 y 193 cél./ml. Los promedios epi e hipolimnéticos resultan similares en los distintos perfiles analizados.

El aumento de la temperatura que tiene lugar durante el período primaveral, junto con la disponibilidad de nutrientes se traduce en un mayor desarrollo fitoplanctónico. Los valores máximos se registraron en setiembre, con fluctuaciones locales y en profundidad comprendidas entre 117 y 268 cél./ml. El estrato comprendido entre 5 y 50 m de profundidad posee la mayor densidad que, en general, supera las 200 cél./ml.

Durante el verano y otoño, la densidad numérica de algas descende a valores, generalmente, comprendidos entre 50 y 100 cél./ml. Los valores superficiales (0-5 m) resultaron aún menores fluctuando entre 20 y 80 cél./ml. A principios de febrero se detecta, en las estaciones "B" y "C", una mayor sedimentación de células y se registran valores comprendidos entre 100 y 140 cél./ml.

Hacia fines de febrero y durante el año, el número de algas en el estrato profundo es, comúnmente, inferior a 50 cél./ml, salvo en la estación "A" (marzo de 1971) en que oscila entre 50 y 100. Durante este mes (marzo), se observa que la estación "A" presenta comparativamente mayores concentraciones.

Las menores concentraciones de algas, registradas durante el verano y otoño, pueden ser consecuencia del agotamiento de alguna sustancia esencial o quizás del mayor consumo por parte del zooplancton. Ninguno de estos hechos a los que se le atribuyó la citada disminución numérica del fitoplancton ha sido comprobado hasta el presente, si bien en muestreos de años anteriores se observa una mayor concentración de zooplancton en verano (Bonetto, et al., 1971: fig. 9).

Desde el punto de vista de las especies más frecuentes, el fitoplancton del lago Mascardi, aparece caracterizado por: *Ankistrodesmus gracilis*, *Rhodomonas minuta*, *Melosira pseudogranulata* y *Rhizosolenia eriensis*.

Para el análisis de las variaciones numéricas de estas cuatro especies hemos considerado adecuado efectuar sus promedios epilimnéticos (0-25 m) e hipolimnéticos (40-100 m).

Ankistrodesmus gracilis (fig. 9). Esta especie presenta un comportamiento similar a lo largo del año en las 3 estaciones de muestreo. Desde

el comienzo del ciclo analizado se observan concentraciones epilimnéticas crecientes que se hacen máximas en primavera (setiembre - octubre), con variaciones locales comprendidas entre 40 y 55 cél./ml. A partir de este momento se registran concentraciones decrecientes que tienen un leve

