REVISTA DE LA ASOCIACION DE CIENCIAS NATURALES DEL LITORAL
(21) (1): 49–60 (1990)

VARIACIONES DIARIAS DEL FITOPLANCTON (LAGUNA "EL TIGRE", LLANURA ALUVIAL DEL PARANA MEDIO, ARGENTINA)

María Ofelia García de Emiliani (*)

Instituto Nacional de Limnología (INALI)
J. Macia 1933 - 3016 Santo Tomé (S. Fe)
Argentina

RESUMEN

García de Emiliani, M.O. 1990. Variaciones diarias del fitoplancton (laguna "El Tigre", llanura aluvial del Paraná Medio, Argentina). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral 21* **(1)**: 49 – 60.

Se describe la variación diaria en la distribución vertical del fitoplancton y factores ambientales en una laguna. Las muestras fueron tomadas en la estación central de la laguna (a 0,05; 0,40; 0,80 y 1,20 m), a intervalos de 4 horas, desde las 13h del 4 de mayo de 1987 hasta la misma hora del día siguiente. El análisis de su variación a través del día mostró el máximo a las 13h y el mínimo a la 1h, principalmente debido a cambios en la concentración de Chlorophyceae (Clase dominante) y Cyanophyceae. Los resultados del análisis de la varianza de dos factores (ANOVA) confirman estadísticamente diferencias, entre las horas, en temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad; además, temperatura y oxígeno mostraron variaciones significativas entre profundidades. No obstante, las medias del fitoplancton total y de los principales grupos de algas no fueron diferentes entre profundidades. El ANOVA mostró evidencia estadística de variaciones diarias significativas en la concentración de fitoplancton total, Cyanophyceae y Chlorophyceae (principalmente Chlorococcales), tanto células maduras como hijas; así, el crecimiento y reproducción celular se relacionan con el ciclo diurno. Estas observaciones podrían explicar algunas características de las comunidades del fitoplancton lenítico durante períodos de aislamiento: alta biomasa, productividad y dominancia de Chlorococcales.

ABSTRACT

García de Emiliani, M.O. 1990. Daily variations of phytoplankton ("El Tigre" pond, Middle Paraná floodplain, Argentine). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral 21* **(1)**: 49 – 60.

Daily variations in the vertical distribution of phytoplankton and environmental factors are described. Samples were taken at the mid-pond station (from 0.05; 0.40; 0.80 and 1.2m), at 4 hour intervals beginning at 1 p.m. on 4 May 1987 and ending at the same time the following day. Analysis of diurnal variation of phytoplankton concentration showed maximum at 1 p.m. and minimum at 1 a.m., principally due to changes in Chlorophyceae (dominant Class) and Cyanophyceae concentrations. The results of a two-way analysis of variance (ANOVA) confirms statistically differences in temperature, pH, oxygen and conductivity between hours; moreover, oxygen and temperature showed significat variation between depths. Nevertheless, mean concentrations in total phytoplankton and major algal groups were not different between depths. The ANOVA showed statistical evidence of significant daily variation of total phytoplankton, Cyanophiceae and Chlorophyceae concentrations (principally Chlorococcales), so mature cells as daughter cells; so, growth and cell reproduction are related with the diurnal cycle. These observations would account for some characteristics of lentic phytoplankton communities during isolation periods: high biomass and productivity, and dominance of Chlorococcales.

(*) Miembro de la Carrera del Investigador, CONICET.

0325–2809/90/2101–049 $ 2.00 (c) Asociación Ciencias Naturales del Litoral

INTRODUCCION

Las poblaciones de fitoplancton de agua dulce reaccionan de distinta manera a la temperatura, a la duración, intensidad y penetración de la radiación solar y a los efectos de los movimientos turbulentos. Esto ha dado lugar, entre otros aspectos, a numerosos trabajos sobre la dinámica de las poblaciones y su productividad fotosintética a través de ciclos diurnos (Harris, 1986).

En ecosistemas lacustres, principalmente de regiones tropicales y subtropicales, se ha comprobado que las variaciones diurnas de los factores ambientales son de gran importancia para los organismos y que la magnitud de los cambios, particularmente en lagos someros es similar a la que se opera estacionalmente en los templados (por ej.: Talling, 1957; Vaas y Sachlan, 1955; Ganf, 1974; Ganf y Horne, 1975; Greenwood, 1976; Egborge, 1979; Tundisi, *et al.*, 1978; Pinto-Silva, 1980; Barbosa, 1981).

Las lagunas, a pesar de su abundancia absoluta en el mundo, han sido poco estudiadas como para generalizar acerca de la ecología de su plancton. Las aguas de estos ambientes de escasa profundidad y gran relación superficie:volumen, experimentan normalmente microestratificaciones y homotermia a causa del ciclo diario de radiación solar (Reynolds, 1984).

