

PRODUCCIÓN PRIMARIA DEL FITOPLANCTON DE LAGUNAS DEL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

Patricia M. CARO*, Carlos A. BONETTO* y Yolanda ZALOCAR*

SUMMARY: Phytoplankton primary production of the Gonzalez and Totoras Ponds (Corrientes, Argentina).

The phytoplankton structure and its primary production in relation to the main limnological features of Totoras and Gonzalez ponds, are considered in the present paper. These ponds have been selected among those belonging to the Riachuelo River basin due to its extreme contrasting trophic conditions.

The primary production estimations were carried out by means of an "in situ" light and dark bottles columns incubations, assessing the dissolved oxygen evolution until August 1977 and the ^{14}C absorption from this date up to June 1978.

The Totoras pond is a moderate eutrophic water body, with clear waters, a high dissolved oxygen content, and submerged macrophytes covering an important area of the bottom. The phytoplankton biotic diversity was very high, with 157 species, being the chlorophytes the prevailing group. The primary production ranged from 0,2 to 2,5 gC/m²d, with the vertical profile showing a maximum between 1 or 2 meters and photosynthetic inhibition in the superficial layer.

The Gonzalez pond, a very eutrophic water body, had a high turbidity due to the seston abundance. The dissolved oxygen regime had great seasonal and diurnal fluctuations with variable decreasing in depth. The phytoplankton density was always high, with a practically constant bloom of blue-green algae. Besides, the biotic diversity resulted poor, being recognized only 84 species. The primary production ranged from 0,45 to 2,45 gC/m²d with extremely high photosynthetic activity in surface and rapid decreasing with depth.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio forma parte de un plan de trabajo desarrollado por el CECOAL, cuyo objetivo es lograr una apropiada caracterización limnológica del profuso sistema de lagunas de la cuenca del Riachuelo.

* Becarios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), Plácido Martínez 1383, 3400 Corrientes, Argentina.

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325-108X	v.6	n. 11	pág. 83-100	marzo 1979
--------	-----------	-------------------	-----	-------	----------------	---------------

Esta cuenca, situada en el NO de la Provincia de Corrientes, se encuentra ubicada en un área que despierta creciente interés debido a los diversos programas de aprovechamiento hídrico proyectados y en curso. En tal sentido, el mencionado plan de trabajo procura lograr un mayor conocimiento estructural y funcional de estos ecosistemas, que sirva de base para un mejor manejo racional del recurso natural existente.

Los cuerpos de agua del sistema considerado, presentan una evidente unidad de conjunto, pese a lo cual pueden registrarse, en dependencia de su distinta conformación, superficie y profundidad, no pocas características limnológicas diferenciales.

Las lagunas llamadas Totoras y Gonzalez, vienen a definir condiciones de trofismo casi extremas, ubicándose las demás en una variada gama de situaciones intermedias.* Una descripción limnológica general de ambas lagunas ha sido realizada por Bonetto, A. *et al.*, 1978 a. En el presente trabajo se amplía la información relativa a los estudios sobre la productividad primaria del fitoplancton y su relación con aquellas variables limnológicas que la determinan y condicionan.

La laguna Totoras está situada en las proximidades de la localidad de San Cosme, a unos 35 km al este de la ciudad de Corrientes. Tiene una extensión aproximada de 78 ha. y una profundidad de unos 6 m, que disminuyó a 5 m durante el período de estudios.

La cubeta posee pendientes suaves, arenosas, cubiertas de macrófitos sumergidos, sucediéndose en función de la profundidad las siguientes formaciones: desde la costa hasta unos 2,5 m se desarrolla un tapiz de *Echinodorus tenellus*; entre los 2,5 y 4 m una pradera sumergida de *Egeria najas*, *Chara* sp. y *Nitella* sp.; luego, entre los 4 y 5 m, se encuentra una franja de arena con un denso periliton de algas cianófitas (Tell y Bonetto, 1978). A partir de los 5 m de profundidad, en la parte central de la cubeta, el fondo está cubierto fundamentalmente por sedimentos orgánicos laxos.

La Laguna González está situada en las cercanías de la localidad de Santa Ana, distante unos 20 km al este de la ciudad de Corrientes. No posee colectores ni desagües permanentes, pudiendo, en épocas de intensas precipitaciones, contactarse con aguas de la cañada Mandiyurati, la cual desemboca en el río Riachuelo. Posee forma ovoide con una superficie aproximada de 30 ha. y una profundidad que disminuyó paulatinamente de 2 m a 0,30 m.

CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE LOS AMBIENTES ESTUDIADOS

En la laguna Totoras, la temperatura del agua osciló entre 13 y 34°C. Las diferencias térmicas en profundidad resultaron poco marcadas, si bien durante los meses de verano se advirtió una tendencia a la estratificación, que debido a la acción del viento no logró mayor persistencia.

* Conviene segregar de esta generalización a las lagunas muy vegetadas del sistema que poseen características muy particulares (Bonetto, A. *et al.*, 1978 b)

La transparencia del agua, estimada mediante el disco de Secchi y fotocélula sumergible, mostró buena correlación, coincidiendo la profundidad en que desaparece el disco con aquella en que la intensidad luminosa fue del 18 al 20% de la incidente en superficie. La visibilidad del disco de Secchi osciló entre 1 m (28/I/78) y 3,4 m (2/VII/76), determinando que la profundidad de la zona fótica varíe entre 3,5 m (28/I/78) y la totalidad de la columna de agua para la mayoría de los restantes muestreos.

El contenido de electrolitos del agua fue moderado, resultando los valores de conductividad comprendidos en el rango de 50 a 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con incrementos que estarían en relación inversa con el nivel de las aguas. El pH fluctuó entre 7,4 y 8,3 elevándose en los meses de primavera-verano en relación con la mayor actividad fotosintética. El oxígeno disuelto en superficie presentó considerables variaciones que oscilaron entre 80 y 150% de saturación, obteniéndose en algunos muestreos una leve disminución en profundidad, aunque sin caer por debajo del 50% de saturación. La demanda química de oxígeno acusó valores comprendidos entre 3,5 y 8,5 mgO_2/l . La concentración de NO_3^- fluctuó entre 0,09 y 0,26 mg/l y la de PO_4^{3-} entre 0,03 y 0,05 mg/l , con tendencia a un paulatino incremento durante el período estudiado. El contenido de clorofila *a* varió entre 5,2 y 26 $\mu\text{g}/\text{l}$.

En la laguna Gonzalez, la temperatura del agua osciló en superficie entre 12 y 31°C. Como en el caso anterior, no se detectó estratificación térmica persistente, si bien en días calmos de verano pudo reconocerse una diferencia considerable entre superficie y fondo.

La permeabilidad de la luz fue siempre escasa, con lecturas del disco de Secchi que variaron entre 8 y 25 cm, obteniéndose a esa profundidad una intensidad lumínica del 18 al 20% de la incidente en superficie. La profundidad de la zona fótica varió entre 25 y 75 cm.