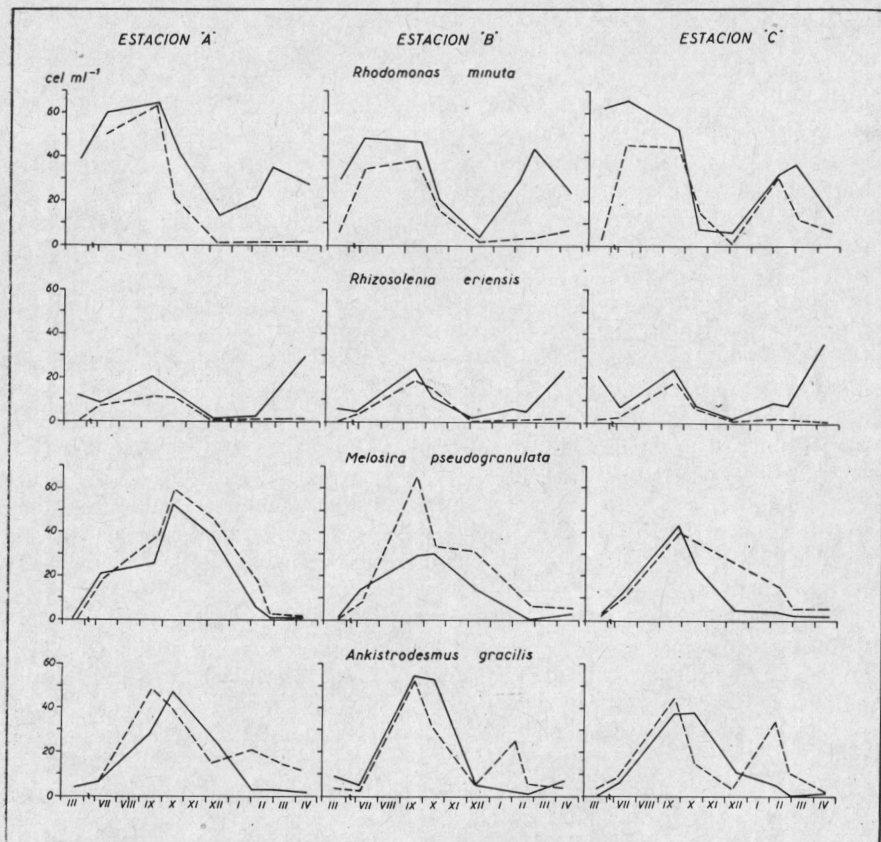


Fig. 9. — Variación del número de células de las cuatro especies más importantes del fitoplancton, considerando sus promedios epilimnéticos (línea continua) e hipolimnéticos (línea de trazos), en las tres estaciones de muestreo.

repunte en otoño (marzo - abril). Las variaciones numéricas en el estrato hipolimnético presentan similares características hasta el mes de diciembre. A principios del mes de febrero se observa un incremento (creciente desde la estación "A" a la "C") en el número de células en las capas profundas, con valores promedios que oscilan entre valores próximos a 20 y 40 cél./ml.

Rhodomonas minuta (fig. 9). Esta especie también presenta un ciclo estacional similar en las distintas estaciones de muestreo, con dos períodos de mayor desarrollo. El primero, en el período julio-setiembre con valores comprendidos entre 50 y 65 cél./ml en el estrato epilimnético. El segundo, de menor importancia a fines de febrero con un rango de variación en los valores promedios de 35 a 45 cél./ml.

En el hipolimnion, las variaciones en el número promedio de células acompañan a las observadas en el epilimnion durante el período marzo-diciembre. A partir de esta fecha, en las estaciones "A" y "B" su número se mantiene bajo hasta finalizar el período de estudio, pero en la "C" se observa un marcado incremento de la especie en el estrato profundo a principios de febrero.

Rhizosolenia eriensis (fig. 9). Este especie, a pesar de presentarse con menores concentraciones que las anteriores, también se caracteriza por su constancia a través del ciclo anual. Presenta dos pulsos anuales: el primero, en primavera (setiembre), con valores promedios en el epilimnion que oscilan localmente entre 20 y 25 cél./ml; el segundo, en abril (de mayor importancia que el anterior), con valores comprendidos entre 25 y 38 cél./ml. Los valores hipolimnéticos, menores que los superficiales, acompañan las fluctuaciones de éstos durante el período de circulación, para reducirse notablemente, durante el período de estratificación.

Melosira pseudogramulata (fig. 9). La principal diferencia del ciclo estacional de esta especie, con respecto a las anteriores, radica en una mayor concentración de células en el hipolimnion que en las capas superficiales. Su concentración, en ambos estratos, aumenta desde otoño hasta primavera para disminuir más o menos lentamente hasta otoño.

Durante los meses de verano y otoño, un gran número de células del estrato profundo se encontraban con los cloroplastos condensados, es decir en estado de reposo. Durante el período de rápido crecimiento (setiembre-octubre), un gran número de individuos, principalmente en las capas superficiales se presentaban en estado de división: en las capas profundas, muchos de ellos aún se encontraban en estado de reposo, pudiendo significar su presencia en un pasaje desde los sedimentos adonde habrían llegado durante el período de aguas quietas.

La menor concentración de células en las capas superiores durante el período de estratificación puede ser explicable, en parte, por la sedimentación de células hacia el fondo. Durante el período de circulación, tiene lugar la resuspensión de los filamentos que podemos observar en el plancton con ciliados (*Vorticella* sp.) y diatomeas (principalmente *Gomphonema parvulum*), fijados a *Melosira pseudogramulata* durante su permanencia en el fondo.