Las lagunas de la llanura aluvial del Paraná medio están fuertemente influenciadas por la penetración de las aguas lóticas y gran parte de la variación de su fitoplancton se explica por este factor (García de Emiliani, 1990). No obstante, no se han estudiado los efectos de los factores ambientales sobre la variación diaria del fitoplancton y su probable contribución a la explicación de la fluctuación anual.

Durante el estudio del ciclo anual de una laguna del sistema ("El Tigre", febrero 1987 - julio 1988), se planteó la hipótesis de la existencia de algún tipo de cambio diario que no fuese evaluado durante los muestreos periódicos realizados alrededor de mediodía. Además, en el caso de existir variaciones, probar si resultaban estadísticamente significativas.

MATERIAL Y METODOS

La laguna elegida está ubicada en una isla aluvial del tramo medio del río Paraná (31° 41' S y 60° 42' W), delimitada por la bifurcación del río Correntoso (fig. 1). Se trata de una laguna de cegamiento poco profunda (z_{max} = 3,5 m), subcircular, con conexión lótica indirecta y probable circulación diaria por acción del viento y enfriamiento nocturno, dada su morfometría (A = 35.000 m^2 y V = 30.000 m^3, con z_{max} = 1,6 m) (Drago, *com. pers,* información obtenida el 09-12-86).

El muestreo del fitoplancton se realizó durante un período de aislamiento de la laguna, en la zona central de máxima profundidad (1,35 m), a cuatro profundidades (subsuperficial, 0,40, 0,80 y 1,20 m) y cada cuatro horas, desde las 13h del 4 de mayo de 1987 hasta la misma hora del día siguiente.

Las muestras se obtuvieron con botella de Van Dorn y se conservaron con solución acidificada de Lugol. Las algas fueron contadas bajo microscopio invertido, previa sedimentación de 10 ml de muestra en cámaras combinadas, siguiendo el método de Utermöhl (1958). Se contaron 400 individuos en campos al azar, bajo 840 aumentos, por lo que el error de recuento fue del 10 °/o con un coeficiente de confianza del 95 °/o (Lund *et al.*, 1958). Los resultados se expresan en individuos (células, cenobios, colonias o filamentos) por mililitro, es decir, en la forma en que se presentan en la naturaleza.

Paralelamente se obtuvieron los datos de temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad mediante un equipo de monitoreo HORIBA.

Con el propósito de comprobar si las diferencias de medias entre profundidades y horas eran estadísticamente significativas se utilizó el análisis de la varianza de dos factores (ANOVA) para las variables físico-químicas mencionadas y del fitoplancton: concentración total y de cada una de las Clases de algas, particularizando Chlorophyceae juveniles, *Crucigenia* adultas y juveniles. Primeramente, se transformaron los datos cuyas distribuciones no eran normales y se probó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Bartlett (Sokal y Rohlf, 1969).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de las variables temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad se expresan en diagramas profundidad-tiempo (fig. 2).