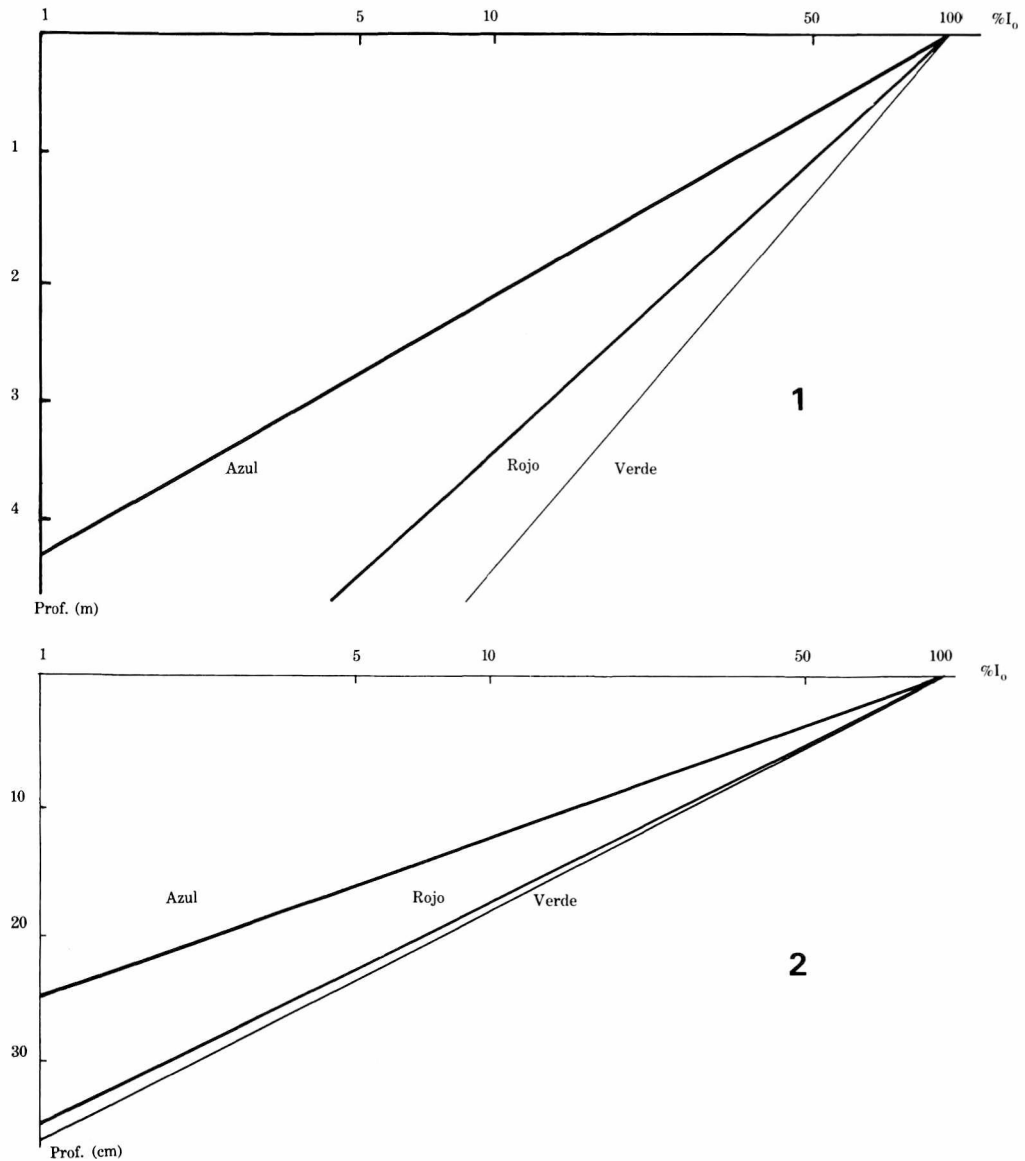
El contenido en electrolitos del agua resultó comparativamente elevado, determinando una conductividad que varió entre 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (9/III/78) y 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (18/I/77). El contenido de oxígeno disuelto en superficie fue casi siempre elevado, con marcadas fluctuaciones diarias y estacionales, variando en un rango comprendido entre 50 y 160% de saturación. Su distribución vertical se mostró bastante homogénea, aunque en verano, el alto consumo sobre el fondo causó una moderada caída en profundidad. El pH, de igual modo, presentó marcadas variaciones tanto diarias como estacionales, fluctuando entre 6,5 y 9, pudiendo en días de intensa actividad fotosintética cubrir prácticamente todo el rango señalado. La demanda química de oxígeno registró valores entre 16 y 36 mgO_2/l , aunque en la mayoría de los muestreos fue superior a 30 mgO_2/l . La concentración de nutrientes se mostró comparativamente alta en relación a la laguna Totoras, obteniéndose valores de NO_3^- de 0,3 a 1,1 mg/l y de PO_4^{3-} de 0,06 a 0,08 mg/l .

El contenido de clorofila *a* varió entre 187 y 401 $\mu\text{g}/\text{l}$.

La radiación total incidente en la latitud de Corrientes es de unas 220 $\text{kcal}/\text{cm}^2\text{año}$ (De Fina, 1975). Las fluctuaciones estacionales de la energía radiante parten de un máximo de 830 $\text{cal}/\text{cm}^2\text{día}$ a un mínimo de 330 $\text{cal}/\text{cm}^2\text{día}$, el 21 de diciembre y el 21 de julio, respectivamente.

La penetración de la luz en el agua de ambas lagunas, estudiada mediante fotómetro de inmersión y el uso de filtros de color se caracterizó por

ser mayor en la longitud de onda correspondiente al verde, siguiendo en orden decreciente el rojo y el azul. En la laguna Gonzalez los porcentajes de extinción resultaron mayores para todas las longitudes de onda del espectro visible.



1. Intensidad de la luz transmitida expresada como % de la incidente en superficie para distintas longitudes de onda en la laguna Totoras (26/VIII/77).
2. Intensidad de luz transmitida expresada como % de la incidente en superficie para distintas longitudes de onda en la laguna Gonzalez (12-VIII-77).

En la figura 1 se representa, en escala semilogarítmica, la penetración de luz para la laguna Totoras, obtenida el 26-VIII-77, siendo los coeficientes de extinción para los colores verde, rojo y azul respectivamente: $E_v = 0,53$; $E_r = 0,7$; $E_a = 1,09$. La figura 2 muestra lo propio para la laguna Gonzalez, obtenido el 12-VIII-77, en la cual los coeficientes de extinción fueron: $E_v = 13$; $E_r = 13,8$ y $E_a = 18$.

METODOLOGÍA

Las determinaciones de productividad primaria se llevaron a cabo hasta el 6/VIII/77, por el método de la evolución del oxígeno disuelto en botellas claras y oscuras suspendidas en columnas a las profundidades de extracción, efectuándose el dosaje por el método de Winkler. A partir de dicha fecha se empleó el método del ^{14}C de Steeman Nielsen (1952), con las modificaciones sugeridas por Goldman (1968). Las muestras se obtuvieron a distintas profundidades con captador de Van Dorn adaptado para operar horizontalmente. A cada botella se agregó $3 \mu\text{Ci}$ de ^{14}C como $^{14}\text{CO}_3\text{Na}_2$ en solución de HONa 0,05 N (Vollenweider, 1974). Una vez finalizada la incubación se fijaron con 2 ml de formol al 40% (Strickland y Parsons, 1960), filtrándose las muestras en el laboratorio, a través de filtros de Millipore de $0,45 \mu$ de poro y 47 mm de diámetro. Los filtros se secaron al vacío a 4°C y posteriormente se introdujeron en recipientes apropiados de vidrio, conteniendo la solución centelleadora para la determinación de su actividad en un contador de centelleo líquido Beckman LS 250. La solución centelleadora elegida fue la siguiente: PPO = 6 g; POPOP = 0,075 g; tolueno = c.s.p. 1 litro; bio-solv. Beckman = 2 ml/l (Caro, R.A., 1972).