Otras consideraciones acerca del ciclo anual de la especie y su polimorfismo se detallan en un trabajo aparte (García de Emiliani, 1973).

Además de estas especies de presencia constante y cuyas fluctuaciones condicionan, en gran parte, las observadas en el ciclo estacional del fitoplancton, existen otras que proliferan durante cortos períodos o se en-

cuentran durante períodos más prolongados pero con valores más bien bajos.

Entre ellas encontramos: *Dinobryon divergens*, *Mallomonas akrokomos*, *Mallomonas elongata*, *Chrysomonadales*, *Cryptomonas* spp., *Eudorina elegans*, *Closterium* sp., *Sphaerocystis schroeteri*, *Elakatothrix* sp., *Synedra* spp. y *Cyclotella stelligera*.

Dinobryon divergens. Esta especie alcanza sus mayores valores (entre 10 y 37 cél./ml) durante el mes de diciembre en las muestras superficiales (0-10 m de profundidad). No obstante, también se encuentra presente durante el resto del año con valores generalmente bajos y ocasionalmente con mayores valores en algunas profundidades.

Mallomonas akrokomos. Esta especie se encuentra generalmente presente alcanzando mayor desarrollo en invierno-primavera. Los valores máximos (entre 14 y 25 cél./ml) se observan en setiembre en el estrato comprendido entre 20 y 30 m de profundidad.

Mallomonas elongata. Fue hallada esporádicamente y con valores generalmente bajos (entre 1 y 6 cél./ml) en las distintas estaciones de muestreo durante el año.

Chrysomonadales. Este grupo se encontró en casi todas las muestras como epífito de diatomeas o flotando libremente. Durante el verano y otoño se encontró preferentemente sobre diatomeas en las capas superficiales. Los mayores valores (11 a 13 cél./ml) se observaron en febrero entre 10 y 15 m. Las Chrysomonadales libres también presentan su máximo en febrero con valores que oscilan, en los distintos puntos, entre 1 y 4 cél./ml.

Cryptomonas spp. Este género estuvo representado por dos especies totalizando concentraciones que oscilaron entre 1 y 13 cél./ml. Los mayores valores, junto con su presencia a lo largo de todo el perfil caracterizan su distribución en el mes de febrero.

Eudorina elegans. Sólo fue hallada en algunas muestras con valores bajos (entre 1 y 6 cél./ml). Ocasionalmente totalizó el valor de 15 cél./ml (setiembre, estación "B", 15 m).

Closterium sp. Se encontró presente durante todo el año (con valores que oscilaron entre 1 y 15 cél./ml), aunque con mayor constancia en las muestras de primavera. En esta época y en las estaciones "A" y "C", alcanza los mayores valores (entre 6 y 15 cél./ml) en las muestras superficiales (setiembre).

Sphaerocystis schroeteri. No se encontró presente durante el verano y totalizó los mayores valores en las muestras de julio y setiembre.

Elakatothrix sp. Esta especie estuvo presente durante todo el año con valores generalmente bajos (entre 1 y 6 cél./ml). Ocasionalmente (marzo y setiembre) totaliza valores mayores (8 a 15 cél./ml).

Oocystis sp. Se ha encontrado esporádicamente presente con valores comprendidos entre 1 y 4 cél./ml.

Synedra ulna. Se encuentra normalmente presente en las muestras del estrato profundo aunque con baja concentración (entre 1 y 6 cél./ml). En una oportunidad (estación "A", 25 m, marzo de 1971) alcanzó el valor de 52 cél./ml.

Synedra acus. Se presenta con valores bajos (entre 1 y 9 cél./ml) y sólo en algunas muestras del perfil vertical. En primavera se presenta con mayor constancia.

Cyclotella stelligera. Se ha encontrado preferentemente durante primavera e invierno con valores comprendidos entre 1 y 4 cél./ml. Su presencia fue más constante en las muestras de setiembre.

