

## CICLO ANUAL DEL FITOPLANCTON EN EL EMBALSE SAN ROQUE (CORDOBA, ARGENTINA) \*

María Ofelia García de Emiliani (\*\*)  
Instituto Nacional de Limnología  
J. Macía 1933 - Santo Tomé (Sta Fe)

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el de contribuir al conocimiento de la estructura, distribución espacial, diversidad específica y capacidad productiva del fitoplancton del embalse San Roque.

El análisis de los resultados obtenidos mensualmente durante 1972 muestra: reducida transparencia del agua (la lectura del disco de Secchi varió entre 0,5 y 1,3 m); agotamiento del O<sub>2</sub> hipolimnético en verano; elevada carga de nutrientes (principalmente nitratos, su concentración media varió entre 0,25 y 0,93 mg/l); baja diversidad específica (generalmente entre 1 y 2,5 bits/célula); dominancia de especies de gran biomasa (*Peridinium gatunense*, *P. willei*, *Coscinodiscus lacustris*, *Cryptomonas ovata* y *Microcystis aeruginosa*); elevada producción primaria (0,4 kg C/m<sup>2</sup>/año) y el considerable aporte alóctono de N-NO<sub>3</sub> (media diaria de 100 kg).

Todos estos aspectos indican el carácter eutrófico del embalse y la probabilidad de que se acentúe al aumentar el ya elevado aporte alóctono de nutrientes.

### SUMMARY

#### *Annual cycle of phytoplankton in the San Roque reservoir (Córdoba, Argentina)*

The objective of this paper is contributing to the knowledge of the structure, spatial distribution, specific diversity and productive capacity of the phytoplankton of San Roque reservoir.

The analysis of the results obtained on a monthly basis during 1972, revealed: reduced transparency of water (Secchi disk reading varied between 0.5 and 1.3 m); depletion of hypolimnetic O<sub>2</sub> during summer; high concentrations of nutrients (mainly nitrates, their mean concentration varied between 0.25 and 0.93 mg/l); low specific diversity (generally between 1 and 2.5 bits/cell); dominance of species of large biomass (*Peridinium gatunense*, *P. willei*, *Coscinodiscus lacustris*, *Cryptomonas ovata* and *Microcystis aeruginosa*); high primary production (0.4 kg C/m<sup>2</sup>/year); and abundant supply of allochthonous NO<sub>3</sub>-N (mean value of 100 kg/day).

(\*) Presentado en la Reunión de Comunicaciones Científicas del 26 de noviembre de 1976.

(\*\*) Miembro de la Carrera de Investigador Científico del CONICET.

All these aspects indicate the eutrophic character of the reservoir and the probability of its accentuation with the increase of the already high supply of allochthonous nutrients.

## INTRODUCCION

El estudio limnológico de este embalse se inició conjuntamente con el de "Los Molinos" y "Río Tercero", en base a muestras obtenidas estacionalmente entre junio de 1971 y julio de 1972, en virtud de convenios suscriptos con la Dirección Provincial de Hidráulica y con el Area de Náutica, Caza y Pesca dependiente de la Dirección Provincial de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Córdoba, organismos oficiales que prestaron una valiosa colaboración durante el desarrollo de los trabajos de campo. Los resultados de ese estudio se resumen en Maglianesi, *et al.* (inédito).

En el presente trabajo se presentan y discuten los resultados de los análisis mensuales de la estructura, distribución espacial, diversidad específica y capacidad productiva del fitoplancton durante 1972, así como los relativos a la física y química de las aguas y, en particular, los referentes al aporte alóctono de  $N-NO_3$  y su significado en el proceso de eutrofización.

Como antecedentes de trabajo en este cuerpo de agua se citan los de Guarrera (1948), Yacubson (1960), Maglianesi, *et al.* (inédito), Drago y Depetris (1974), además de una tesis doctoral sobre la distribución del zooplancton durante 1972, presentada a la Universidad de Córdoba, por la Dra. M. C. Corigliano.

## MATERIAL Y METODOS

El embalse San Roque se encuentra situado en el valle de Punilla en las coordenadas de  $31^{\circ} 23'$  de latitud sur y  $64^{\circ} 28'$  de longitud oeste. La construcción del primer dique finalizó en 1890 y la del segundo, que reemplazó al anterior, en 1944.