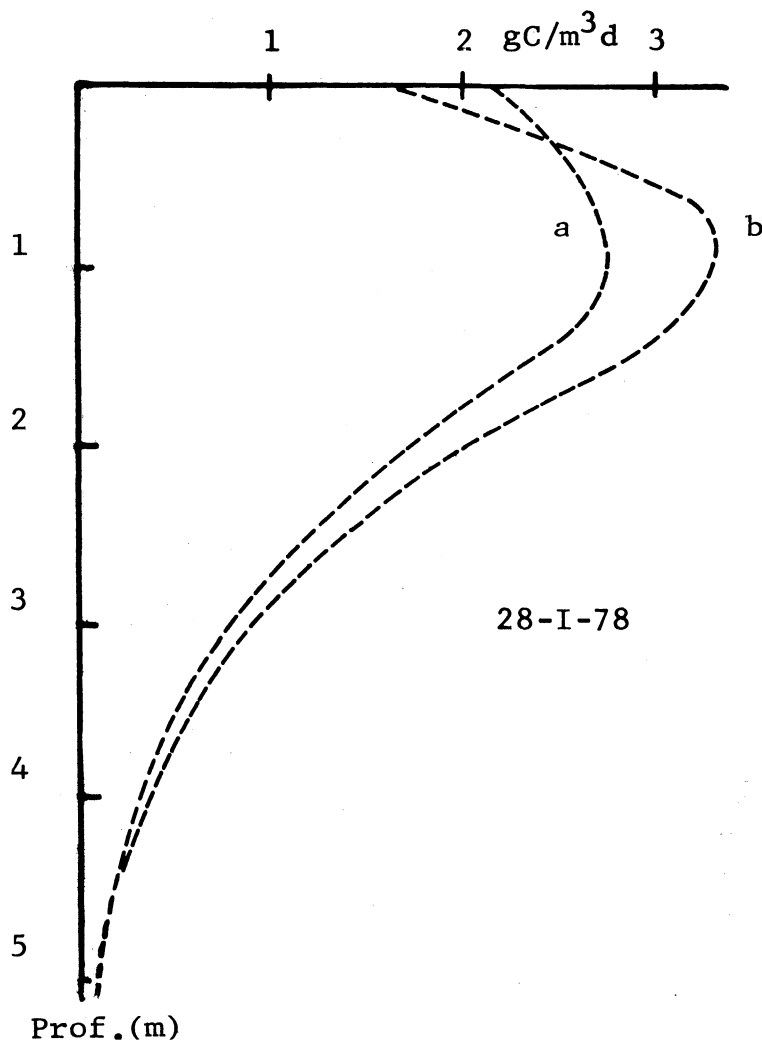
La actividad absoluta de las muestras se determinó por el método del standard externo, efectuando la curva de eficiencia con los patrones de "quenching" que provee el equipo, luego de haber comprobado su validez por la realización de un número estadísticamente significativo de gráficos preparados con muestras de las respectivas lagunas, por filtrado de volúmenes crecientes de agua, a la que se agregó una cantidad conocida y constante de ^{14}C , las cuales fueron elaboradas por análisis de regresión lineal, coincidiendo con la curva patrón.

Para los estudios cuantitativos del fitoplancton se recolectaron muestras con botella Van Dorn a distintas profundidades, las que fueron fijadas "in situ" con lugol. El análisis de las mismas se efectuó según el método de Utermöhl (1958), utilizando un microscopio invertido Zeiss con ocular de franjas variables y cámaras de Utermöhl de 10 cm^3 en la laguna Totoras y 5 cm^3 en la Gonzales.

RESULTADOS

Laguna Totoras

Con el objeto de determinar el tiempo óptimo de exposición, se llevaron a cabo experiencias en las cuales se comparó la producción primaria diaria estimada a partir de períodos de incubación de medio día, con los valores obtenidos de la suma del ^{14}C asimilado en sucesivos intervalos de dos horas de duración. Como muestra el caso consignado en la figura 3, los resultados



3. Perfiles de producción de la laguna Totoras obtenidos: a) en incubaciones de 7 a 14 hs y b) suma de incubaciones parciales de dos horas de duración, el 28-I-78.

fueron muy semejantes, por lo que se adoptó como período de exposición el comprendido desde la salida del sol hasta el medio día, suponiendo que la producción diaria es el doble de la así hallada, suposición esta que, conforme a las experiencias realizadas implica un error poco significativo frente a los otros propios del método.

La forma del perfil de producción mostró la influencia conjunta de la transparencia del agua y, en menor medida, de la numerosidad celular.

La buena permeabilidad lumínica permitió que el estrato fótico se extendiera, en la mayoría de los muestreos, hasta el fondo de la laguna. En aquellas oportunidades en que la densidad del fitoplancton fue homogénea en su distribución vertical, el perfil presentó el máximo aproximadamente a un metro, disminuyendo en profundidad con la atenuación de la luz y hacia la superficie donde la excesiva intensidad de la misma produjo fenómenos de inhibición fotosintética.

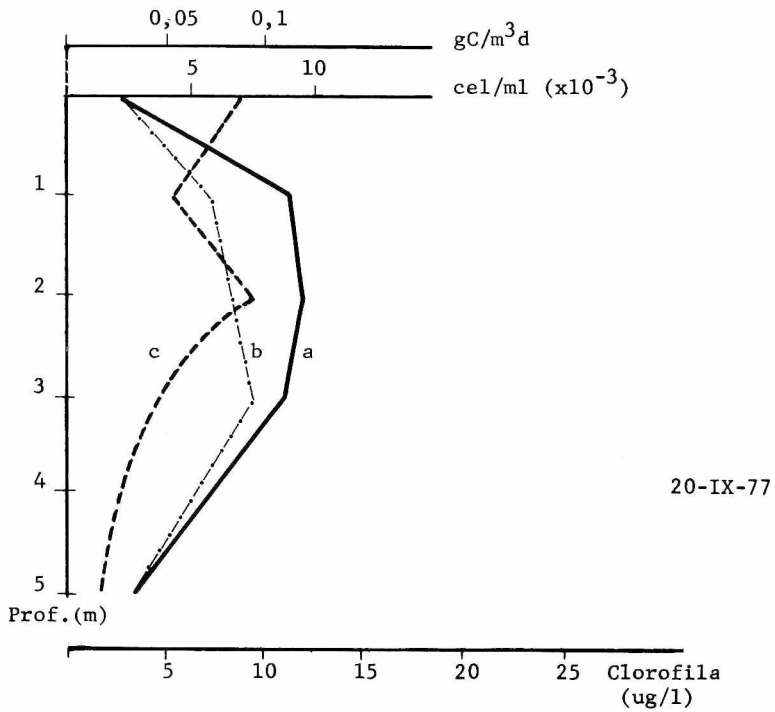
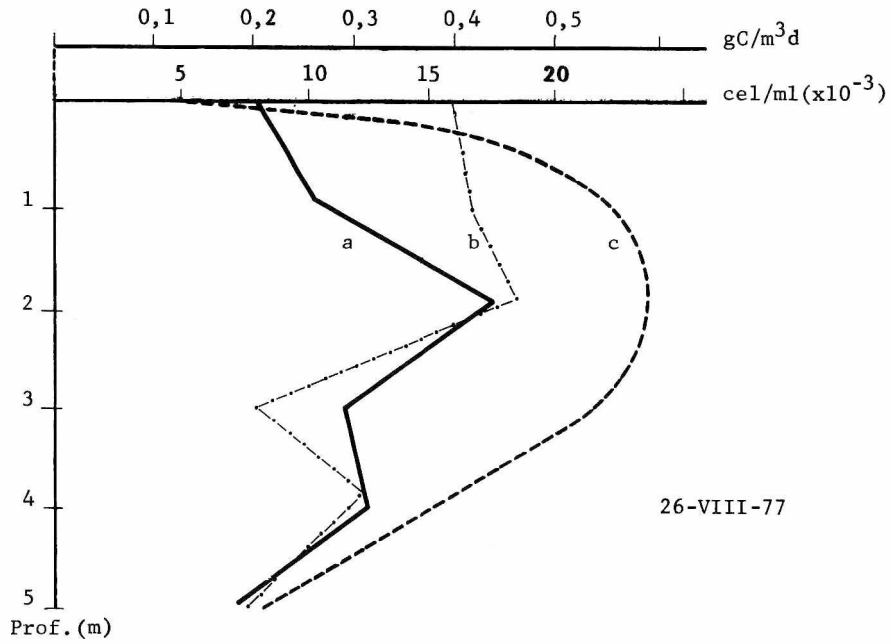
En los muestreos correspondientes al 26/VIII/77 y 20/IX/77, debido a la desigual distribución del plancton, se obtuvieron perfiles distintos al descrito (fig. 4). El 26/VIII/77, se observó una alta densidad de *Staurastrum excavatum*; la máxima tasa de fijación se produjo a 2 m, profundidad en la que se encontró la mayor numerosidad celular, como así también la mayor concentración de clorofila. El 20/IX/77, durante un día parcialmente nublado en que la intensidad lumínica en superficie resultó bastante atenuada, y en el que a semejanza del caso anterior la distribución del fitoplancton fue heterogénea, se observó un perfil bimodal, con un máximo en superficie y otro de igual magnitud ubicado a 2 m de profundidad, coincidente con la mayor densidad celular.