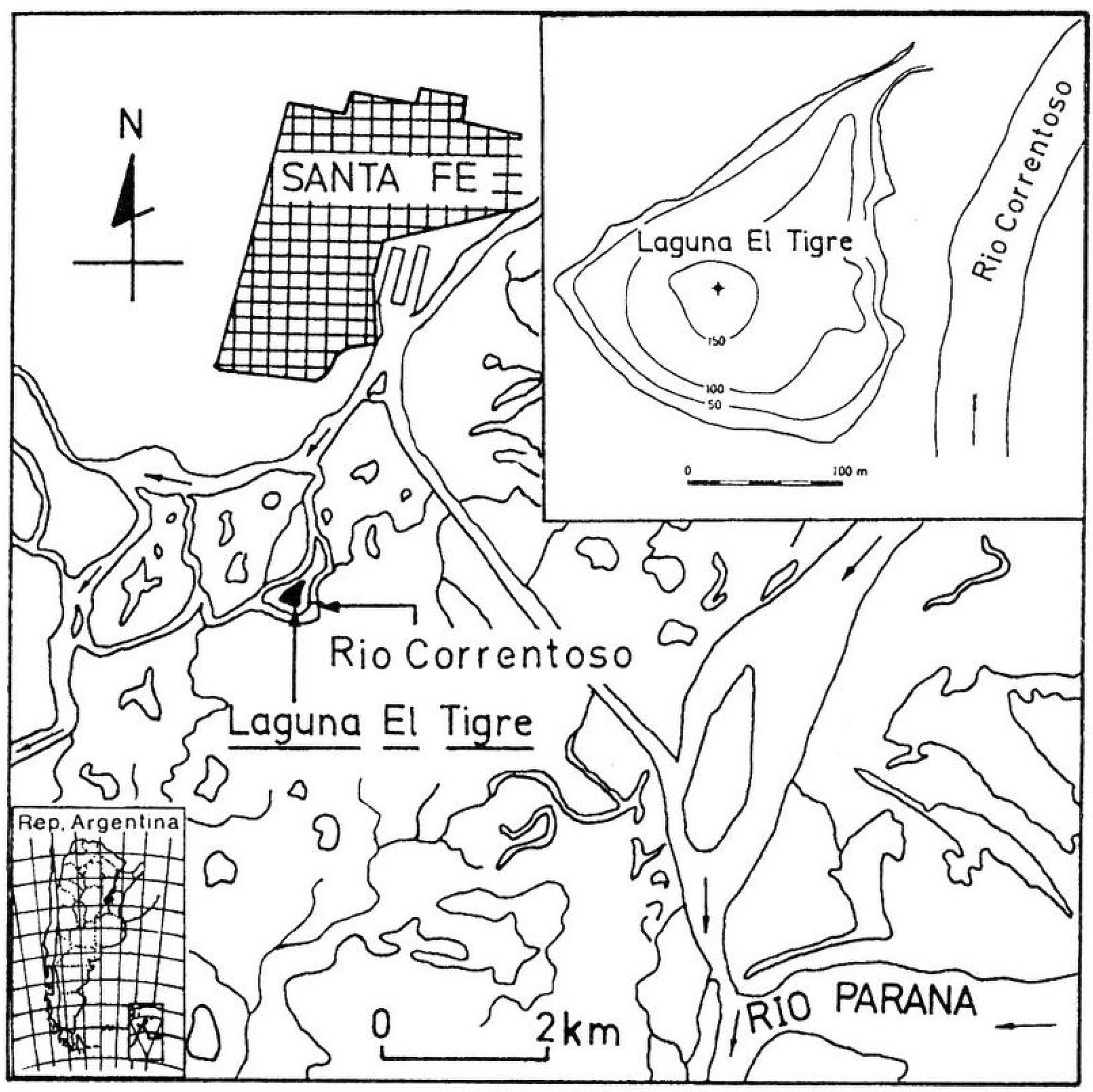

Fig. 1. Situación de la estación de muestreo en el centro de la laguna "El Tigre" y de ésta en la llanura aluvial del Paraná medio.

La distribución de las isotermas muestra períodos de estratificación diurna (con temperatura máxima a las 17h) y mezcla nocturna de la columna de agua. Junto a estos cambios térmicos se observan variaciones en la distribución vertical del pH y el oxígeno, los que se relacionan con la actividad biológica: los valores mayores en la capa superficial a las 17h y los menores durante la noche (mínima a las 5h). La conductividad experimenta menores variaciones, con máximo y distribución ligeramente estratificada entre las 13 y 17h.

Variaciones similares, con ligeras diferencias en la hora de registro de máximo y mínimo de las variables físicas y químicas son comunes en la literatura (por ejemplo: Vaas y Sachlan, 1955; Talling, 1957; George, 1961; Eckblad y Woodson, 1969; Ganf y Horne, 1975; Jones e Ilmavirta, 1978; Pinto-Silva, 1980).

El análisis estadístico (cuadro 1) permitió identificar algunas diferencias significativas. Las medias de todas las variables difieren a través del día y solamente, temperatura y oxígeno varían con la profundidad.

El fitoplancton de la laguna se caracterizó por la presencia de 87 entidades taxonómicas (cuadro 2), pertenecientes principalmente a las Clases Chlorophyceae (29) y Euglenophyceae (19). La primera de ellas fue numéricamente dominante y Cryptophyceae, subdominante. Sólo unas pocas especies se destacaron por su abundancia: *Romeria okensis, Crucigenia* spp., *Scenedesmus ecornis, Monoraphidium* spp., *Cryptomonas* spp. y *Melosira distans*.