En la figura 1 se indican algunos datos morfométricos aportados por el relevamiento batimétrico efectuado en julio de 1972, cuando el nivel de las aguas se encontraba en cota 29 m (637 m. s.n.m.), según Drago y Depetris (1974). En la misma figura, se indican las estaciones de muestreo ("A", "B", "C" y "D") seleccionadas para el estudio del fitoplancton, en las que se practicaron muestreos mensuales. En los ríos afluentes y en el emisario (Río Primero) se obtuvieron muestras estacionales: setiembre/1971, enero, mayo y julio/1972.

Los métodos de muestreo y de análisis físicos, químicos y del fitoplancton fueron los mismos que los empleados en trabajos anteriores (Apesteguiá *et al.*, 1974 y García de Emilian, 1976).

## RESULTADOS

### I. Características físicas y químicas

El agua de este embalse se caracterizó por su baja transparencia, oscilando el límite de visibilidad del disco de Secchi entre 0,5 y 1,3 m; en las estaciones "C" y "D" la transparencia del agua fue comparativamente menor que en el centro.

La temperatura del agua se mantuvo durante la mayor parte del año entre 10 y  $20^{\circ}C$ , disminuyendo ligeramente desde la superficie al fondo. En los meses de verano, la tempe-

ratura aumentó llegando a 25°C en las capas superficiales pero no existió una estratificación térmica definida.

El pH se mantuvo entre 7 y 8,8 en el agua superficial y entre 6,8 y 8 en el agua profunda. El agua fue comparativamente más alcalina en las estaciones "C" y "D" que en el centro, excepto en los meses de verano.

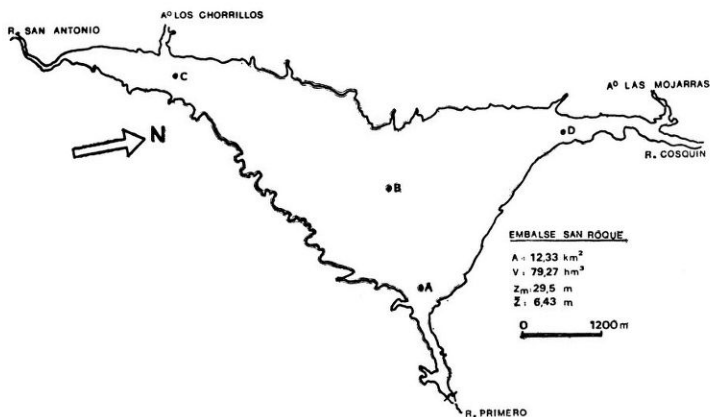


Fig. 1. Mapa del embalse San Roque en el que se indican las estaciones de muestreo "A", "B", "C" y "D".

El contenido de oxígeno disuelto varió entre valores indetectables y 10,7 mg/l. Los valores más elevados se registraron en invierno y su distribución fue relativamente homogénea; a fines de primavera y durante el verano se observa una distribución típicamente clino-grada.

La concentración de nitratos varió, generalmente, entre 0,06 y 1,49 mg/l en los distintos puntos del lago y en los ríos, excepto en el río Cosquín donde se registraron concentraciones muy elevadas en setiembre y julio, que incidieron fundamentalmente en la concentración detectada en la estación "D".

El contenido de nitritos fue poco variable y se mantuvo en la mayor parte de las muestras entre 2 y 10 ug/l; valores más elevados (hasta 90 ug/l) se detectaron en el río Cosquín y en las estaciones de muestreo de la costa.

La concentración de amonio se mantuvo entre 0,01 y 0,12 mg/l siendo mayor en los ríos Los Chorrillos y Las Mojarras que en los otros puntos de muestreo.

La concentración de fosfatos se mantuvo en la mayor parte de las muestras, entre 10 y 70 ug/l; en julio se detectaron valores más elevados (90–150 ug/l).

La concentración de silicatos en el lago varió entre 0,6 y 7,3 mg/l; en los ríos imisarios fue siempre marcadamente superior (3,3–20,3 mg/l) y en el río Primero se mantuvo entre 1,4 y 5 mg/l.

La concentración media de nitratos, nitritos, amonio, fosfatos y silicatos en el lago así como las concentraciones registradas en los distintos ríos, se resumen en el cuadro 1.

CUADRO 1. Variación de la concentración de nutrientes (en mg/l) media en el lago (Ct.) y en los ríos Cosquín (R. C.), San Antonio (R. S. A.) y Primero (R. 1º) y en los Arroyos Los Chorrillos (A. L. Ch.) y Las Mojarras (A. L. M.).

