

## RITMO DIARIO DE LA FOTOSINTESIS, RESPIRACION, PIGMENTOS Y BACTERIAS HETEROTROFICAS (Embalse del Río III, Córdoba, Argentina)\*

Aldo A. MARIAZZI, M. Cristina ROMERO, Víctor H. CONZONNO y  
Miguel A. DI SIERVI

**SUMMARY:** Diel rhythm of phytoplankton photosynthesis, respiration, photopigments and heterotrophic bacteria (Embalse del Río III, Córdoba, Argentina).

The results of the variance analysis obtained show us the relevance of the diel and day-to-day variations of the photosynthesis, chlorophyll-a and phaeopigments, specially during summer months. The short-term variation observed is explain by displacement of water masses with different amounts of phytoplankton. In winter, vertical circulation occurs, and the variability of those parameters decrease. Heterotrophic bacteria density was the variable with greatest change throughout the observation period. The establishment of nocturnal circulation and diurnal stratification were not observed, being these changes seasonal depend.

### INTRODUCCION

Las fluctuaciones de las propiedades físicas y químicas del agua son el resultado de la interacción de numerosos factores. A saber: morfometría, clima general de la región, topografía local, características de los afluentes naturales y artificiales, uso del recurso hídrico por el hombre.

Estudios previos realizados en el Embalse Río Tercero (Mariazzi *et al.*, 1980; Mariazzi *et al.*, 1980), plantearon la necesidad de estudiar las variaciones en cortos períodos de tiempo de variables físicas y químicas que inciden sobre la producción primaria del fitoplancton.

Las variaciones horarias de parámetros químicos de este embalse, en el mismo período de estudio que el realizado por nosotros, fueron analizadas por Conzonno *et al.* (1986, en prensa). Las fluctuaciones de estos parámetros, son en muchos casos consecuencias del metabolismo y distribución de la comunidad planctónica, que se describen en esta publicación.

### MATERIAL Y METODOS

Las muestras de agua se obtuvieron en una estación central situada entre los dos lóbulos del lago, a las profundidades de 0; 0,5; 1; 2,5; 5; 7,5 y 10 m para las mediciones de producción primaria; muestreando además

\* "Instituto de Limnología R. A. Ringuelet" (UNLP-CONICET), Avenida Montevideo y Palo Blanco, 1923 Berisso - Prov. Buenos Aires. C.C. 55 Argentina.  
Contribución científica N° 311 del "Instituto de Limnología R. A. Ringuelet" (UNLP-CONICET).

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325-108X	v. 12/13	n. 23/24	págs. 25-35	1985/6
--------	-----------	-------------------	----------	----------	----------------	--------

a 15 m y a 1 m del fondo para las mediciones de pigmentos fotosintéticos, carbono y nitrógeno orgánico particulado, y bacterias heterotróficas. Los horarios de muestreo fueron 7, 13 y 19 horas. La producción primaria se midió *in situ* por el método del oxígeno disuelto, aplicando la técnica de Winkler; y por el método del  $^{14}\text{C}$  (Steeman Nielsen, 1952). Se realizaron dos incubaciones diarias, cubriendo todo el período de luz; una desde el amanecer hasta el mediodía y otra desde el mediodía hasta el atardecer.

La clorofila-a y feopigmentos fueron estimados por la técnica de Lorenzen (1967 a). El carbono y nitrógeno orgánico particulado, fueron obtenidos filtrando el agua por filtros GF/C, tratados a  $420^\circ\text{C}$  por 4 horas, y determinados con un CHN-Analizador (Yanaco MT-2).