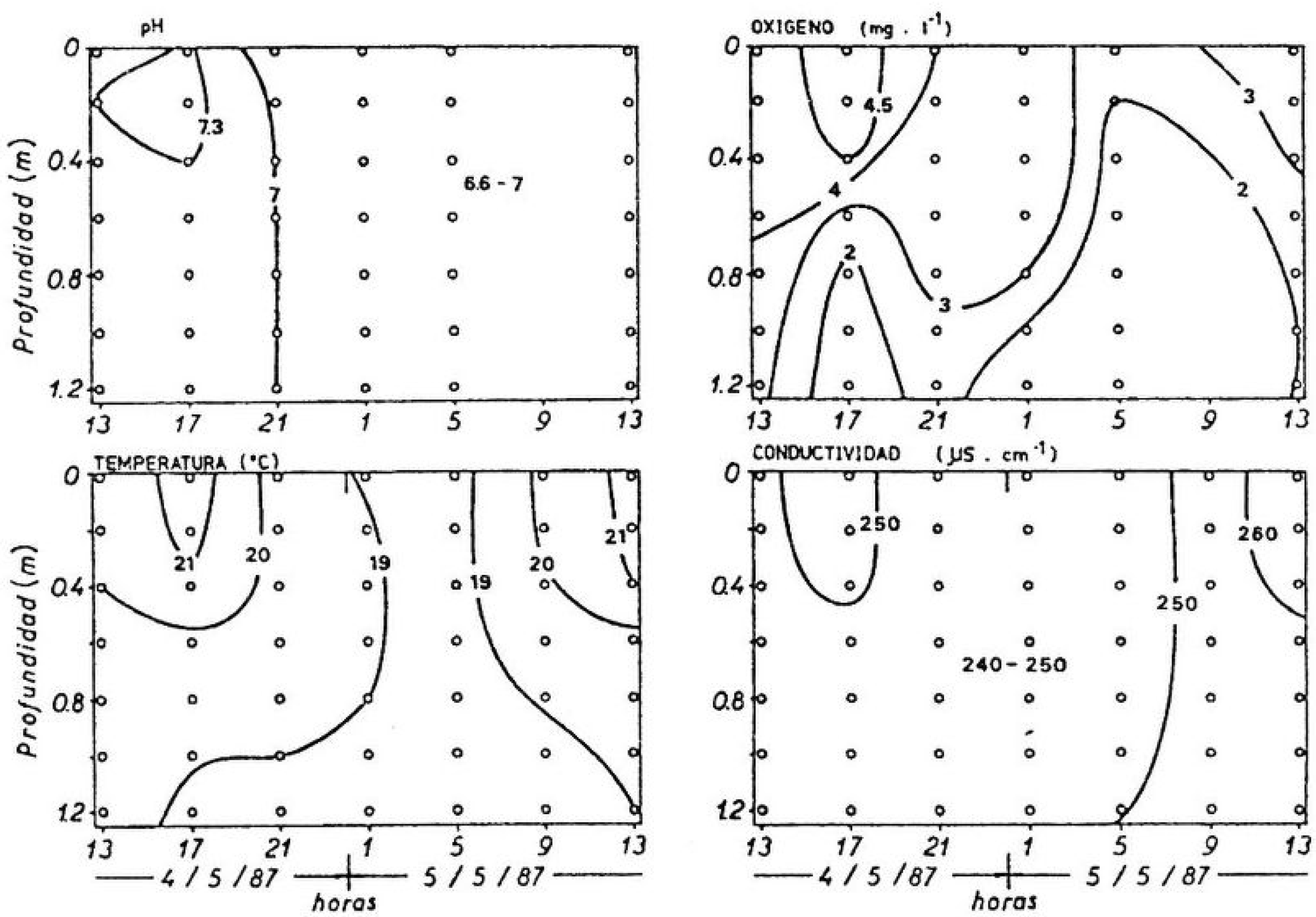

Fig. 2. Diagramas tiempo–profundidad para algunas variables físicas y químicas.

Cuadro 1

Resultados del test de ANOVA de dos factores para comprobar diferencias en las medias entre profundidades y horas. NS = no significativo, * p∠0,05, ** p∠0,01.

	Entre profundidades	Entre horas
Temperatura	**	**
pH	NS	**
Oxígeno	**	**
Conductividad	NS	**
Fitoplancton total	NS	**
Cyanophyceae	NS	**
Cryptopnyceae	NS	NS
Chlorophyceae	NS	**
Clorophyceae (jóvenes)	NS	**
Crucigenia spp. (adultas)	*	**
Crucigenia spp. (jóvenes)	NS	**

Las variaciones cuantitativas en el fitoplancton total, las Clases más abundantes, así como las Chlorophyceae jóvenes (formas recientemente divididas, incluídas o no en la pared de la célula madre) y el género *Crucigenia,* tanto cenobios adultos como jóvenes, se expresan gráficamente (fig. 3).

En líneas generales, las mayores concentraciones se presentan durante las horas de luz (máximo 13h) y las menores a la madrugada (mínimo 1h). Se observan diferencias en la distribución vertical, advirtiéndose por ejemplo, un ligero incremento de Cyanophyceae y Crytophyceae en el estrato medio a las 5 h; un incremento de Cryptophyceae por debajo de la superficie en las horas de radiación solar intensa (13–17h) y uno aún mayor de Chlorophyceae en el estrato superior (0–0,4m) en las horas de sol (9–17h).

La mayor concentración de clorofíceas en estado de división se presentan durante la noche (21–9h), al principio en la capa profunda y luego en toda la columna de agua, en coincidencia con la disminución en la concentración total de esa Clase. Particularmente en *Crucigenia,* la proporción de células en división o juveniles aumenta sustancialmente a las 21h en la capa profunda y luego (1–9h) en el agua superficial (0–0,4m).

Observaciones similares fueron realizadas por otros autores, principalmente en lo referente a la localización de los valores máximos de fitoplancton durante la segunda mitad del día (Ganf, 1974; Ganf y Horne, 1975; García de Emiliani, 1976; Glooschenko y Blaton, 1977; Jones e Ilmavirta, 1978; Krishnamoorthi y Visweswara, 1965).

