

## FITOPLANCTON DE LOS PRINCIPALES CAUCES Y TRIBUTARIOS DEL VALLE ALUVIAL DEL RIO PARANA: TRAMO GOYA-DIAMANTE, III \*

María Ofelia García de Emiliani \*\*

Instituto Nacional de Limnología  
J. Maciá 1933  
3016 Santo Tomé (S. Fe)  
Argentina

### RESUMEN

García de Emiliani, M.O. 1985. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya - Diamante, III. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 16 (1): 95-112.

Se analizó el cauce principal y los más importantes cauces secundarios y tributarios del río Paraná en el tramo comprendido entre Goya (29° 10' S y 50° 15' W) y Diamante (32° 05' y 60° 40' W).

Se estudió el fitoplancton de 25 muestras obtenidas durante un período de aguas altas (nivel hidrométrico en Diamante = 4,6 - 4,86 m).

Los valores promedio de las características ambientales y de los parámetros del fitoplancton mostraron:

— El mayor caudal (12000 m<sup>3</sup>/s) y contenido de oxígeno disuelto (7,3 mg/l) y menor transparencia (13 cm) en el cauce principal. El mayor pH (7,6) y la conductividad (2086 μS/cm) y el menor caudal (25 m<sup>3</sup>/s) en los cauces tributarios. La mayor transparencia (80 cm) y el menor pH (7) y contenido de oxígeno disuelto (5 mg/l) en los cursos secundarios.

— La menor riqueza específica (15), concentración de fitoplancton (222 cél./ml), biomasa (0,18 mg/l) y diversidad específica (3,2 bits/cél.) en el cauce principal y los mayores valores en los tributarios (25, 2100 cél./ml, 2,76 mg/l y 3,7 bits/cél., respectivamente).

— Dominancia de Bacillariophyceae en el curso principal (46% del total) y en los secundarios (50%) y subdominancia de Cryptophyceae (23 y 19 %, respectivamente). Dominancia de Cryptophyceae (32%) y subdominancia de Eulchlorophyceae (22%) en los tributarios.

— Las especies más abundantes y persistentes fueron: *Melosira granulata*, *M. distans*, *Cyclotella striata*, *Cryptomonas erosa*, *C. marsonii*, *Chroomonas minuta*, *Monoraphidium irregulare*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum* y *Scenedesmus ecornis*.

Los más importantes cambios (expresados por los valores promedio) desde el estado de aguas medias al de aguas altas fueron: mayor caudal (2115 - 3077 m<sup>3</sup>/s) y transparencia (24 - 52 cm); menor pH (7,5 - 7,3), conductividad (1135 - 850 μS/cm) y oxígeno disuelto (8 - 6,1 mg/l); mayor riqueza específica (109 - 117 taxa); menor concentración de fitoplancton (1300 - 1130 cél./ml) con mayor rango de variación (400 - 3350 cél./ml. a 100 - 4770 cél./ml) mayor porcentaje de Cryptophyceae (8 - 28 %) y menor de Bacillariophyceae (58 - 27%).

Los resultados fueron comparables con los obtenidos en ambientes lóticos del valle del río Paraná medio y permitieron diferenciar 3 grupos: cauce principal, cauces secundarios y cauces tributarios.

\* Presentado en las II Jornadas de Cienc. Nat. Litoral, Paraná, 8-11 agosto 1984. Las notas anteriores fueron publicadas en la *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 12: 112-125 (1981) y 14: 179-191 (1983).

\*\* Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.

## ABSTRACT

García de Emiliani, M.O. 1985. Phytoplankton of the main water courses and tributaries of the alluvial valley of the middle Paraná river: stretch between Goya and Diamante, III. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*. 16 (1): 95-112.

The main course as well as the most important secondary water courses and tributaries of the Paraná river were analyzed in a stretch of 440 km between Goya (29° 10' S and 50° 15' W) and Diamante (32° 05' S and 60° 40' W).

The phytoplankton of 25 samples collected during a period of high water (hydrometric level at Diamante = 4,6 - 4,86m) was studied.

Average values of the environmental characteristics and of phytoplankton parameters showed:

- The greatest discharge (12000 m<sup>3</sup>/s) and content of dissolved oxygen (7,3 mg/l) and the lowest transparency (13 cm) in the main water course. The highest pH (7,6) and conductivity (2086  $\mu$ S/cm) and the lowest discharge (25 m<sup>3</sup>/s) in the tributaries courses. The greatest transparency (80 cm) and the lowest pH (7) and dissolved oxygen content (5 mg/l) in the secondary courses.

- The lowest specific richness (15), phytoplankton concentration (222 cell/ml), biomass (0,18 mg/l) and specific diversity (3,2 bits/cell) in the main water course and the greatest values in the tributaries (25, 2100 cél./ml, 2,76 mg/l, and 3,7 bits/cell respectively).

- Dominance of Bacillariophyceae in the main (46%/o) and secondary water courses (50%/o) and subdominance of Cryptophyceae (23 and 19%/o, respectively). Dominance of Cryptophyceae (32%/o) and subdominance of Eucchlorophyceae (22%/o) in the tributaries courses.