Otras especies tales como *Staurodesmus quiriferus*, *Staurastrum paradoxum*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Dictyosphaerium pulchellum* y algunas diatomeas (*Nitzschia* sp., *Surirella* sp., *Navicula* sp.), constituyen un grupo de especies de representación esporádica y escasa.

DIVERSIDAD ESPECÍFICA, CLOROFILA "A" Y PRODUCCIÓN PRIMARIA.

La diversidad específica, calculada mediante la fórmula de Sharnon, varió entre 0,8 y 2,9. Los menores valores (0,8 - 2,4) corresponden a las muestras superficiales de abril y los mayores (2,1 - 2,9) a las de setiembre.

La concentración de clorofila "a" varió entre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en los distintos perfiles efectuados a lo largo del año. Las mayores concentraciones (entre 500 y $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se registraron en el estrato comprendido entre 10 y 30 m en julio y entre 10 y 100 m en las muestras de setiembre. Las menores concentraciones se observan durante el verano con valores comprendidos entre 10 y $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. También durante este período y durante el otoño se observan, a partir de los 40 m de profundidad, concentraciones superiores a los $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las fluctuaciones en la concentración de clorofila "a" acompañan, durante el período de circulación y en el estrato epilimnético en el período de estratificación, a las observadas en el número de células, en tanto que durante el verano se observa una mayor concentración de feopigmentos en el estrato profundo.

Durante el período de estudio considerado en el presente trabajo, no se han efectuado estimaciones de la producción primaria mediante el método del C_{14} . No obstante, considerando que las variaciones observadas en el número de células y en la concentración de clorofila "a" en los muestreos practicados en años anteriores difieren muy poco de las observadas en este período, indicamos como dato ilustrativo las estimaciones efectuadas durante 1969 y 1970.

De acuerdo a las determinaciones efectuadas en distintos puntos del lago, en noviembre del año 1969, el brazo "Catedral", de aguas más claras, resulta el más productivo ($27,3 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$), estando comprendida la zona de máxima producción ($0,8 - 0,9 \text{ mg C}/\text{m}^3/\text{h}$) entre los 15 y 30 m de profundidad, llegando la zona productiva poco más allá de los 50 m.

Para esa misma fecha, la producción en el brazo "Tronador" osciló entre 13 y 22 mg C/m²/h. La producción por unidad de volumen en este brazo es ligeramente mayor y la zona eufótica algo menor que en el brazo "Catedral".

Las determinaciones efectuadas en el brazo "Catedral" durante el período marzo del año 1970 a enero del año 1971, a distintas horas del día, indican valores de 121,5 mg C/m²/día (marzo del año 1970), 131,5 mg C/m²/día (agosto del año 1970), 102,3 mg C/m²/día (octubre del año 1970) y 203,1 mg C/m²/día (enero del año 1971). Es decir, la fijación de carbono por unidad de superficie y por día aumenta desde otoño a invierno, disminuyendo ligeramente en primavera y alcanzando los máximos valores en verano. Estas variaciones de los valores de la producción primaria no acompaña de la misma manera a las fluctuaciones en el número de células, ya que éste aumenta desde invierno a primavera para luego descender (Maglianesi, *et al.*, 1973: 16 y 21).

La producción primaria anual se estimó en 46 g C/m²/año, según los datos obtenidos en el período 1970-1971, en el brazo "Catedral" del lago Mascardi (Maglianesi, *et al.*, 1973: 22). Este valor sobrepasa el límite superior del rango de variación de los lagos oligotróficos, según la clasificación de Rodhe (en Rohlich, 1969: 50-64).

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo descrito en los capítulos precedentes, el Mascardi es un lago oligotrófico en el cual las fluctuaciones térmicas del agua, junto con los aportes del río Manso Superior condicionan la distribución del fitoplancton.

Los registros de temperatura evidencian su carácter monomítico y nos permiten detectar, en parte, la magnitud de la influencia ejercida por el río Manso Superior, principal inmisario del lago. Este río actúa disminuyendo la temperatura y la transparencia del agua, principalmente en la zona N del brazo "Catedral" del lago, fundamentalmente durante los períodos de mayor caudal (por deshielo o lluvias).