En la totalidad de los muestreos, la máxima productividad se obtuvo a profundidades donde la intensidad lumínica osciló entre 20.000 y 40.000 luxes, indicando nuevamente la importancia de la intensidad de luz incidente y de la transparencia como determinantes de la forma del perfil.

La producción por unidad de área mostró estrecha relación con la numerosidad del fitoplancton. En la figura 5 se representa la marcha anual de la productividad y la densidad del fitoplancton, observándose un marcado paralelismo entre ambas.

Cabe recordar que hasta el 6/VIII/77 se utilizó el método del oxígeno disuelto, y a partir de esa fecha, el del ^{14}C . Como es sabido, ambas metodologías no son estrictamente comparables. En los estudios en que se confrontaron ambos métodos y coincidentemente con lo indicado en la bibliografía respectiva, los valores obtenidos a partir de la evolución del oxígeno fueron mayores que los hallados midiendo la fijación de ^{14}C , (Vollenweider & Nauwerck, 1961). Tal diferencia es atribuida por Fogg (1971) a la liberación de productos extracelulares relacionados con las reacciones de fijación que afectan al segundo de los métodos.

La figura 6 muestra la densidad y composición del fitoplancton en superficie, y permite apreciar que durante 1976 y hasta abril de 1977, la numerosidad se mantuvo baja, con pequeñas fluctuaciones que alcanzaron su valor máximo en noviembre de 1976, con 1.330 cel/ml, y mínimo en febrero de



4. Perfiles de producción de la laguna Totoras en casos de distribución heterogénea de la densidad del fitoplancton. a) densidad del fitoplancton, b) concentración de clorofila a; c) producción primaria.

1977, con 166 cel/ml. El grupo dominante en dicho período fue el de las clorofitas, caracterizado principalmente por la presencia de algunas variedades de *Staurastrum leptocladum* y *S. corniculatum*. Durante ese mismo lapso, la productividad sufrió fluctuaciones también de poca amplitud, que acompañaron a las de densidad celular (fig. 5). A partir de abril, ambos parámetros aumentaron paulatinamente, con dominancia inicial de *Stauroidesmus triangularis* var. *subparalellus* y, en el mes de junio, de *Cosmarium moniliforme*. El 26/VIII/77 se alcanzó el valor máximo de producción con 2,6 gC/m²d coincidente con un moderado pulso de 7.840 cel/ml, con un máximo de concentración celular a 2 metros de profundidad. En dicha oportunidad la especie mejor representada fue *Staurastrum excavatum*.

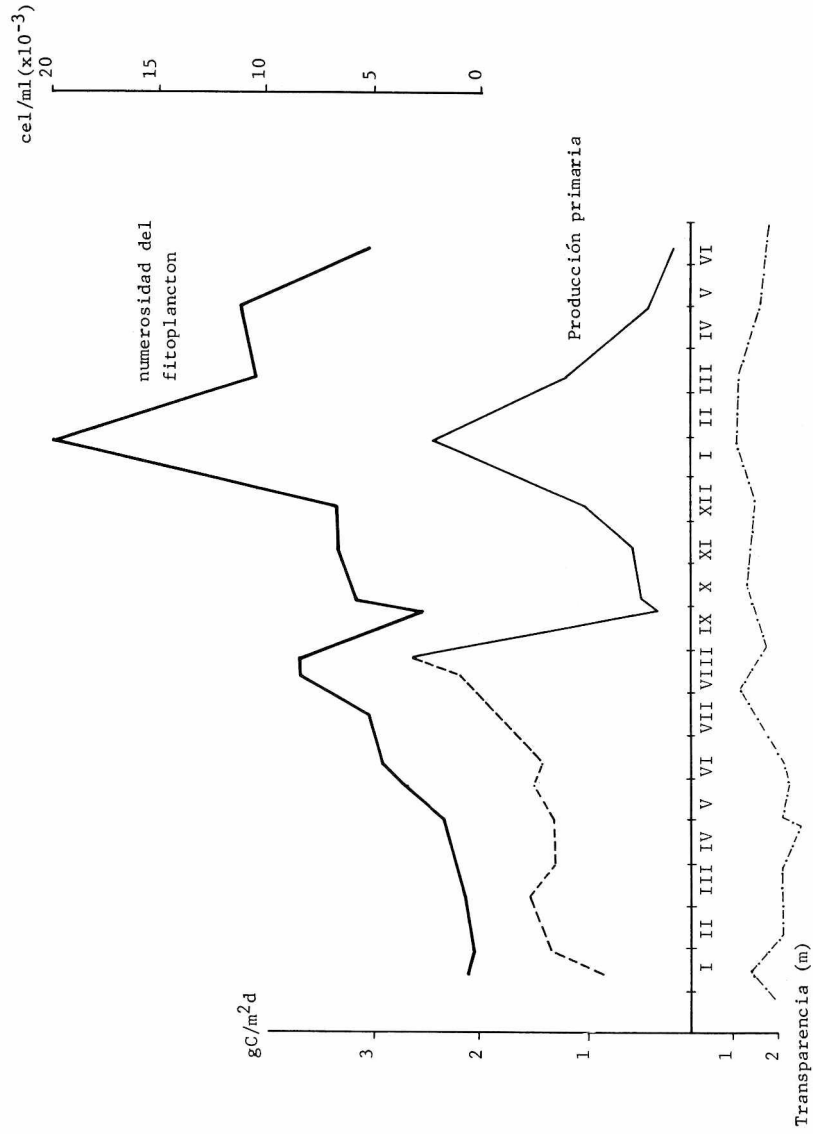
A principios de primavera (20/IX/77), tanto la densidad celular como la producción fueron bajas, y si bien la numerosidad fue de 2.154 cel/ml, la producción estimada resultó sólo de 0,27 gC/m²d, probablemente debido a que el día estuvo parcialmente nublado, aunque también tal valor podría estar relacionado con el estado fisiológico del plancton. En efecto, la observación microscópica reveló que aunque la especie más abundante fue *Cosmarium moniliforme* todavía se contaban muchos individuos de *Staurastrum excavatum*, especie dominante en el pulso del mes anterior, observándose no pocas células desprovistas de su contenido citoplasmático, pareciendo tratarse de una población en franca senescencia, con consecuente reducción de su actividad fotosintética.