Con respecto a las Cryptophyceae se ha señalado que se desplazan en la columna de agua en respuesta a los cambios en la radiación solar, alejándose de la superficie en las

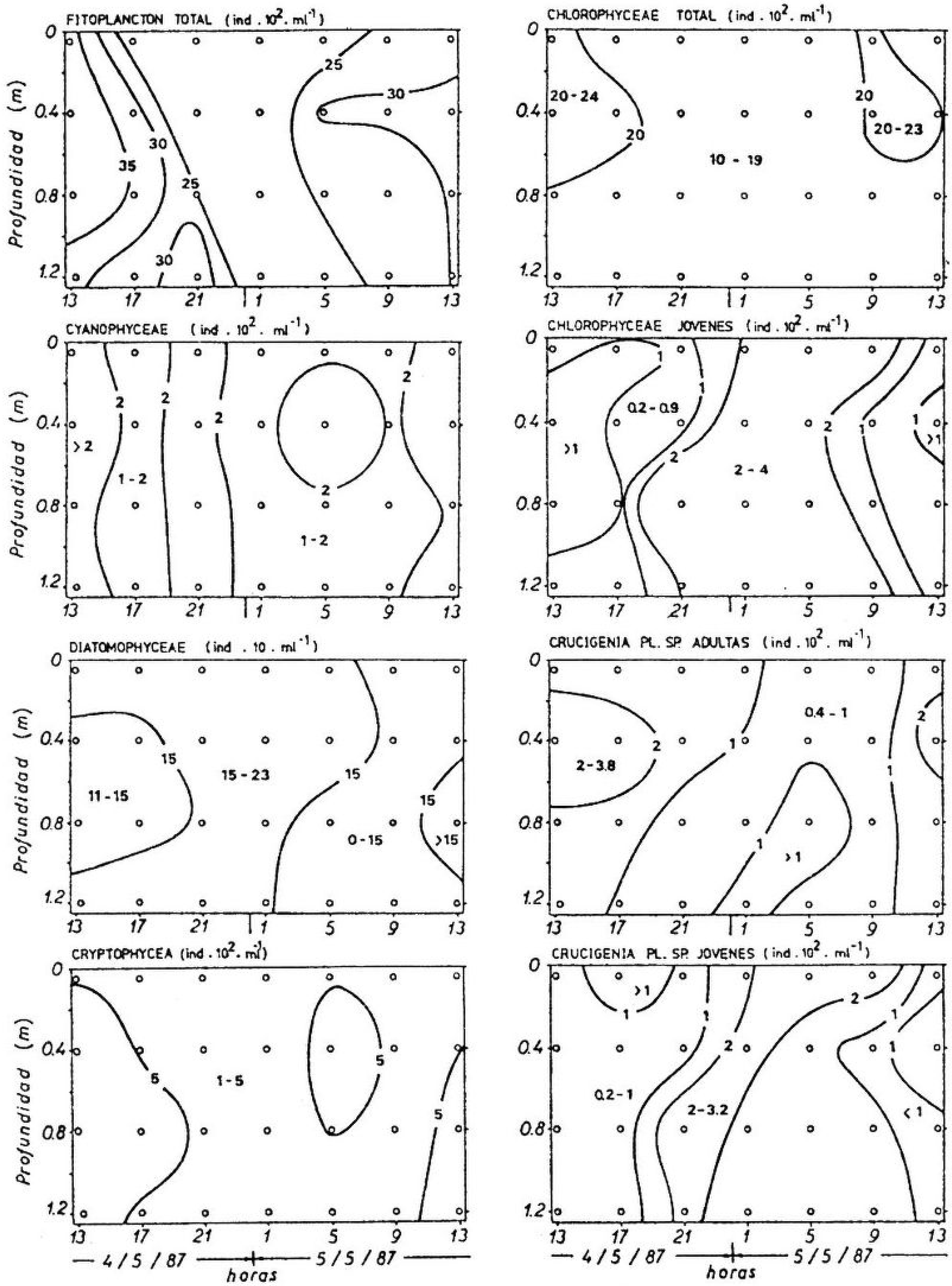

Fig. 3. Diagramas tiempo–profundidad para algunos descriptores del fitoplancton.

Cuadro 2

Composición específica y abundancia promedio, según una escala relativa de 4 grados. (–) ∠ 10 ind.ml^{-1}; 10 ∠ (+) ∠ 50 ind.ml^{-1}; 50 ∠ (o) ∠ 100 ind.ml^{-1}; 100 ∠ (•) ∠ 400 ind.ml^{-1}.