- The most abundant and persistent species were: *Melosira granulata*, *M. distans*, *Cyclotella striata*, *Cryptomonas erosa*, *C. marsonii*, *Chroomonas minuta*, *Monoraphidium irregulare*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum* and *Scenedesmus ecornis*.

The principal changes (average values) from mean water to high water stages were: greater discharge (2115 - 3077 m<sup>3</sup>/s) and transparency (24 - 52 cm); lower pH (7,5 - 7,3), conductivity (1135 - 850  $\mu$ S/cm) and dissolved oxygen content (8 - 6,1 mg/l); greater specific richness (109 - 117 taxa); less phytoplankton concentration (1300 - 1130 cell/ml) with greater variation range (400 to 3350 cell/ml - 100 to 4770 cell/ml); greater percentage of Cryptophyceae (8 - 28%/o) and less percentage of Bacillariophyceae (58 - 27%/o).

The results were comparable to those obtained from lotic environments of the Middle Paraná river valley and permitted differentiate 3 groups: main water course, secondary water courses and tributaries water courses.

## INTRODUCCION

El principal objetivo es el estudio comparado del fitoplancton del curso principal del Paraná y de los más importantes cauces secundarios y tributarios del sector comprendido entre las localidades ribereñas de Goya-Reconquista por el norte y Diamante-Coronda por el sur.

Los resultados de esta investigación complementan los obtenidos en aguas medias<sup>7,9</sup> e integran, junto a otros aspectos limnológicos<sup>10,13,16</sup> un proyecto que lleva a cabo el INALI con el propósito de conocer las características estructurales y, en lo posible, algunas de las funcionales de la importante red fluvial del Paraná en la zona del futuro Cierre Sur de la Represa Paraná Medio.

En este trabajo se analiza la composición específica, estructura, abundancia, biomasa, diversidad específica y equitatividad del fitoplancton durante un período de aguas altas del régimen hidrológico del río Paraná. Estos resultados se comparan con los obtenidos en aguas medias en la misma zona<sup>7,9</sup> y con otros realizados en distintos cauces del Paraná medio<sup>1-6,8,17-19</sup>, con el propósito de caracterizar los tipos de ambientes y

descubrir las principales tendencias de los cambios al variar las condiciones ambientales.

## MATERIAL Y METODOS

Las muestras fueron obtenidas en 25 puntos, en el centro del cauce y sub-superficialmente, durante un período de aguas altas (marzo-abril/1982; nivel hidrométrico en Diamante en descenso: 4,86 - 4,61 m y en Goya, en aumento: 4,44 - 5,3 m). La ubicación de los puntos de muestreo puede consultarse en los trabajos anteriores<sup>7,9</sup>, por lo que sólo se señala la numeración de las estaciones de muestreo de cada tipo de ambiente y las localidades próximas (cuadro 1).

La metodología de muestreo y obtención de resultados es la detallada en los trabajos citados, a lo que puede agregarse la aplicación del coeficiente de Gower<sup>12</sup> para el análisis de similitud entre muestras sobre la base de datos ambientales (caudal, transparencia, pH, conductividad y oxígeno disuelto) y propios del fitoplancton (diversidad específica, concentración de Bacillariophyceae, Eulichlorophyceae, Cyanophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae y Dinophyceae).

Cuadro 1

Estaciones de muestreo en cada tipo de ambiente y localidades próximas

### *Cauces secundarios*

1. Río Coronda (Coronda)
3. Río San Javier (Santa Rosa)
4. Río Santa Rosa (Santa Rosa)
5. Río San Javier (Helvecia)
6. Río San Javier (Saladero Cabal)
7. Río San Javier (San Javier)
9. Río San Javier (Alejandra)
11. Río San Javier (Romang)
15. Río San Javier (Reconquista)
16. Río San Jerónimo (Reconquista)

### *Tributarios de la margen derecha*

2. Río Salado (Santo Tomé)
10. Arroyo del Ombú (Al N de Alejandra)
12. Arroyo Mal Abrigo (Al N de Romang)
13. Río Los Amores (Las Garzas)
14. Arroyo del Rey (Reconquista)

### *Tributarios de la margen izquierda*

18. Río Santa Lucía (Paso Rubio)
19. Río Corriente (Paso Santa Rosa)
21. Río Guayquiraró (Paso Telégrafo)
23. Río Feliciano (Paso Quebracho)

### *Cauce principal*

17. Río Paraná (Goya)
20. Río Paraná (Esquina)
22. Río Paraná (La Paz)
24. Río Paraná (Hernandarias)
25. Río Paraná (Paraná)
26. Río Paraná (Diamante).

## RESULTADOS

### A. Características ambientales.

El análisis de las características ambientales estuvo a cargo de otros especialistas por lo que sólo se comentan algunos resultados de los parámetros estimados "in situ" (cuadro 2).

**Cuadro 2**  
Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y coeficientes de variación (CV, en %) de las variables ambientales en cada tipo de cauce.