La población de bacterias heterotróficas viables, se estimó mediante recuento en placa. Se practicaron diluciones decimales e inocularon tres placas por dilución. La incubación fue de 10 días a  $20^\circ\text{C}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se practicó un análisis de varianza, agrupando los datos de tres formas diferentes: por profundidades, por hora y por día de muestreo; con el fin de verificar la variación originada por estos factores. Del análisis por profundidad, se dedujo que ciertas variables muestran cambios verticales importantes durante todo el año, o por el contrario durante determinados períodos (circulación o estratificación). La significación de las fluctuaciones diarias nos señaló aquellos meses en que para algunas variables, es necesario realizar muestreos intensivos durante ciertos meses (bacterias heterotróficas). Los ritmos horarios se analizan en esta publicación con detenimiento. (Tabla I).

### Producción primaria

De marzo a diciembre se incrementó la tasa de fotosíntesis por la mañana; por el contrario, mayor actividad por la tarde se detectó de enero a marzo. Las diferencias fueron más acentuadas cuando la metodología fue la determinación de la concentración de oxígeno que cuando se aplicó la técnica de incorporación de  $^{14}\text{CO}_2$ .

El ritmo diario de la actividad autotrófica algal es intraespecífico, consecuencia de la competencia y coexistencia conjunta del nannoplankton y plancton de red, explicable por el mecanismo de mantenimiento de la diversidad de la comunidad fitoplanctónica (Parson & Takahasi 1973; Laws 1975). Según Paerl & Mackenzie (1977), tasas de producción mayores por la mañana y decrecientes por la tarde con gran pérdida de  $^{14}\text{C}$  excretado por la noche, son propias del nannoplankton; por el contrario, tasas menores por la mañana pero sin disminución por la tarde, con pérdida no significativa de  $^{14}\text{C}$  nocturnas son atribuibles al plancton de red. Estos mismos autores observaron intensificación fotosintética por la

TABLA I  
 Resultados del análisis de varianza practicado. Factores: P, profundidad; H, hora; D, día. Nivel de significación +++ = 99,9%, ++ = 99,0%, + = 95,0%,  
 Casillero en blanco = menor a 95,0%

	Clorófila-a			Fecopigmentos			Carbono orgánico P			Nitrógeno org. P			Bacterias heteror.			Prod. prim. <sup>14</sup> C		
	D	H	P	D	H	P	no	hay	datos	no	hay	datos	D	H	P	D	H	P
III-1980	+++	++	+++	+++	+	++	no	hay	datos	no	hay	datos	++	+++	+++	++	++	+++
IV-1980	++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+++
V-1980	++	++	+++	++	+	+	+++	+	++	+++	+++	+++	+	++	+++	+	+	+++
VI-1980	++	++	++	+	++	+	+++	+	++	+++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	+++
VII-1980	++	+	+	+	+	++	+	+	++	+++	+++	+	+++	++	+++	+	+	+++
VIII-1980																		
IX-1980		+												+	+++	+	+	+++
X-1980		+++	++			+++							+	+++	+++			+++
XI-1980		+++	++	+	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+	++	+++	++	++	+++
XII-1980	+	+++	+++	++	+++	+++	+	+	+++	+++	+	+	+	+++	+++	++	++	+++
I-1981	+++	+++	+++	++	+++	+++	no	hay	datos	+++	+++	+++	+++	++	+++			+++
II-1981	+	+	+++	+	+	+	no	hay	datos	+	+	+++	+++	+++	+++	++	++	+++
III-1981			+				no	hay	datos	no	hay	datos	+++	+++	+++			

tarde en *Melosira granulata*, y por la mañana en *Asterionella formosa*, *in-vitro*.

Mariazzi *et al.* (1984) hallaron para este embalse una contribución nannoplanctónica a la producción primaria total superior a 50-75% durante primavera-verano. De acuerdo a Paerl & Mackenzie (1977) debería esperarse aumento por la mañana de la fotosíntesis durante el mencionado período, hecho que no se verifica.