Cosmarium moniliforme fue dominante en los tres meses siguientes, durante los cuales la productividad resultó baja. En diciembre y enero fue reemplazada de tal situación por *Stauroidesmus pterosporum*. La densidad más alta del período de estudios se registró en enero de 1978, con 20.045 cel/ml, fecha en que se determinó un alto valor de fijación de C que alcanzó a 2,46 gC/m²d. Con posterioridad a este pico se observó el mismo fenómeno descripto luego del pulso del mes de agosto, es decir que si bien la densidad de *S. pterosporum* disminuyó, siguió aún siendo alta con 9.924 cel/ml, aunque la población presentó indicios de senescencia (clorosis, ruptura celular, presencia de membranas celulares sin contenido citoplasmático). De ello habría resultado una productividad de sólo 1,26 gC/m²d, relativamente baja si se la compara con otros muestreos en que para numerosidades similares se registraron tasas de fijación más elevadas.

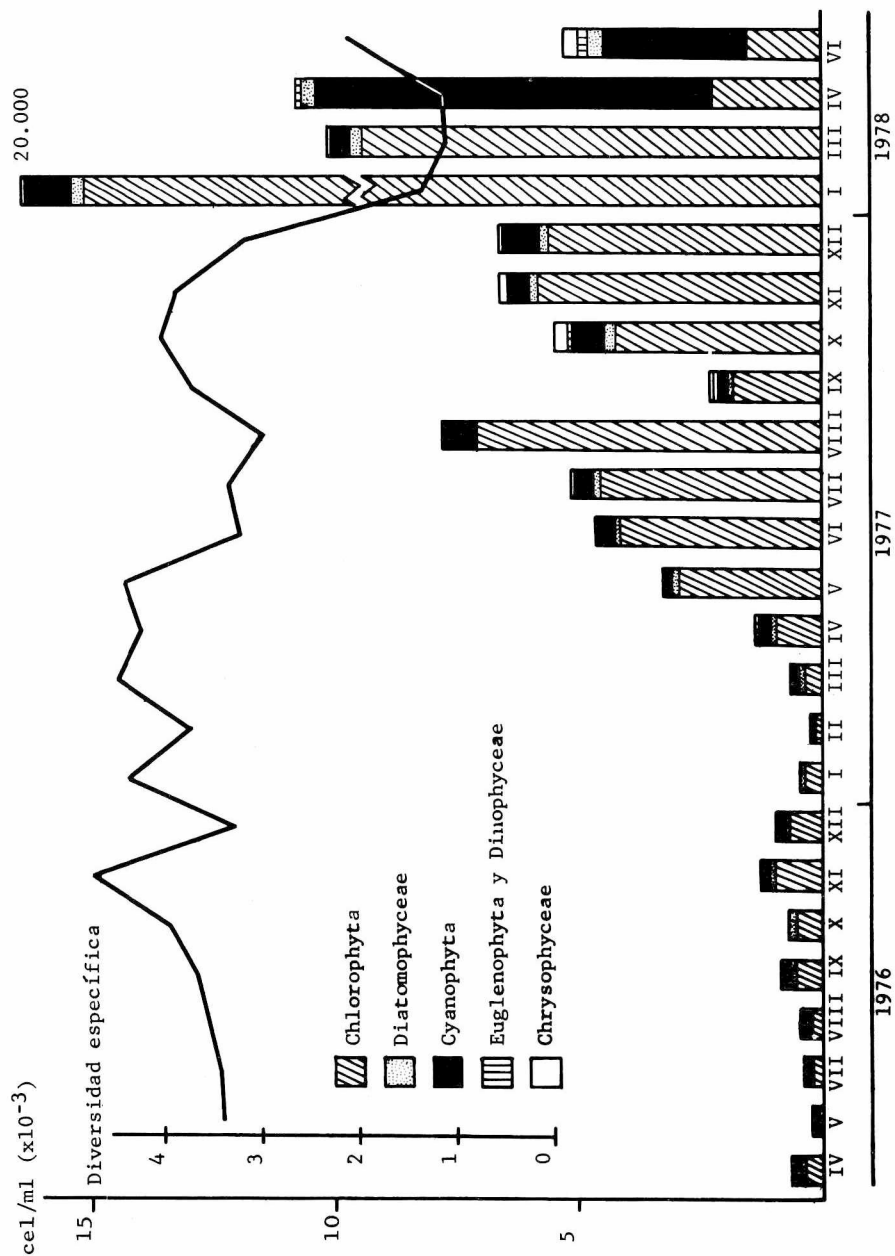
En el mes de abril, las clorofitas fueron reemplazadas por las cianofitas, con la dominancia casi absoluta de *Raphidiopsis mediterranea* y posteriormente *Raphidiopsis* sp., disminuyendo tanto la concentración celular como la productividad, la que alcanzó en el mes de junio de 1978 a 0,18 gC/m²d.

Otros grupos tales como las euglenofitas, pirrofitas y crisofíceas, fueron de aparición irregular durante el ciclo considerado, con porcentajes poco significativos, en tanto que las diatomofíceas estuvieron presentes en forma constante, representadas principalmente por los géneros *Synedra*, *Melosira*, *Cymbella* y *Navicula*.

La diversidad específica del fitoplancton fue calculada a partir del índice de Shannon-Weaver. Dicho índice resultó generalmente alto, variando en un rango comprendido entre 1,4 y 4,1 con una media de 3,4 (fig. 6), y guardó relación inversa con la concentración celular.