Cyanophycea	
Anabaena planctonica Brunth.	–
Aphanocapsa delicatissima W. & W.	+
Chrococcus limneticus Lemm.	–
Merismopedia tenuissima Lemm.	+
Oscillataria sp.	–
Romeria okensis (Meyer) Hindák	•
Synechococcus sp.	–
Tetrarcus sp.	–
Chlorophyceae	
Actinastrum hantzschii Lagerh.	+
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs	–
Chlamudomonas sp. 1	+
Chlamudomonas sp. 2	+
Chlorotetraedron incus (Teil.) Kom. & Kovác.	–
Coelastrum microporum Näg.	–
C. pseudomicroporum Kors.	–
Crucigenia fenestrata (Schmidle) Schmidle	o
C. quadrata Morr.	•
C. tetrapedia (Kirchn.) W. & W.	o
Desmatractum indutum (Geitl.) Pascher	–
Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg.	+
Dictyosphaerium curvatus Kors.	–
Monoraphidium arcuatum (Kors.) Hindák	•
M. circinale (Nyg.) Nyg.	•
M. contortum (Thurp.) Kom.-Legn.	•
M. tortile (W. & W.) Kom.-Legn.	•
Nephrochlamys subsolitaria (West) Kors.	+
Pediastrum tetras (Ehr.) Ralfs	–
Quadricoccus ellipticus Hortob.	–
Scenedesmus acuminatus (Lagerh.) Chod.	–
S. bicaudatus Dedus	–
S. ecornis (Ehr.) Chod.	•
S. intermedius Chod.	–
S. quadricauda (Turp.) Bréb.	+
Schroederia spiralis (Printz) Kors.	–
Spermatozopsis exsultans Kors.	+
Sphaerocystis sp.	–
Tetrastrum elegans Playf.	–
Ulothricophyceae	
Planctonema lauterbornii Schmidle	+
Zygophyceae	
Closterium sp. 1	+
Closterium sp. 2	–
Closterium sp. 3	–
Euastrum gayanum De Toni	–

Diatomophyceae	
Cyclotella meneghiniana Kütz.	+
Gyrosigma sp.	–
Melosira distans (Ehr.) Kütz.	o
M. granulata (Ehr.) Ralfs	–
M. g. var. *angustissima* Müll.	+
Navicula sp. 1	–
Navicula sp. 2	–
Navicula sp. 3	–
Synedra spp.	–
Chrysophyceae	
Mallomonas akrokomos Ruttner	+
Mallomonas sp. 1	+
Mallomonas sp. 2	–
Mallomonas sp. 3	+
Synura echinulata Kors.	–
Xanthophyceae	
Centritractus belenophorus Lemm.	–
Goniochloris iyengari (Ramn.) Ettl	–
G. mutica (A. Br.) Fott	–
Tetraedriella jovetii (Bourr.) Bourr.	–
Tetraplektron torsum (Skuja) Ded. Scegoleva	–
Euglenophyceae	
Euglena acus Ehr.	–
E. ehrenbergii Klebs.	–
E. gaumei All. & Lef.	–
E. pusilla Playf.	–
E. viridis Ehr.	–
Lepocinclis ovum (Ehr.) Lemm.	–
Phacus agilis Skuja	–
P. brachykentron Pochm.	–
P. glaber (Defl.) Pochm.	–
P. parvulus Klebs	–
P. pyrum (Ehr.) Stein	–
Strombomonas fluviatilis (Lemm.) Defl.	–
S. rotunda (Playf.) Defl.	–
S. scabra (Playf.) Tell & Conf.	–
Trachelomonas oblonga Lemm.	–
T. pusilla Playf.	–
T. volvocina Ehr.	–
T. volvocinopsis Swir.	–
Trachelomonas sp.	–
Cryptophyceae	
Chroomonas acuta Uterm.	–
Cryptomonas caudata Schiller	•
C. erosa Ehr.	•
C. ovata Ehr.	o
C. pusilla Bachm.	•
Rhodomonas minuta Skuja	+

Cuadro 3

Variación en la concentración absoluta (para columnas integradas de agua desde superficie al fondo, en individuos.mm^{-2}) de algunas variables del fitoplancton, a través del día.

Horas	13	17	21	1	5	9	13
Fitoplancton total	5021	4067	3402	2765	3347	3761	4133
Cyanophyceae	411	213	294	219	298	200	466
Diatomophyceae	202	223	243	225	181	92	82
Cryptophyceae	1076	786	512	396	728	463	701
Chlorophyceae	2923	2334	2003	1749	1875	2768	2531
Chlorophyceae (juveniles)	163	140	249	358	307	288	166
Crucigenia (adultas)	270	215	119	123	117	112	248
Crucigenia (juveniles)	104	113	216	238	211	223	137

Cuadro 4

Velocidad exponencial de cambio neto (en ln individuos.h^{-1}) para algunas variables del fitoplancton, durante períodos de 4 horas a lo largo del día.

Período	13–17	17–21	21–1	1–5	5–9	9–13
Fitoplancton total	−0,052	−0,044	−0,052	0,047	0,029	0,023
Chlorophyceae total	−0,056	−0,038	−0,034	0,017	0,097	−0,022
Chlorophyceae (juveniles)	−0,038	0,144	0,091	−0,038	−0,016	−0,137

horas de sol intenso (Tilzer, 1973; Jones e Ilmavirta, 1978). La variación en el estado de desarrollo puede explicarse teniendo en cuenta que las actividades reproductivas de las algas se realizan durante la noche y las vegetativas durante el día (Doty y Oguri, 1957).