IX - 1971	Ct.	R.C.	R.S.A.	A.L.Ch.	A.L.M.	R.1º
Nitrato	0,93	2,42	0,26	0,54	0,35	0,65
Nitrito	0,009	0,06	0,003	0,01	0,004	0,006
Amonio	0,04	0,05	0,01	0,09	0,09	0,06
Fosfato	0,01	0,02	0,01	0,08	0,01	0,06
Silicato	2,94	16,3	13,0	5,0	3,3	5,0
<b>I - 1972</b>						
Nitrato	0,25	0,22	0,46	0,69	0,40	0,15
Nitrito	0,009	0,003	0,004	0,006	0,01	0,002
Amonio	0,04	0,07	0,05	0,08	0,09	0,01
Fosfato	0,04	0,06	0,04	0,04	0,02	0,05
Silicato	4,24	11,5	9,0	8,0	13,3	4,3
<b>V - 1972</b>						
Nitrato	0,86	0,97	0,62	0,58	0,58	0,39
Nitrito	0,009	0,005	0,008	0,014	0,007	0,003
Amonio	0,04	0,04	0,03	0,12	0,09	0,03
Fosfato	0,08	0,07	0,09	0,04	0,06	0,09
Silicato	3,71	18,5	20,3	15,8	20,3	4,8
<b>VII - 1972</b>						
Nitrito	0,009	0,003	0,004	0,006	0,01	0,002
Nitrato	0,33	5,3	0,01	0,01	0,01	0,06
Nitrito	0,015	0,09	0,001	0,007	0,009	0,004
Amonio	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04
Fosfato	0,11	0,12	0,14	0,15	0,14	0,11
Silicato	0,36	3,4	13,7	9,8	6,5	1,4

La composición iónica relativa de las aguas de este embalse corresponde al tipo bicarbonatada sódica-cálcica.

## II. Fitoplancton

### Composición específica.

Durante el ciclo anual se han registrado 48 taxa (cuadro 2), entre los que figuran el género *Oocystis* (con 3 especies) y el orden Monosigales (probablemente con 1 especie) que no han podido ser identificados a nivel específico. Es de señalar además, que *Peridinium gatunense* se presenta junto a *P. willei* debido a que no pudieron ser diferenciados durante la realización de los recuentos. El estudio llevado a cabo con posterioridad señaló la amplia dominancia numérica del primero con respecto al segundo.

CUADRO 2. Lista de las especies halladas en cada una de las estaciones (A, B, C y D) de muestreo

	A	B	C	D
<i>Oscillatoria</i> sp.		x	x	x
<i>Microcystis aeruginosa</i>	x	x	x	x
<i>Anabaena</i> sp.	x	x	x	x
<i>Chlamydomonas</i> sp.		x		x
<i>Pandorina morum</i>		x		
<i>Tetraedron caudatum</i>				x
<i>Schroederia setigera</i>		x	x	
<i>Oocystis</i> spp. (3 especies)	x	x	x	x
<i>Monoraphidium minutum</i>	x	x		x
<i>M. spiralis</i>				x
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		x	x	x
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	x	x	x	x
<i>Coelastrum microporum</i>		x	x	x
<i>Botryococcus braunii</i>		x		
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		x		
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	x	x	x	x
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	x	x	x	x
<i>S. q.</i> var. <i>longispina</i>	x			x
<i>S. intermedius</i> var. <i>bicaudatus</i>	x	x		x
<i>S. alternans</i> var. <i>prescottii</i>		x		x
<i>S. carinatus</i>	x	x	x	x
<i>Closterium</i> sp.		x	x	x
<i>Cosmarium</i> sp.	x	x		x
<i>Staurastrum hexacerum</i>	x	x	x	x
<i>S. polymorphum</i>	x	x	x	x
<i>S. leptocladum</i>		x	x	x
<i>Chroomonas acuta</i>		x	x	
<i>Cryptomonas ovata</i>	x	x	x	x
<i>Peridinium gatunense</i> + <i>willei</i>	x	x	x	x
<i>Navicula</i> sp.				x
<i>Synedra</i> sp.		x		x
<i>Melosira agassizii</i>	x	x	x	x
<i>M. granulata</i> var. <i>angustissima</i>	x			x
<i>M. italica</i>		x	x	x
<i>M. distans</i>		x		
<i>Coscinodiscus lacustris</i>	x	x	x	x
<i>Cyclotella striata</i>	x	x	x	x
Monosigales	x	x	x	x
<i>Trachelomonas atomaria</i>		x	x	x
<i>T. volvocina</i>		x	x	x
<i>T. volvocinopsis</i>		x	x	x
<i>T. sculpta</i>			x	
<i>T. woycikii</i> var. <i>pusilla</i>			x	x
<i>T. oblonga</i>		x	x	x
<i>Euelena</i> sp.			x	