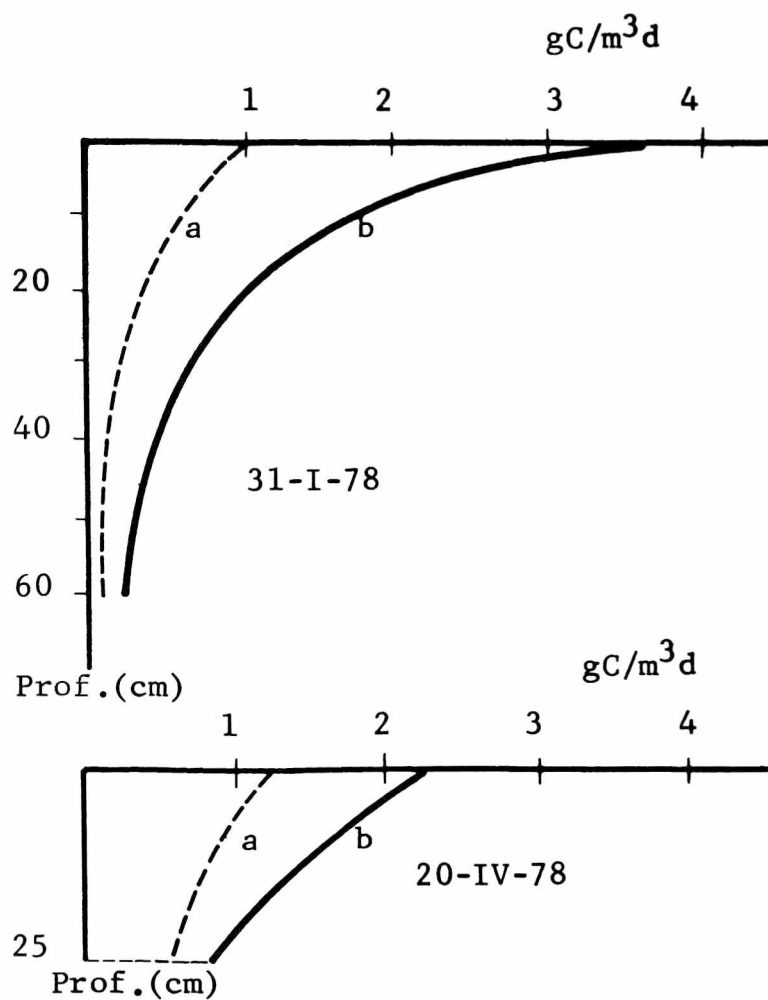
5. Productividad primaria, numerosidad de fitoplancton y transparencia del agua expresada como visibilidad del disco de Secchi, desde enero de 1977 a junio de 1978, en la laguna Totoras. La línea de producción a trazo continuo corresponde al período en que se trabajó con el método del ¹⁴C.



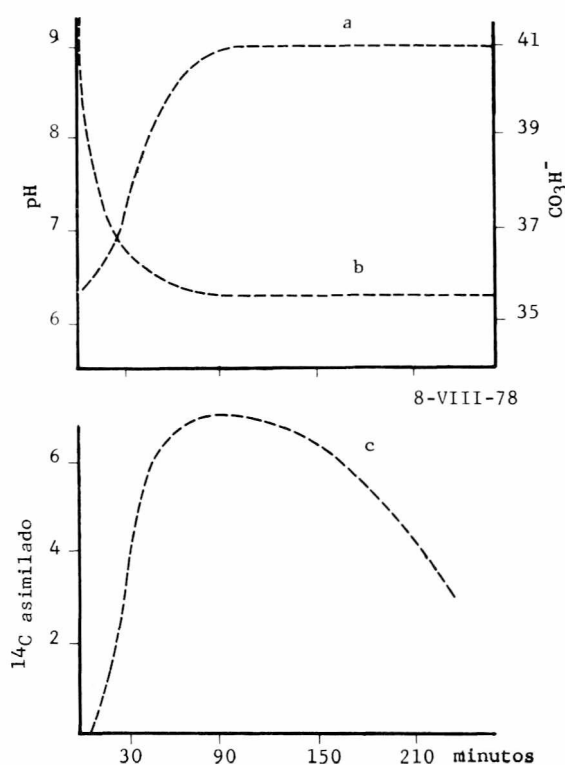
6. Densidad, composición del fitoplancton y su diversidad específica en la laguna Totoras.

Laguna González

Con el objeto de decidir sobre el tiempo de exposición óptimo, se realizaron experiencias en las cuales se comparó la productividad estimada sumando el carbono asimilado durante cortos períodos de exposición con respecto a la obtenida en incubaciones más prolongadas (fig. 7), detectándose una marcada declinación en las tasas de fijación luego de un tiempo crítico de exposición de aproximadamente dos horas.



7. Perfiles de producción de la laguna González, obtenidos a partir de: a) incubación de 7 a 14 hs., b) suma de incubaciones parciales de dos horas de duración, el 31-I-78 y 20-IV-78.



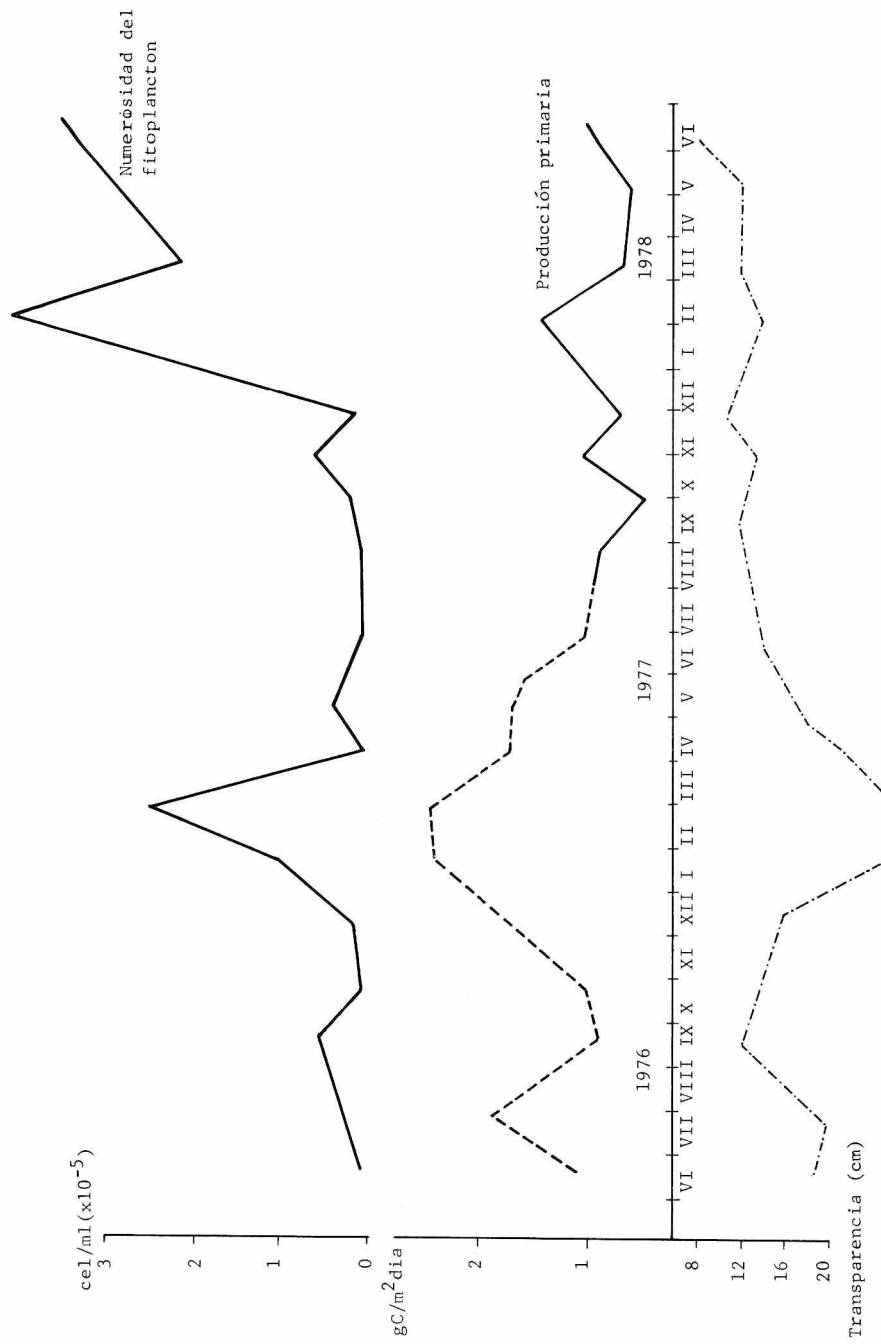
8. Laguna Gonzalez: evolución del pH (a), de la concentración de bicarbonato (b) y del ^{14}C asimilado (c) en función del tiempo, en el interior de una botella de incubación (agosto de 1977).