A pesar de la variación descripta en las características generales del fitoplancton, el análisis estadístico (ANOVA de 2 factores) sólo permitió confirmar diferencias significativas en las concentraciones medias de fitoplancton total, Cyanophyceae, Chlorophyceae (totales y juveniles) y *Crucigenia,* tanto cenobios adultos como jóvenes, a través del tiempo. Además, los ejemplares adultos de *Crucigenia* spp. varían significativamente entre profundidades (cuadro 1).

Con el propósito de cuantificar la magnitud de las variaciones a través del ciclo diario, se integraron las concentraciones de las distintas profundidades para la columna total de agua (desde superficie al fondo = 1,35m). Los resultados (cuadro 3) reiteran, en líneas generales, la observación ya efectuada acerca de la localización de los valores mayores a las 13h y los menores a la 1h. Se apartan de esta generalización la concentración de diatomeas y las formas juveniles de clorofíceas y *Crucigenia* debido a que la multiplicación celular tuvo lugar durante la noche.

Además, se expresa (cuadro 4) el cambio neto como velocidad exponencial para períodos de 4 horas (En individuos.h^{-1}). La magnitud del cambio fue similar a la estimada en una laguna altamente productiva de la zona (García de Emiliani, 1976). Considerando solamente el período de incremento de las formas en división (17–1h) como estimativa de la velocidad de reproducción, se obtuvo que el aumento neto en 8 horas fue de 0,94. Este valor, si bien es algo elevado, era de esperar si tenemos en cuenta las características morfológicas de las especies dominantes: pequeño volumen (V = 10-200 μm^3) y alta relación área superficial: volumen (S/V = 2-4). Se ha comprobado que existe una relación inversa de la velocidad de crecimiento con el tamaño y directa con la relación S/V; así como también que la máxima velocidad de crecimiento aparente observado en aguas superficiales oscila entre 0,1 y 2 $día^{-1}$, correspondiendo a pequeñas cianobacterias un valor de 1,5 $día^{-1}$ (Harris, 1986; Reynolds, 1984).

CONCLUSIONES

En las lagunas de la llanura aluvial del Paraná medio, el fitoplancton está fundamentalmente controlado por la dinámica hidrosedimentológica del río. Durante el tiempo de aislamiento, estos cuerpos de agua someros experimentan variaciones que pueden relacionarse con cambios en las condiciones ambientales. Se confirman variaciones significativas de los parámetros ambientales durante el día, en tanto que las medias de temperatura y oxígeno también resultaron estadísticamente diferentes entre profundidades. No obstante, las concentraciones medias de los descriptores del fitoplancton no difieren significativamente entre profundidades; por lo tanto, una muestra tomada a cualquier profundidad representaría, sin desvíos significativos, al fitoplancton de ese momento y lugar de la laguna. En cambio, las concentraciones de fitoplancton total, Cyanophyceae, Chlorophyceae (totales y juveniles) y *Crucigenia* spp. (adultas y juveniles) mostraron evidencia estadística de variación horaria significativa.

Los resultados sobre la distribución vertical diurna del fitoplancton, así como la comprobación estadística de variaciones no significativas entre profundidades a través

del ciclo anual (García de Emiliani, datos no publicados), sugieren que en este tipo de ambientes someros las algas se encuentran distribuídas homogéneamente en la columna de agua. Por otra parte, resulta recomendable la realización de los muestreos periódicos a la misma hora del día y alrededor del mediodía, si se desea la estimación de la concentración máxima de fitoplancton.

En lagos tropicales, los cambios térmicos diurnos han contribuído a explicar características del fitoplancton, tales como la alta productividad y diversidad, a consecuencia del acelerado reciclado de nutrientes y su redistribución en la columna de agua por la circulación nocturna (Ganf y Horne, 1975; Harris, 1978; Tundisi, *et al.*, 1981; Estéves, 1988). La elevada productividad de estos ambientes fue atribuída inicialmente (Thienemann, 1931) a la alta velocidad de crecimiento y reproducción de las algas planctónicas.

En la laguna "El Tigre" se ha observado, a través de muestreos quincenales, una rápida inmovilización de nutrientes, frecuentes fluctuaciones en la biomasa del fitoplancton, dominancia de Chlorococcales pequeñas, alta productividad y diversidad específica, durante la etapa de aislamiento. Es probable, que estas características puedan explicarse, en parte, considerando el efecto de los ciclos diurnos sobre las algas del plancton. Seguramente en estos ambientes, sobre el patrón de variación anual (debido principalmente a la influencia lótica), se sobreimpone otro de corto plazo (24 horas) que explicaría, preferentemente, las características del fitoplancton durante el período de aislamiento.