## Distribución horizontal

La distribución horizontal del fitoplancton, desde el punto de vista de las especies dominantes, es relativamente homogénea (fig. 2). Durante la primera mitad del año, las especies dominantes fueron *Peridinium gatunense* + *P. willei* y *Coccinodiscus lacustris*; entre julio y octubre, *Cryptomonas ovata* y *Coccinodiscus lacustris*; en noviembre, *C. lacustris* es la especie ampliamente dominante y *Microcystis aeruginosa* adquiere importancia numérica solamente en la estación "B"; en diciembre, *P. gatunense* + *P. willei* y *M. aeruginosa* alternan su dominancia en las distintas estaciones de muestreo.

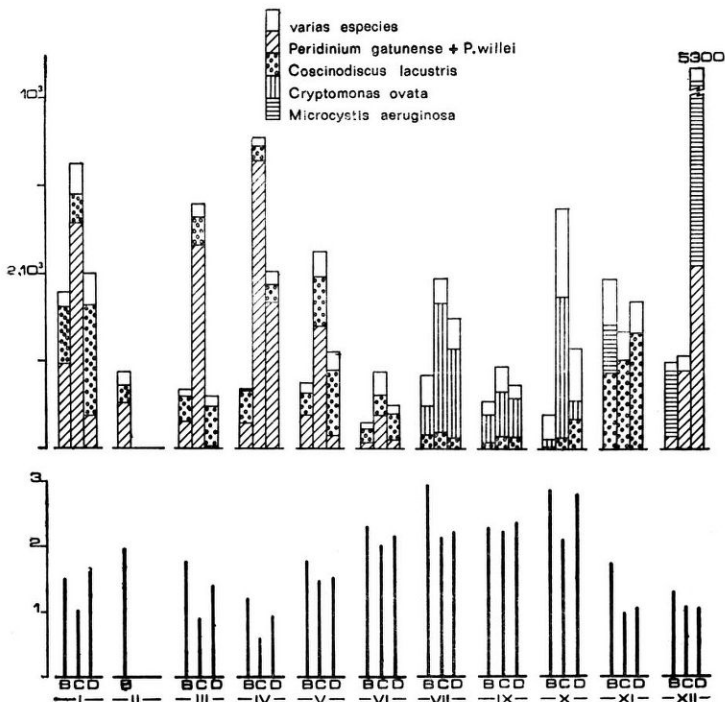


Fig. 2. Variación del fitoplancton total y de las especies dominantes en las muestras superficiales de las estaciones "B", "C" y "D", a través del año (gráfico superior). Variación de la diversidad específica del fitoplancton en las mismas muestras (gráfico inferior).

Las restantes especies se encuentran distribuidas bastante homogéneamente salvo aquéllas que se presentan esporádicamente y en baja concentración en alguna zona del lago (cuadro 2). El menor número de entidades registrado en la estación "A" se debe, por lo menos en parte, a que ésta fue estudiada solamente en 3 oportunidades (enero, mayo y julio), ya que por las demás características analizadas esta estación es similar a la "B".

Con respecto a la distribución a través del ciclo anual, cabe citar la presencia constante de *Sphaerocystis Schroeteri*, *Oocystis* spp., *Closterium* sp., *Coscinodiscus lacustris*, *Perridium gatunense*, *P. wilei* y *Cryptomonas ovata*.

Otras especies, tales como las cianofitas, *Chlamydomonas* sp., *Dictyosphaerium pulchellum*, *Monoraphidium minutum*, *Coetastrium microporum*, *Schroederia setigera* y *Botryococcus braunii*, se registraron a fines de primavera y durante el verano.

Las restantes especies se registraron esporádicamente a través del ciclo anual.