En la figura 8 se muestran los cambios observados durante un proceso de incubación. Inicialmente se operó un rápido aumento del pH acompañado de una disminución de la concentración de bicarbonatos, hasta llegar ambos parámetros a un valor constante que, en este caso particular (agosto 1977), se produjo a los 90 minutos. A partir de ese momento ya no se producen modificaciones en las variables mencionadas. La parte inferior de la figura pone de manifiesto la disminución de la cantidad de ^{14}C asimilado que es retenida en la biomasa celular, si la incubación se prolonga por encima de dicho umbral.

Por tal motivo, las determinaciones de producción primaria de la laguna Gonzalez se realizaron en periodos sucesivos de exposición de 2 horas, que cubrieron desde el amanecer hasta el mediodía, estimándose la productividad diaria como el doble de la suma de la fijación en los distintos intervalos.

Al igual que en la laguna Totoras, las determinaciones de campo se efectuaron por el método del oxígeno disuelto hasta el 12/VIII/77, fecha en que se cambió de metodología, utilizándose la técnica del ^{14}C .

Dada la escasa transparencia del agua, el perfil de producción mostró siempre un valor máximo en superficie, disminuyendo marcadamente en profundidad en relación directa con la penetración de la luz. Tal valor de superficie resultó siempre elevado, oscilando en un amplio rango comprendido en-



9. Productividad primaria, numerosidad del fitoplancton y transparencia del agua, desde julio de 1976 a julio de 1978, en la laguna Gonzalez. La línea de producción a trazo continuo corresponde al período en que se trabajó con el método del ¹⁴C.

tre 3,3 y 8,5 gC/m³d, guardando estrecha relación con la densidad del fitoplancton. Sin embargo, notables aumentos en la concentración celular, como los producidos durante los pulsos del 23/II/77, 31/I/78 y 5/VI/78 (fig. 9), produjeron sólo moderados incrementos en la producción por unidad de área, pareciendo indicar que existe un límite, pasado el cual posteriores aumentos en el número de organismos no redundan en un proporcional aumento de la cantidad de carbono fijado. Dicho límite en buena parte estaría relacionado con el aprovechamiento de la energía incidente, dado que las células más superficiales reducirían la luz aprovechable por las subyacentes.

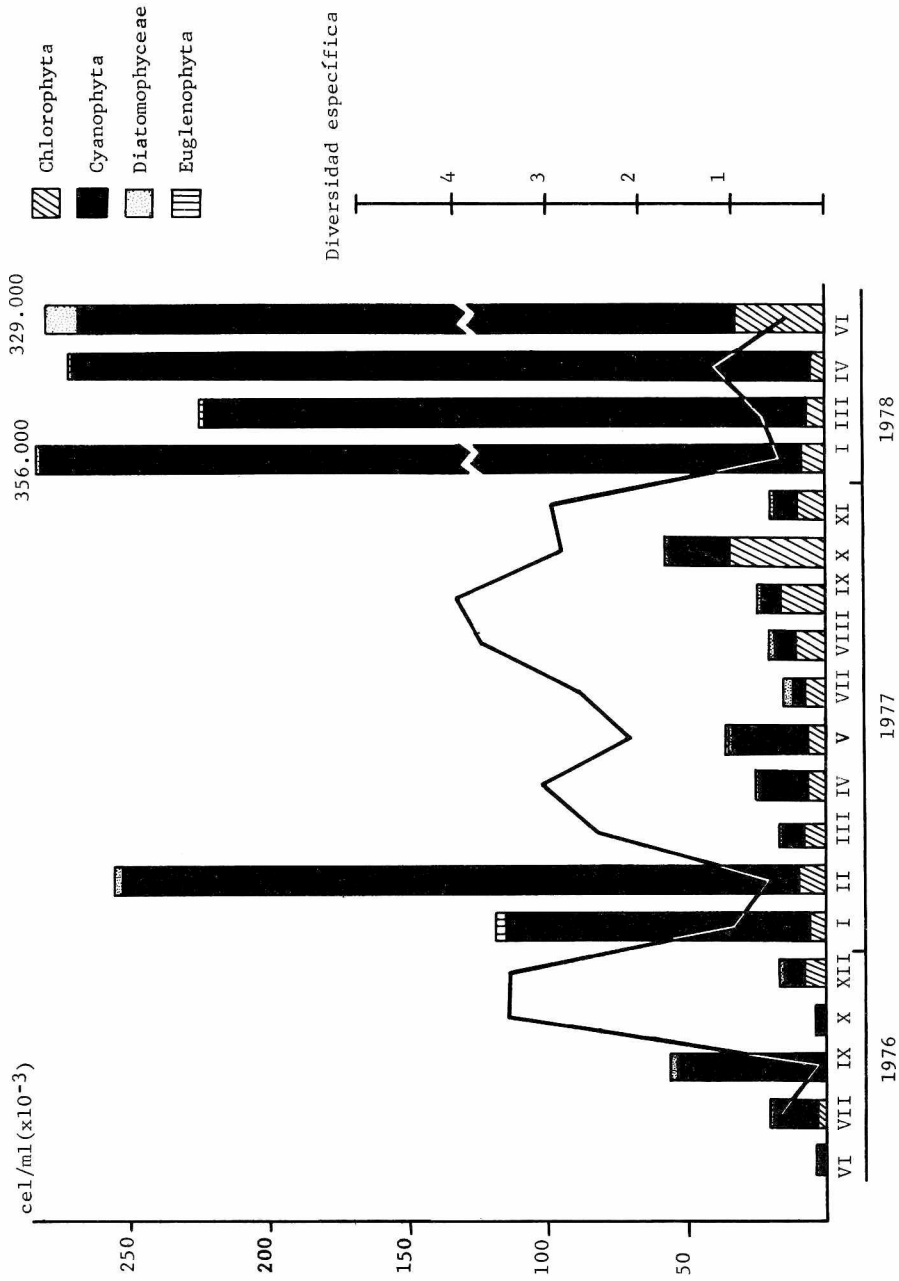
La producción por unidad de área registró variaciones que mostraron la influencia conjunta de la densidad del fitoplancton y la transparencia del agua (fig. 9). La zona fótica varió entre 1 y 0,25 m, observándose que la productividad por unidad de área fue más sensible a las variaciones de la profundidad de tal zona que a la intensidad de fotosíntesis registrada en superficie, la cual mostró valores más uniformes.

La comunidad fitoplanctónica se caracterizó por experimentar pronunciadas variaciones en su densidad, con abruptos pulsos en los que se da una manifiesta dominancia de las cianofitas. En la figura 10 se representan los principales rasgos de las variaciones estructurales del fitoplancton. Las especies mejor representadas dentro de este grupo fueron *Raphidiopsis mediterranea*, *Raphidiopsis* sp. y *Lyngbya limnetica*, que aparecieron como responsables de los pulsos mencionados. Entre pulsos sucesivos aumentó la proporción de las clorofitas, destacándose en tales situaciones *Sphaerocystis schroeteri*, *Staurastrum* sp., *Pediastrum boryanum* y *Scenedesmus quadricauda*. A lo largo del ciclo las diatomofíceas aparecieron en forma regular, destacándose entre ellas diferentes especies del género *Melosira* (fundamentalmente *M. granulata*); en cambio las euglenofitas fueron de aparición esporádica, con la presencia de *Trachelomonas* sp., *T. volvocina* y *Euglena* sp.