Las fluctuaciones horarias de la actividad autotrófica algal, no solo se ven influenciadas por las especies fitoplanctónicas presentes, sino por numerosos factores ambientales. Nakanishi *et al.* (1985) sugieren que las variaciones en cortos períodos de tiempo, en este embalse, de la producción primaria, coinciden con las fluctuaciones de la biomasa algal, atribuibles a desplazamientos de masas de agua con distintas concentraciones de organismos fitoplanctónicos. Larson (1978), George & Heaney (1978) y Sibley *et al.* (1974), destacaron la migración vertical diaria de los dinoflagelados, causada por la diferente intensidad de luz y concentraciones de nutrientes. Durante febrero-marzo es notorio el incremento del dinoflagelado *Peridinium gatunense* (Bolotovskoy *et al.* 1980), fenómeno que se repite anualmente. Consideramos a ambos factores como causantes del ritmo diario de la producción primaria.

### Respiración planctónica

De diciembre a marzo, la respiración diaria fue sensiblemente mayor por la tarde y a mayores profundidades. Resultados similares fueron sostenidos por Beyers (1962) y Manny & Hall (1969), como resultado de tasas metabólicas incentivadas por la temperatura estival y del consumo heterotrófico de materia orgánica incrementado en el estrato afótico como consecuencia de la decadencia algal.

Por el contrario, el consumo de oxígeno, durante el resto del año, fue levemente mayor durante la mañana y en el estrato eufótico, en coincidencia con la mayor distribución del fitoplancton.

El consumo nocturno de  $O_2$  fue superior de 0 a 5 m, durante todo el período en estudio, superando a la respiración diurna. En la figura 1 se hallan representadas las tasas de fotosíntesis neta y respiración planctónica, hasta los 2,5 m de profundidad (profundidad promedio del punto de compensación 2,7 m; Romero *et al.*, en prensa). Se observa que, excepto algunos meses (abril, mayo, junio, julio) en los que se verifica una compensación entre la producción y el consumo de  $O_2$ ; durante los restantes meses, la producción excede ampliamente su consumo, en el estrato eufótico, obteniéndose un balance positivo del mismo. Por el contrario, en el estrato trofólitico se obtuvieron concentraciones inferiores al  $mg.l^{-1}$  (Conzonno *et al.* 1986).

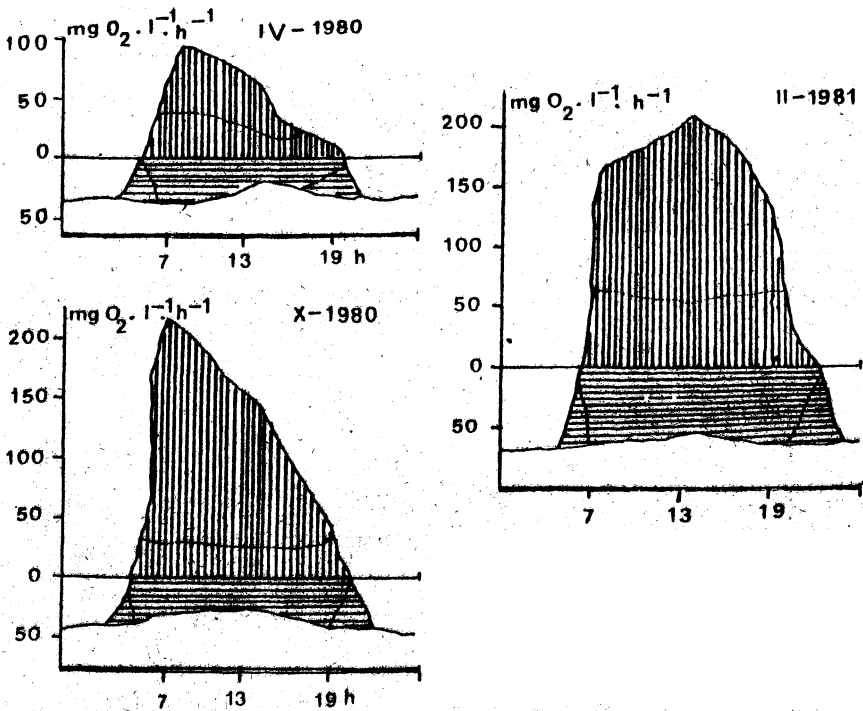


Fig. 1.- Valores promedio de la producción y respiración, hasta 2,5 m de profundidad. Los rangos positivos resultan de la producción y los negativos del consumo de oxígeno.