El análisis cuantitativo muestra que durante la mayor parte del año (enero a octubre) la estación "C" presentó la mayor concentración de algas, siguiéndole la "D" (excepto en marzo) y por último la "B". En noviembre, la mayor abundancia se registró en la "B" y en diciembre en la "D" (fig. 2). La diversidad específica resulta, para cada fecha, inferior en la estación "C" que en las otras dos, excepto en diciembre que es mayor que en la "D" y menor que en la "B".

#### Distribución vertical.

El estudio de la distribución vertical se realizó en base a los datos obtenidos a distintas profundidades en la estación "B" (fig. 3). En el período comprendido entre mayo

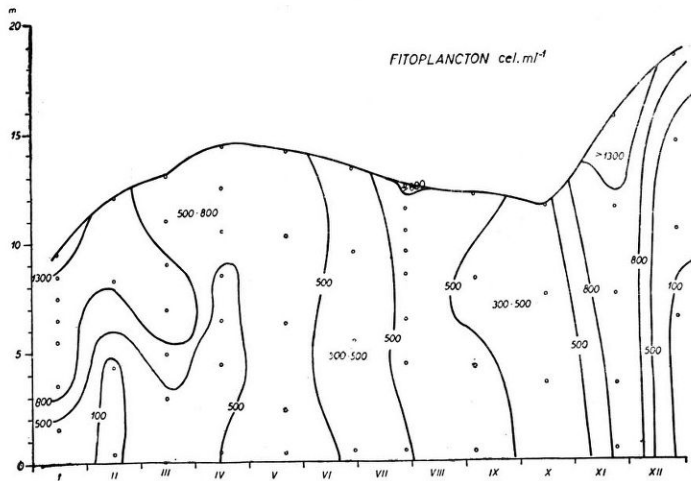


Fig. 3. Distribución del fitoplancton total en función de la profundidad (ordenada) y del tiempo (abscisa) en la estación "B".

y noviembre, el fitoplancton presenta una distribución vertical homogénea, en tanto que en el período enero-abril y en diciembre, se advierte una disminución en la concentración con la profundidad, mucho más notable en los meses de verano.

En general, no existen diferencias cualitativas en la distribución vertical del fitoplancton, con excepción de las cianofitas que se presentan principalmente en la capa superficial.

La diversidad específica a través del tiempo y de la profundidad en la estación "B" (fig. 4) varió entre 0,3 y 3,4 bits/célula, si bien en la mayor parte de las muestras se mantuvo entre 1 y 2 bits/célula. Los valores más altos se presentan en el período junio-octubre en las muestras superficiales y en enero, entre 1 y 4 m. de profundidad. En la misma figura se puede ver la disminución de la diversidad específica con la profundidad.

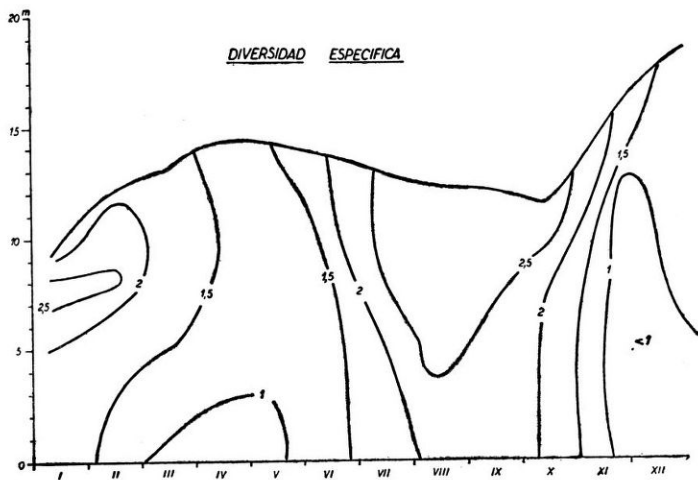


Fig. 4. Distribución de la diversidad específica del fitoplancton en función de la profundidad (ordenada) y del tiempo (abscisa) en la estación "B".

Para apreciar los cambios cuantitativos del fitoplancton a través del ciclo anual, independientemente de las variaciones del nivel del embalse, se han integrado las concentraciones determinadas en el perfil de la estación "B" para la columna total de agua. La variación de las concentraciones absolutas así obtenidas (cuadro 3) muestra, por ejemplo, valores similares en enero y mayo en contraste con las altas concentraciones por unidad de volumen que existían en la primera fecha (1000-1800 cél./ml.) y las comparativamente bajas observadas en la segunda (600-800 cél./ml.).