La sucesión estacional del fitoplancton se debe, en gran parte, a la interrelación entre turbulencia y velocidad de sedimentación.

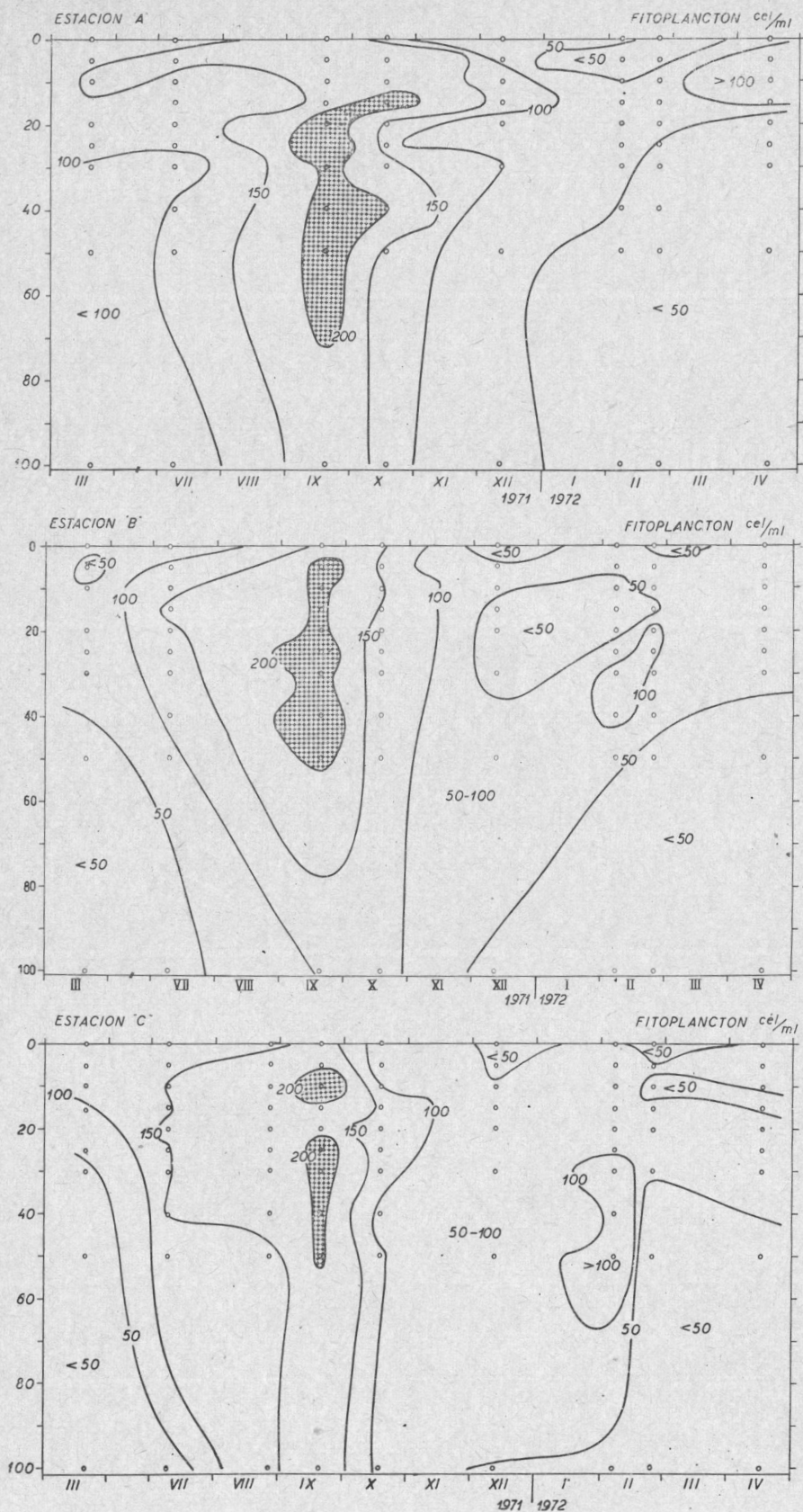
Las condiciones químicas se tornan favorables para el desarrollo de algas durante el período de circulación, época en la cual las condiciones físicas resultan desfavorables. No obstante, un cierto número de especies comienzan a proliferar para alcanzar sus valores máximos cuando la elevación de la temperatura tiene lugar durante el período primaveral. Las especies registradas con mayor frecuencia durante este período fueron aquellas de pequeña biomasa (*Rhodomonas minuta* y *Ankistrodesmus gracilis*) aunque también *Melosira pseudogranulata* totalizó valores elevados. Paralelamente a este aumento en el número de células se detectan valores máximos en la diversidad específica.