### Clorofila-a

Las fluctuaciones horarias de la clorofila-a, fueron significativas, aumentando las concentraciones en el centro del estrato eufótico, por la tarde, incrementándose la biomasa algal en el transcurso del día. Este diseño se observó durante marzo-abril de 1980 y diciembre-enero-febrero de 1981; siendo las variaciones diarias menores de junio a octubre (fig. 2).

Ichimura (1960), Glooschenko (1970) y Glooschenko *et al.* (1972) dan máximos por la mañana, mínimos por la tarde e incrementos nocturnos; atribuyendo la disminución por la tarde al fenómeno de "photo-bleaching", fotodegradación por mayores intensidades de luz. Kramer *et al.* (1971), por el contrario, para el Lago Erie, halló una variación diaria similar a la observada por nosotros.

Al igual que la tasa de fotosíntesis, el ritmo diario de la biomasa algal se lo atribuye al desplazamiento de las masas de agua y migración activa de los organismos fitoplanctónicos.

### Feopigmentos

Los feopigmentos tuvieron valores muy inferiores a los de clorofila-a, durante marzo y abril, pero con un ritmo diario semejante a ella. De

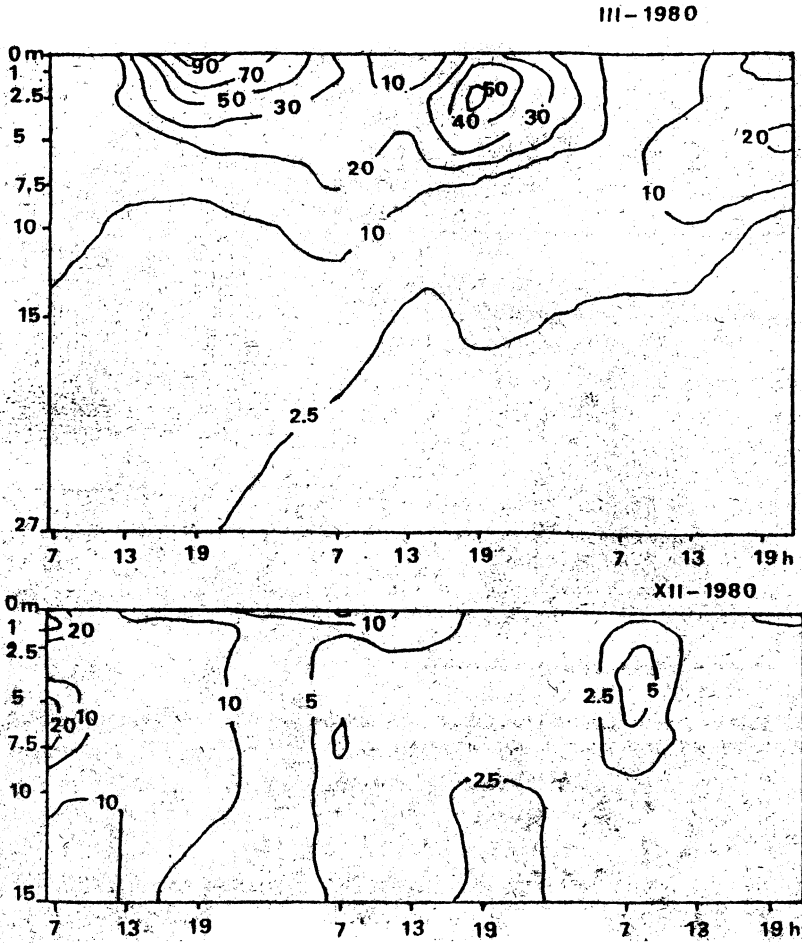


Fig. 2.- Isopletras de la concentración de clorofila-a, en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