CUADRO 3. Variación numérica del fitoplancton (expresado en cél./cm<sup>2</sup>) a través del año en la estación "B" del embalse San Roque.

Mes	cél./cm <sup>2</sup>	Mes	cél./cm <sup>2</sup>	Mes	cél./cm <sup>2</sup>
I	910.200	V	932.900	X	353.200
II	654.200	VI	493.600	XI	1.930.500
III	775.100	VII	731.900	XII	405.600
IV	613.300	IX	693.000		

### III. Producción primaria

En base a las determinaciones de productividad primaria bruta, efectuadas por personal del INALI, en los meses de setiembre de 1971, enero, mayo y julio de 1972, se calculó la producción bruta diaria y la anual. La producción bruta diaria varió entre 0,33 y 2,4 g C/m<sup>2</sup>, la media diaria fue de 1,5 g C/m<sup>2</sup> y la anual de 0,4 kg C/m<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta la productividad bruta máxima, la concentración de clorofila a y el número de células, se calculó la capacidad fotosintética por unidad de peso de clorofila a y por célula y el contenido de clorofila a por célula (cuadro 4).

CUADRO 4. Variación de la velocidad de fotosíntesis máxima por unidad de volumen ( $n P_{max}$ ; en mg C/m<sup>3</sup>.h); de la densidad de población estimada como concentración de clorofila a ( $n$ ; en mg/m<sup>3</sup>); de la capacidad fotosintética por unidad de peso de clorofila ( $P_{max}$ ; en mg C/mg.h) y por millón de células ( $P_{max}(1)$ ; en mg C/10<sup>6</sup> cél.h); del contenido en clorofila a por millón de células (ug clor. a/10<sup>6</sup> cél.) y de la diversidad específica (D; en bits/cél.).

Fechas	$nP_{max}$	$n$	$P_{max}$	$P_{max}(1)$	Cl.a/n <sup>o</sup> cél.	D
IX / 71	61	20	3,05	17	6	3,2
I / 72	185	195	0,95	103	109	1,49
V / 72	43	45	0,97	18	19	1,74
VII / 72	22	25	0,88	26	29	2,93

### IV. Nitratos disueltos y producción primaria

En un intento por relacionar las concentraciones de nitrógeno en el lago y el aporte a través de los afluentes con el consumo por parte del fitoplancton, se consideraron los siguientes puntos:

1. La concentración de N se estimó teniendo en cuenta solamente la concentración de N-NO<sub>3</sub> ya que, a los fines del cálculo, se consideran despreciables los otros compuestos inorgánicos del N, también asimilados por el fitoplancton, por ser comparativamente bajos.

2. La concentración media de N-NO<sub>3</sub> se calculó teniendo en cuenta su concentración en las distintas profundidades de cada estación de muestreo y los volúmenes parciales de las zonas representadas por cada uno de los datos. Se calculó además la concentración total en el lago teniendo en cuenta su volumen en cada fecha.

3. El egreso diario de ese nutriente a través del emisario se apreció considerando su concentración en cada fecha y el caudal correspondiente.

4. La concentración media de N-NO<sub>3</sub> del agua que ingresa al lago a través de los afluentes se obtuvo considerando los caudales medios aproximados de cada río y las concentraciones medidas en cada una de las fechas. Con estos datos se estimó el ingreso total diario por esta vía.

5. El nitrógeno potencialmente asimilado por el fitoplancton a través del proceso de fotosíntesis fue calculado teniendo en cuenta los valores de producción primaria neta diaria por m<sup>2</sup> y la tabla de equivalencias dada por Fleming (1940).

A partir de los datos obtenidos que se resumen en el cuadro 5, se puede estimar que: a) el aporte neto de N-NO<sub>3</sub> al lago varía entre 55 y 138 kg/día, con una media diaria de 100 kg/día; b) el contenido medio para todo el lago es de 11.000 kg y c) el consumo medio por parte del fitoplancton es de 960 kg/día, o sea 345.000 kg/año.