Durante el período de estratificación el número de células en las capas superficiales disminuye notablemente, observándose una mayor sedimentación de células hacia las capas más profundas. Aunque la concentración celular en las capas superficiales es menor durante el período estival que en primavera, los valores de la producción primaria diaria resultan máximos ($203 \text{ mg C/m}^2/\text{día}$).

Al finalizar el verano la concentración de nutrientes disminuye notablemente, observándose en otoño (abril) un mayor contenido de nutrientes que no es asimilado proporcionalmente por el fitoplancton. Tanto la diversidad específica como el número de células alcanza los valores mínimos durante este período.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, 1971. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 13 th. edition, 874 p.
- BONETTO, A. A., DIONI, W. y DEPETRIS, P. (eds.), 1971. Investigaciones limnológicas en la cuenca del río Manso y lago Mascaradi (Río Negro, Patagonia). *Publ. nº 4 del Dpto. de Recursos Naturales y Energía*. Fundación Bariloche: 1-62.
- CARPENTER, J. H., 1966. New measurements of oxygen solubility in pure and natural water. *Limnol. Oceanogr.*, 11 (2): 264-277.
- DEPETRIS, P., 1971. Mineralogía de la fracción arcilla en sedimentos del lago Mascaradi, Pcia. de Río Negro, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26 (3): 412.
- DRAGO, E., 1972. Relevamiento batimétrico y notas morfológicas del lago Mascaradi. *Publ. del Depto. de Recursos Naturales y Energía*. Fundación Bariloche: 1-8.
- GARCÍA DE EMILIANI, M. O., 1973. Ultraestructura y polimorfismo de *Melosira pseudogranulata* A. Cl. y cambios en la densidad de su población en el lago Mascaradi. *Soc. Cient. Arg. sección S.F.*, 1: 7-16.
- HUTCHINSON, E., 1957. *A treatise on Limnology. Vol. I. Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley & Sons. N. York, 1016 p.
- LÖFFLER, H., 1958. Limnologische Untersuchungen an chilenischen und peruanischen Binnengewässern. 1. Die physikalisch-chemischen Verhältnisse. *Arkiv. för Geofysic*, 3 (10).
- MAGLIANESI, R., RADICI, M., GARCÍA DE EMILIANI, M. O., 1973. Análisis de la productividad primaria a nivel del fitoplancton y principales variables asociadas en el brazo Catedral del lago Mascaradi. *Bol. Soc. Argent. Botánica*, 15 (1): 12-22.
- ROHLICH, G. A. (ed.), 1969. *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. Publ. 1700, Div. Biol. Agric. Natn. Acad. Sci.-Natn. Res. Coun., Wash.
- THOMASSON, K., 1959. Nahuel Huapi. *Acta phytogeogr. Suec.*, 42: 1-83.
- 1963. Araucanian lakes. *Acta phytogeogr. Suec.*, 47: 1-139.



Figs. 6-8. — 6, Distribución del fitoplancton (nº de células por ml) a través de la profundidad (ordenada) y del tiempo (abscisa) en la estación «A» del lago Mascardi; 7, Distribución del fitoplancton (nº de células por ml) a través de la profundidad (ordenada) y del tiempo (abscisa) en la estación «B» del lago Mascardi; 8, Distribución del fitoplancton (nº de células por ml) a través de la profundidad (ordenada) y del tiempo (abscisa) en la estación «C» del lago Mascardi.