mayo a setiembre, sus concentraciones aumentaron. Valores mayores, fueron propios de mayores profundidades, y con un diseño diario errático. Estos pigmentos son las formas degradadas de la abundante clorofila de los meses anteriores. Según Lorenzen (1967 b), Glooschenko *et al.* (1972), Daley (1973), su labilidad a la luz y su relación con el zooplankton fitófago, explicaría la existencia de concentraciones mayores a mayores profundidades y sin ritmo diario. Moss (1970) y Glooschenko *et al.* (1974) lo atribuyen a resuspensión de sedimentos del fondo. Coincidentemente con este criterio, mayores concentraciones de feopigmentos se observaron durante el período de circulación invernal.

El incremento de feopigmentos, de noviembre a enero, acentuado por la tarde, se lo atribuye a fotodegradación de la clorofila-a.

### Carbono y nitrógeno orgánico particulado

La distribución de ambas variables siguió fluctuaciones semejantes al de la clorofila, con incrementos por la tarde en el estrato eufótico, de abril a junio. (Fig. 3 y 4). Durante los restantes meses, hubo máximos tanto a la mañana como por la tarde, y también a profundidades mayores siguiendo estas partículas orgánicas preferentemente el movimiento del material detrítico y zooplanctónico, más que al fitoplanctónico.

Durante noviembre vuelve a ser la fluctuación horaria altamente significativa (tabla I) con concentraciones mayores al mediodía y tarde, entre el metro y 5 m de profundidad.

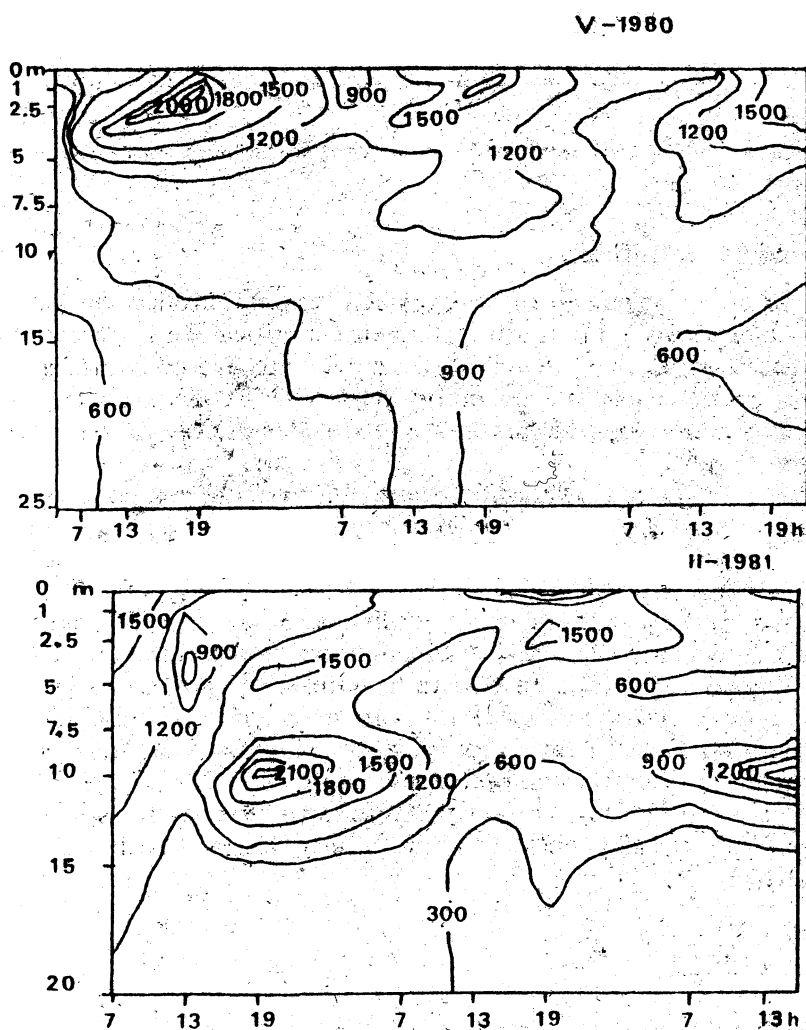


Fig. 3.- Isopletas de la concentración de carbono orgánico particulado, en  $\text{mg.m}^{-3}$ .