CUADRO 5. Variación del contenido de nitrógeno como nitratos: concentración media en el lago (C<sub>L</sub>; en mg N/l); contenido total en el lago (C<sub>TL</sub>; en kg N); concentración media en los inmisarios (C<sub>I</sub>; en mg N/l); ingreso diario por los inmisarios (Ing.; en kg N/día); concentración en el emisario (C<sub>e</sub>; en mg N/l); salida diaria por el emisario (S<sub>e</sub>; en kg N/día) y consumo diario de N por parte del fitoplancton (Cons.; en kg N/día).

Fecha	C <sub>L</sub>	C <sub>TL</sub>	C <sub>I</sub>	Ing.	C <sub>e</sub>	S <sub>e</sub>	Cons.
IX / 1971	0,21	16.270	0,31	262	0,15	124	810
I / 1972	0,06	3.950	0,10	84	0,03	29	2.250
V / 1972	0,19	15.940	0,18	149	0,09	74	400
VII / 1972	0,10	8.050	0,60	140	0,01	4	390

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

A través de lo expuesto se destacan algunos aspectos del Lago S. Roque que son característicos de los cuerpos de agua en los que se opera un proceso de eutrofización.

1. Agua poco transparente y agotamiento del oxígeno hipolimnético durante el período estival.

2. Elevada carga de nutrientes que lo ubican, de acuerdo a la clasificación de Sakamoto (1966) entre los mesotróficos.

3. La estructura de la dominancia del fitoplancton varía poco a lo largo del año y solamente 5 especies adquieren importancia numérica. Además, la riqueza específica es baja; sólo 48 especies se encuentran representadas durante el ciclo anual. La diversidad específica se mantiene generalmente inferior a 3 bits por célula y, en muchas oportunidades, inferior a 1,5. Estas características coinciden con las indicadas por algunos autores para cuerpos de agua eutróficos (Funk y Gaufin, 1971; Margalef, 1974).

4. La dominancia de especies de gran biomasa. Esto coincide con lo indicado por diversos autores con respecto a la estructura de la dominancia y el tamaño de las algas en aguas eutróficas. Las especies de gran biomasa resultan dominantes sobre las especies menores debido a que la ventaja que tiene el nanoplankton al poseer una alta relación superficie : volumen en la asimilación de nutrientes, no es necesaria en ambientes

enriquecidos (Lund, 1961). En consecuencia, la capacidad fotosintética por unidad de peso de clorofila a resulta baja en relación a cuerpos de agua con características productivas similares; esto también se debe, tal como señalamos anteriormente, a la dominancia de especies de gran biomasa cuya eficiencia fotosintética es inferior a la del nanoplancton.

5. Entre las algas dominantes se destacan *Peridinium* spp. y *Microcystis aeruginosa*, reiteradamente citadas como perjudiciales. Ambas están capacitadas para dispersarse con facilidad; una, por ser muy móvil y la otra por ser capaz de flotar y ser transportada por el viento (Berman y Rodhe, 1971; Apesteguía *et al.*, 1974). La presencia de *Microcystis* en verano se debe, en parte, a que está particularmente adaptada para la fotosíntesis a altas temperaturas (Knoechel y Kalff, 1975) y depende además de factores químicos e hidrometeorológicos. Por ejemplo, Serruya y Polingher (1971) encontraron que en años lluviosos el río Jordan aporta grandes cantidades de  $N-NO_3$  al lago Kinneret, posiblemente junto con otros micronutrientes que permiten la proliferación de *Microcystis* la cual retarda o inhibe la de *Peridinium*. Este género, en cambio, absorbe preferentemente  $N-NH_4$  (Fogg, 1971) que es llevado desde el hipolimnion a la zona trófica en el momento de la circulación. *Peridinium* prolifera en esta época cuando la competencia por nutrientes es desfavorable para *Microcystis*. En el lago San Roque, *Microcystis* se encuentra en baja concentración durante el período de verano de aguas bajas (enero, febrero y marzo de 1972); en cambio, hacia fines del ciclo (noviembre y diciembre de 1972), cuando el nivel del agua se eleva, probablemente junto con un mayor aporte de  $N-NO_3$  alóctono, *Microcystis* prolifera fundamentalmente en las proximidades del río Cosquín que es el que tiene el mayor caudal y aporta la mayor carga de este nutriente al lago.

6. Los datos de producción media diaria y anual ubican a este cuerpo de agua entre los eutróficos polutos (Rodhe, 1969). También en este grupo pero aún con un grado de eutrofia mayor, se incluyen otros dos embalses de la provincia de Córdoba: Los Molinos y Río Tercero para los que se ha estimado una producción anual de 0,59 y 0,68 kg C/m<sup>2</sup>, respectivamente.