REFERENCIAS

Barbosa, F.A.R. 1981. Variacoes diurnas (24 horas) de parámetros limnológicos basicos e da productividade primaria do fitoplánctón na Lagoa Carioca-Parque Florestal do Rio Doce-MG-Brasil. Tesis Doctoral, Universidade Federal de Sao Carlos, 206 p.

Doty, M.S. y M. Oguri. 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnol. Oceanogr. 2* (1): 37–40.

Eckblad, J.W. y B.R. Woodson. 1969. Plankton distribution in a small Virginia reservoir. *The Virginia Journal of Science:* 40–43.

Egborge, A.B. 1979. Observations on the diurnal changes in some physico-chemical variables of lake Asejire. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 26 (3): 301–311.

Esteves, F. 1988. Fundamentos de Limnología. *Interciencia,* Brasil, 575 p.

Ganf, G.G. 1974. Diurnal mixing and the vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake (lake George, Uganda). *J. Ecol. 62* (2); 611–630.

Ganf, G.G. y A.J. Horne. 1975. Diurnal stratification photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow equatorial lake (lake George, Uganda). *Freshw. Biol. 5:* 13–19.

García de Emiliani, M.O. 1976. Sistemática y variaciones cuali-cuantitativas diurmas del fitoplancton en el "lago del Parque Gral. Belgrano" (Santa Fe, Argentina). *Physis 35* (90): 17–38.

García de Emiliani, M.O. 1990. Phytoplanktonecology of the Middle Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia 3:* 391–417.

George, M.G. 1961. Diurnal variations in two shallow ponds in Delhi, India. *Hydrobiologia 18: 265–273.*

Glooschenko, W.A. y J.O. Blaton. 1977. Short-term variability of chlorophyll a concentrations in lake Ontario. *Hydrobiologia 53 (3):* 203–212.

Greenwood, P.H. 1976. Lake George, Uganda. *Phil. Trans. Soc. Lond. 274:* 375–391.

Harris, G.P. 1978. Photosynthesis, productivity and growth: the physiological ecology of phytoplankton. *Arch. Hydrobiol. 10* (1–4): 1–171.

Harris, G.H. 1986. Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation. *Chapman & Hall,* Londres, 384 p.

Jones, R.I. y V. Ilmavirta. 1978. A diurnal study of the phytoplankton in the eutrophic lake Lovojarvi, Southern Finland. *Arch. Hydrobiol. 83* (4): 594–614.

Krishnamoorthi, K. y G. Visweswara, 1965. Hydrobiological studies in Gandhisagar (Jumma Tank). Diurnal variation in plankton. *Hydrobiologia 25:* 99–118.

Lund, J.W., C. Kipling y E. Le Cren. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia 11:* 143–170.

Pinto–Silva, V. 1980. Variacoes diurnas de fatores ecologicos em quatro lagos naturais do "Pantanal matogrossense" e seu estudo comparativo com dois lagos da Amazonia Central e um lago artificial (Represa do Lobo, "Broa", Sao Carlos). Tesis de Master, Universidade Federal de Sao Carlos, 281 p.

Reynolds, C.S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge Univ. Press,* Londres, 384 p.

Sokal. R.R. y F.J. Rohlf. 1969. Biometría. *Blume,* Madrid, 832 p.

Talling, J.F. 1957. Diurnal changes of stratification and photosynthesis in some tropical African waters. *Proc. R. Soc. Lond. B 147:* 57–83.

Thienemann, A. 1931. Der produktionsbegriff in der Biologie. *Arch. Hydrobiol. 22:* 616–622.

Tilzer, M.M. 1973. Diurnal periodicity in the phytoplankton assemblage of a high mountain lake. *Limnol. Oceanogr. 18* (1): 15–30.

Tundisi, J.G., T. Matsumura–Tundisi, F.A. Barbosa, J.G. Gentil, C. Rugani, M.C. Pontes, R.C. Sleixo, W.Y. Okano y L.C. Santos. 1978. Estudos limnológicos no sistema de lagos do Parque Florestal do Rio Doce, M.G. U.F. Sao Carlos, DCB–Convênio CETEC UFSC, Sao Carlos, 145 p.

Tundisi, J.G., T. Matsumura–Tundisi, M.C. Pontes y J.G. Gentil. 1981. Limnological studies at quaternary lakes in eastern Brazil. I. Primary production of phytoplankton and ecological factors at lake D. Helvecio. *Revta. Brasil. bot. 4:* 5–14.

Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-methodik. *Mitt. int. Ver. Limnol. 9:* 1–38.

Vaas, K.F. y M. Sachlan. 1955. Limnological studies on diurnal change fluctuations in shallow ponds in Indonesia. *Verh. int. Ver. Limnol. 12:* 309–319.

Recibido / *Received* / : 27 octubre 1989
Aceptado / *Accepted* / : 27 julio 1990