IV - 1980

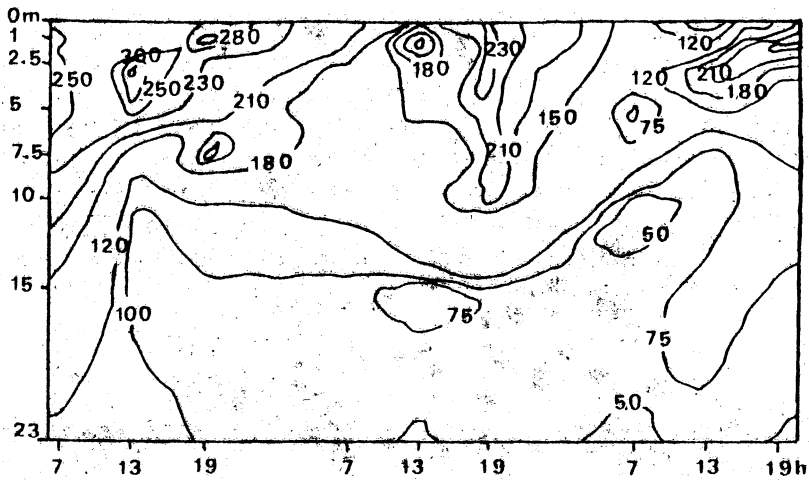


Fig. 4.— Isoplethas de la concentración de nitrógeno orgánico particulado, en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

### Bacterias heterotróficas

Como es de esperar en organismos con tasas de duplicación tan cortas, la variación diaria y horaria fue altamente significativa. Durante marzo y abril fue notoria, la existencia de un mayor número de bacterias heterotróficas en superficie y a un metro del fondo, incrementándose hacia la tarde. Los valores intermedios en la columna de agua fueron sensiblemente menores (Fig. 5).

En mayo y junio, la variación horaria fue errática, con concentraciones algo más elevadas en superficie. Máximos nuevamente en el estrato eufótico por la mañana, con valores medios mucho mayores fueron propios de julio y agosto.

En los meses primaverales, especialmente noviembre, en concordancia con un aumento de la actividad fotosintética fitoplanctónica, se hallaron valores medios elevados en el estrato eufótico y con ligero incremento hacia la tarde. Durante diciembre-enero se repitió la distribución dicotómica de marzo-abril, pero en este caso con mayores densidades por la mañana. Tal como existe un sistema metabólico acoplado fitoplancton-bacterias para el ciclo del carbono y demás nutrientes, es de esperar la existencia de tal relación entre la producción y descomposición de la materia orgánica.

### CONCLUSIONES

1. Del análisis de varianza practicado, se deduce que no solo es importante la variación horaria, sino la fluctuación día a día especialmente du-