En la figura 9 puede observarse la estrecha relación existente entre la transparencia del agua y la producción por unidad de área, como así también aunque en menor medida entre esta última y la densidad del fitoplancton, que mostró sus mayores valores en los meses de verano. Los pulsos más notorios fueron los de febrero de 1977, con 252.000 cel/ml y enero de 1978 con 356.000 cel/ml, manteniéndose la concentración celular elevada hasta junio del mismo año con 329.000 cel/ml. Durante el primero de ellos la dominancia correspondió a *Raphidiopsis mediterranea*, observándose el mayor valor de producción de 2,42 gC/m²d, en coincidencia con una comparativamente alta visibilidad del disco de Secchi (25 cm).

La transparencia del agua disminuyó paulatinamente a partir de febrero de 1977, alcanzando una lectura del disco de Secchi de sólo 11,5 cm el 27/IX/77, produciéndose en forma concomitante una reducción de los valores estimados de fijación de carbono, que en dicha fecha registró el mínimo del período, de 0,52 gC/m²d.

Durante el pequeño incremento de *Raphidiopsis mediterranea* del mes de octubre, mejoró tanto la transparencia como la producción. En enero de 1978 se produjo una "floración" dominada por *Lyngbya limnetica* determinando también una alta producción. En junio de 1978 volvió a dominar *Raphi-*



10. Densidad, composición del fitoplancton y su diversidad específica en la laguna Gonzalez.

diopsis mediterranea, oportunidad en que pese a la baja transparencia del agua (con visibilidad del disco de Secchi de 8 cm), se obtuvo un valor de producción de 1 gC/m²d.

La diversidad específica, estimada a partir del índice de Shanon-Weaver resultó baja, presentando marcadas variaciones entre los distintos muestreos que aparecen relacionados en forma inversa con la concentración celular con valor mínimo de 0,46, máximo de 3,8 y medio de 2 (fig. 10).

CONSIDERACIONES FINALES

En la laguna Totoras se detectaron 157 especies distintas de algas, que alcanzan en términos generales una densidad moderada resultando la diversidad específica no sólo alta sino también bastante estable en los distintos muestreos. En la laguna Gonzalez, en cambio, se detectaron sólo 84 especies con variada aunque frecuentemente alta densidad de población, acreditando una diversidad específica bastante inferior. La comunidad fitoplanctónica resultó muy inestable, sucediéndose "floraciones" de cianofitas (durante las cuales predominó en forma casi absoluta *Raphidiopsis mediterranea*) con gran caída de la diversidad, y pequeños aumentos de la misma entre floraciones sucesivas.

Pese a ello, la productividad por unidad de área en ambas lagunas no mostró diferencias de magnitud; en la laguna Totoras el máximo de producción obtenido resultó de 2,5 gC/m²d, y en Gonzalez de 2,45 gC/m²d. La laguna Gonzalez mostró un perfil de producción con una muy alta tasa de fijación superficial (que registró un máximo de 8,3 gC/m³d), no obstante lo cual, la elevada turbidez del agua determinó que el estrato trofogénico resultara muy superficial, siendo por lo tanto la producción de la columna de escasa magnitud. En la laguna Totoras, en cambio, la tasa máxima de fijación se obtuvo en el primer o segundo metro de profundidad, siendo el mayor valor observado de 0,58 gC/m³d, relativamente modesto si se lo compara con los de la laguna Gonzalez. Sin embargo, la mayor transparencia del agua determinó que la zona fótica abarcara la totalidad de la columna, resultando los valores por unidad de área semejantes en las dos lagunas.

En la laguna Totoras, las comparativamente bajas concentraciones de nutrientes, clorofila y fitoplancton, la escasa materia orgánica disuelta y la mayor transparencia del agua son expresivas de un estado de eutrofia leve o moderada. En la laguna Gonzalez, en cambio, las altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica, tanto disuelta como particulada, y la elevada densidad del fitoplancton caracterizan una situación de eutrofia muy acentuada.

Situadas en la misma cuenca, en zonas de topografía y suelos semejantes, cercanas entre si, presentan considerables diferencias en cuanto a su mayor exposición y vulnerabilidad ante la influencia alóctona, sobre todo del aporte de nutrientes y materia orgánica de los suelos circundantes sometidos a tareas agropecuarias, resultando la laguna Gonzalez, dado su menor volumen y profundidad, mucho más eutrofizada que la Totoras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Ricardo A. Caro por sus valiosos consejos en la etapa de puesta a punto de la metodología.

BIBLIOGRAFÍA

- BONETTO, A.A.; CORRALES, M.A.; VARELA, M.E.; RIVERO, M.M.; BONETTO, C.A.; VALLEJOS, R.E. y ZALAKAR, Y. 1978. a. Estudios limnológicos en la cuenca del Riachuelo (Corrientes, Argentina). II. Lagunas Totoras y Gonzalez. *Ecosur* 5(9): 17-55.
- BONETTO, A.A.; NEIFF, J.J.; POI DE NEIFF, A.; VARELA, M.E.; CORRALES, M.A. y ZALAKAR, Y. 1978 b. III. Laguna la Brava. *Ecosur* 5(9): 57-84
- CARO, R.A. 1972. Guía de trabajos prácticos del curso de metodología de radioisótopos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. U.N.B.A. Cap. IX, 56 pág.
- DE FINA, A.L.; RAVELO, A.G. 1975. Climatología y fenología agrícolas. Argentina. Eudeba. 281 pág.
- FOGG, G.E. 1971. Extracellular products of algae in freshwaters. *Ergebh. Limnol.* 5: 1-25.
- GOLDMAN, C.R. 1968. The use of absolute activity for eliminating serious errors in the measurement of primary productivity With ^{14}C . *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mar.* 32(2): 172-179.
- GOLTERMAN, H.L. 1975. Physiological limnology. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam - Oxford - N.Y. 489 pág.
- LUND, J.W.G. 1970. Primary production. *Water Treat. Exam.* 19: 332-358.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Barcelona, Ediciones Omega S.A. 951 pág.
- RAWSON, D.S. 1956. Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. and Oceanogr.* 1: 18-25.
- STEEMAN NIELSEN, E. 1952. The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 18: 117-140.
- STRICKLAND, J.D.H. and PARSONS, T.R. 1960. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 125: 1-185.
- TELL, G. y BONETTO, C.A. 1978. Estudios limnológicos en la cuenca del Riachuelo (Corrientes, Argentina). IV Estudios ecológicos sobre las algas psamíticas de la laguna Totoras. *Ecosur* 5(9): 85-96.
- TELL, G. y ZALAKAR, Y. 1979. Algas de agua dulce del nordeste argentino y sur del Paraguay. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 18(3-4): 29-46.
- UTERMÖHL, M. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton, *Methodik. Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1969. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 224 pág.
- VOLLENWEIDER, R.A. and NAUWERCK, A. 1961. Some observations on the carbon 14 method for measuring primary production. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14-134-139.