7. A partir de los datos expuestos en lo referente a las relaciones entre nitratos y producción primaria, se destaca que el aporte alóctono de  $N-NO_3$  es suficiente como para mantener algo más de un 10 % de la producción estimada. Restaría apreciar el aporte de N en otros compuestos también asimilados por el fitoplancton y que lógicamente aumentarían la importancia de la entrada de nutrientes con respecto a los niveles de producción estimados, como así también la intensidad de los procesos de mineralización y la transferencia de los compuestos del N del sedimento a las capas trofógenicas.

La información disponible y las observaciones de distintos autores con respecto al estado trófico de embalses con considerables aportes alóctonos (Serruya y Pollingher, 1971; Mathiesen, 1971), permiten suponer que en el embalse San Roque se está operando un proceso de eutrofización creciente que se puede acelerar si se incrementa la entrada de nutrientes, fundamentalmente a través del río Cosquín que es el que atraviesa regiones cada vez más densamente pobladas. Otros autores han comprobado en ambientes de características similares aportes crecientes de nutrientes. Por ejemplo, Mathiesen (1971) observó un incremento de N alóctono desde 4.100 a 12.000 kg/año en el transcurso de 3 años.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a la Dra. María del Carmen Corigliano por la toma de muestras y al Ing. Federico Emiliani por la lectura crítica del manuscrito.

## BIBLIOGRAFIA

- Apesteuguía, C., Marta, J. M. y García de Emiliani, M. O. 1974. Floración acuática de algas verde-azules en el "Lago del Parque Be'grano" (Santa Fe). *Temas de salud*, 1(2):29-49.
- Berman, T. y Rodhe, W. 1971. Distribution and migration of *Peridinium* in Lake Kinneret. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 266-276.
- Drago, E. C. y Depetris, P. 1974. Sedimentación en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina). *Rev. Asoc. Arg. Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 5 (3-4): 59-62.
- Fleming, R. H. 1940. Composition of plankton and units for reporting populations and production. *Proc. 6th Pacific Sci. Congr.*, 3: 535-540.
- Fogg, G. E. 1971. *Algal cultures and phytoplankton ecology*. Univ. Wisconsin Press, Wisconsin, 126 pp.
- Funk, W. H. y Gaufin, A. R. 1971. Phytoplankton productivity in a Wyoming cooling-water reservoir. En: *Reservoir fisheries and limnology*. Publ. n° 8 American Fisheries Society, Washington, 511 pp.
- García de Emiliani, M. O. 1976. Sistemática y variaciones cuali-cuantitativas diurnas del fitoplancton en el "Lago del Parque Gral. Belgrano" (Santa Fe, Argentina). *Physis (B)*, 35 (90): 17-38.
- Guarrera, S. 1948. El fitoplancton del embalse San Roque. *Rev. Inst. Nac. de Invest. de Cs. Bot.*, 1 (2): 29-55.
- Knoechel, R. y Kalf, J. 1975. Algal sedimentation: the cause of a diatom-blue green succession. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 745-754.
- Lund, J. W. G. 1961. The periodicity of algae in three English lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 14:147-154.
- Maglianesi, R., Corigliano, M., Di Persia, D., García de Emiliani, M. O., Bonetto, A., Ezcurra de Drago, I. y Schiaffino, M. Estudios limnológicos en los embalses de la Pcia. de Córdoba (San Roque, Los Molinos y Río Tercero). Presentado en las IIIas. Jornadas Argentinas de Zoología, 1972 (inédito).
- Marga'ef, R. 1974. *Ecología*. Omega, Barcelona, 951 pp.
- Mathiesen, H. 1971. Summer maxima of algae and eutrophication. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 161-181.
- Rodhe, W. 1969. Crystallisation of eutrophication concepts in Northern Europe. En: *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. National Academy of Sciences. Washington, 661 pp.
- Sakamoto, M. 1966. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Arch. Hydrobiol.*, 62 (1): 1-28.
- Serruya, C. y Pollinger, U. 1971. An attempt at forecasting the *Peridinium* bloom in lake Kinneret. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 277-291.
- Yacubson, S. 1960. Desmidiaceas del lago San Roque y tributarios (Pcia. de Córdoba, Argentina). *Bol. Soc. Arg. Bot.*, 8 (2): 60-89.