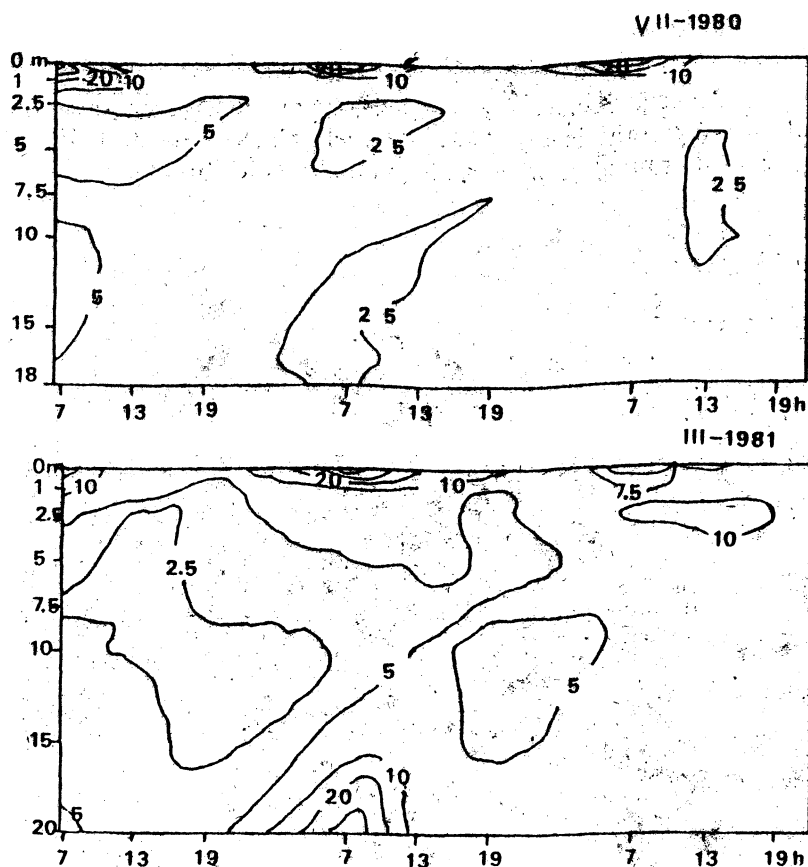


Fig. 5. - Isopletas de la densidad de bacterias heterotróficas, en UFC. ml<sup>-1</sup>.

rante el verano y comienzo del otoño. Durante el invierno, la mezcla vertical hace que la variabilidad diaria de la mayoría de los parámetros sea menos significativa.

2. La concentración de clorofila-a, feopigmentos, carbono y nitrógeno orgánico particulado mostraron fluctuaciones estacionales más marcadas que horarias.
3. Las variaciones altamente significativas diarias, horarias y verticales halladas para las densidades de las bacterias heterotróficas, nos demuestran la necesidad de realizar muestreos intensivos en cortos períodos de tiempo, debido a su elevada tasa metabólica y breve tasa de duplicación.
4. No se observó estratificación diaria y circulación nocturna en las variables consideradas, siendo la mezcla y formación de gradientes, factores netamente estacionales, y no diarios.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Patricia Arenas por la colaboración en el procesamiento y análisis de varianza practicado. Al Dr. Marcelo Gache, jefe de la Estación de Piscicultura de Embalse, por toda la ayuda logística brindada.

## BIBLIOGRAFIA

- BEYERS, R. J. 1962. Relationship between temperature and the metabolism of experimental ecosystems. *Science* 136: 980-982.
- BOLTOVSKOY, A.; BATTISTONI, P. A.; GOMEZ, N.; ESCALANTE, A. H.; SOLARI, L. C. & VUCETICH, M. C. 1980. El plancton del Embalse Río III, Córdoba, Argentina. *Resúm. VIII Reun. Ecol.*, Santa Fe, Argentina: 63.
- CONZONNO, H. H.; CLAVERIE, E. F.; ILHERO, S. M.; GOMEZ, J. P. 1986. Química del agua en el embalse del Río III (Córdoba, Argentina). *Limnobiós*, en prensa.
- DALEY, R. J. 1973. Experimental characterization of lacustrine chlorophyll diagenesis II. Bacterial, viral and herbivore grazing effects. *Arch. Hydrobiol.* 72: 409-439.
- GEROGE, D. G. & HEANEY, S. I. 1978. Factors influencing the spatial distribution of phytoplankton in a small productive lake. *Journal of Ecology* 66: 133-155.
- GLOOSCHENKO, W. A. 1970. Diel periodicity of chlorophyll-a in the Gulf of Mexico. *Quarterly Journal of the Florida Acad. of Sciences* 33: 187-192.
- GLOOSCHENKO, W. A.; MOORE, J. E. & VOLLENWEIDER, R. A. 1972. The seasonal cycle of pheopigments in Lake Ontario with particular emphasis on the role of zooplankton grazing. *Limnol. Oceanogr.* 17: 597-605.
- GLOOSCHENKO, W. A.; MOORE, J. E. & VOLLENWEIDER, R. A. 1974. Spatial and temporal distribution of chlorophyll -a and phaeopigments in surface waters of Lake Erie. *J. Fish. Res. Board Can* 31: 265-275.
- ICHIMURA, S. 1960. Diurnal fluctuations of chlorophyll content in lake water. *Botanical Magazine*, Tokyo. 73: 217-224.
- KRAMER, J. R.; ALLEN, H. E.; BAULNE, G. W. & BURNS, N. M. 1971. Lake Erie Time Study (LETS). *Canada Centre for Inland Waters*.
- LARSON, D. W. 1978. Possible misestimates of lake primary productivity due to vertical migrations of dinoflagellates. *Arch. Hydrobiol.* 81: 296-303.
- LAWS, E. A. 1975. The importance of respiration losses on controlling the size distribution of marine phytoplankton. *Ecology* 56: 419-426.
- LORENZEN, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346.
- LORENZEN, C. J. 1967. Vertical distribution of chlorophyll and phaeopigments. *Baja California. Deep-Sea Res.* 14: 735-745.
- MANNY, B. A. & HALL, A. S. 1969. Diurnal changes in stratification and dissolved oxygen in the surface waters of Lake Michigan. *Proc. 12th Conf. Great Lakes Res.*: 622-634.
- MARIAZZI, A. A.; CONZONNO, V. H. & ROMERO, M. C. 1981. Distribución temporal espacial de bacterias heterotróficas, clorofila, seston y parámetros químicos (Embalse del Río III - Córdoba). *Limnobiós* 2 (3): 193-205.
- MARIAZZI, A. A.; ROMERO, M. C. & CONZONNO, V. H. 1981. Producción primaria, bacterias, nutrientes y otros factores ecológicos en el Embalse del Río Tercero (Córdoba). *Limnobiós* 2 (3): 153-177.
- MARIAZZI, A. A.; ROMERO, M. C. & ARENAS, P. 1984. Contribución relativa del nanoplankton a la producción primaria y pigmentos fotosintéticos en el Embalse del Río Tercero. Córdoba, Argentina. *Ecosur* 11 (21/22): 19-28.
- MOSS, B. 1970. Seston composition in two freshwater pools. *Limnol. Oceanogr.* 15: 504-513.
- NAKANISHI, M.; MARIAZZI, A. A.; CONZONNO, V. H.; CLAVERIE, E.; DI SIERVI, M. A. & ROMERO, M. C. 1985. Primary production studies on a reservoir Embalse del Río Tercero, Argentina. *Mem. Fac. of Science, Kyoto Univ. Ser. Biol.* X (1): 49-62.

- PAERL, H. W. & MACKENZIE, L. A. 1977. A comparative study of the diurnal carbon fixation patterns of nanoplankton and net plankton. *Limnol. Oceanogr.* 22 (4): 732-738.
- PARSONS, T. R. & TAKAHASHI, N. 1973. Environmental control of phytoplankton cell size. *Limnol. Oceanogr.* 18: 511-515.
- ROMERO, M. C.; MARIAZZI, A. A. & ARENAS, P. 1986. Condiciones de luz subacuática como factores determinantes de la eficiencia fotosintética fitoplanctónica, en el Embalse Río III (Córdoba, Argentina). Contribución n° 281 del Instituto de Limnología R. A. Ringuelet. (ILPLA).
- STEEMANN NIELSEN, E. 1952. The use of radioactive carbon ( $^{14}\text{C}$ ) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer.* 18: 117-140.
- SIBLEY, T. H.; HERRGESELL, P. L. & KNIGHT, A. W. 1974. Density-dependent vertical migration in the freshwater dinoflagellate *Peridinium pernardii* (Lemm.) Lemm. fo. *Californiolum Javorn.* *Journal of Phycology* 10: 475-477.