	Q		T		pH		C		O <sub>2</sub>	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
Cauces secundarios	475 x	123	86x	80	7,0 x	5	203 x	30	5,0 x	41
C.T.margen derecha	9 xy	165	19 xy	53	7,6 xy	6	3082 x	77	5,5	72
C.T.margen izquierda	46 xz	149	65 x	153	7,6 xz	5	841	95	8,0 xy	28
Cauce principal	12000 x	77	13 xz	28	7,3	1	80 x	21	7,3 xz	5

C.T.=cauces tributarios; Q = caudal (m<sup>3</sup>/seg.); T=transparencia (cm); C = conductividad (μS/cm); O<sub>2</sub> =oxígeno disuelto (mg/l).  
Las diferencias significativas al 5% se indican con la misma letra a continuación del valor promedio.

El cauce principal del Paraná es el de mayor caudal y el de menor transparencia y conductividad. El pH y el oxígeno disuelto tienen valores intermedios entre los de los cauces secundarios y tributarios. Además, el río Paraná es el que presenta menores fluctuaciones a lo largo de su recorrido, resultando no obstante evidente el aumento de la conductividad aguas abajo (55 a 100 μS/cm).

Los cauces secundarios son los de menor pH y contenido de oxígeno disuelto y máxima transparencia. Con respecto al cauce principal, poseen un menor caudal y mayor conductividad. En el río San Javier, analizado en su recorrido total, aumenta la transparencia y disminuye la conductividad y el pH aguas abajo. El río San Jerónimo, por su comparativamente mayor caudal y menor transparencia y conductividad, se asemeja más al cauce principal que a los otros cauces secundarios.

Los cauces tributarios son los que presentan las mayores variaciones en todos los parámetros analizados, diferenciándose los de la derecha por tener el mínimo caudal y máxima conductividad (excepto el río Salado) y los de la izquierda, por su elevado tenor de oxígeno disuelto (excepto el río Guayquiraró). Los dos ríos exceptuados se parecen más por sus características ambientales a los cauces secundarios que a los otros tributarios.

#### B. Analisis cualitativo.

Registré 117 taxones (cuadro 3), siendo Eulichlorophyceae, Bacillariophyceae, y Euglenophyceae las Clases con mayor número de entidades : 36, 23 y 19, respectivamente.

**Cuadro 3**  
**Fitoplancton de ambientes lóticos del Paraná medio (marzo - abril/1982).**

	Coronda (1)	Salado (2)	Santa Rosa (4)	San Javier (3,5-9,11,15) del Ombú (10)	Nalabrigo (12)	Los Amores (13)	del Rey (14)	San Jerónimo (16)	Paraná (17,20, 22,24-26) (18)	Santa Lucía (18)	Corriente (19)	Guayquiraró (21)	Feliciano (23)
<b>CYANOPHYCEAE</b>													
Aphanocapsa sp.									+	+			
Dactylococcopsis acicularis		+											
Merismopedia tenuissima							+						
Microcystis aeruginosa				o									
Gomphosphaeria sp.													
Oscillatoria sp. <sub>1</sub>													
O.sp. <sub>2</sub>													
Raphidiopsis mediterranea	+	+											
Anabaena spiroides	+												
A. recta	+												
Anabaenopsis arnoldii					+								
A.raciborskii												o	
<b>EUCHLOROPHYCEAE</b>													
Chlamydomonas sp. <sub>1</sub>				+									
Chlamydomonas sp. <sub>2</sub>		+											
Chlamydomonas sp. <sub>3</sub>		+	+										
Pandorina morum													
Pteromonas sp. <sub>1</sub>						+							
Pteromonas sp. <sub>2</sub>													
Tetraedron minimum			+										
Schroederia setigera				+									
Oocystis sp. <sub>1</sub>	+			+									
O.sp. <sub>2</sub>													
Monoraphidium setiforme													
M. irregulare				+									
M. minutum		+											
Ankistrodemonus falcatus													
Kirchneriella sp.							+						
Sphaerocystis schroeteri				+									
Nephrocystium agardhianum				+									
Botryococcus sp.													
Dictyosphaerium ehrenbergianum				+	o								
Coelastrum sphaericum				+		+							
C. reticulatum				+									
Actinastrum hantzschii								+					
Crucigenia tetrapedia				+									
C.fenestrata													
C. quadrata			+		+								
Scenedesmus quadricauda				+									
S.intermedius var.acaudatus				+									
S.acomis		+		+									
S.e. var. disciformis		+		+						o		o	
S. acuminatus	+	+		+									+
S.brevispina				+									
Pediastrum duplex													
P. tetras						+							
Elakatothrix gelatinosa									+				
Chlorococcal n.i. zoospores ?				+	●		+		+				
<b>ULOTHRYCOPHYCEAE</b>													
Planctonema lauterbornii		+											
<b>ZYCOPHYCEAE</b>													
Hougeotia sp. <sub>1</sub>			+	+					+				
M. sp. <sub>2</sub>				o									
Clostetium sp. <sub>1</sub>			+	+									
C. sp. <sub>2</sub>			+	+									
C. sp. <sub>3</sub>			+	+									
C. sp. <sub>4</sub>	+												
C. gracile var.elongatum	+	+											
Staurodesmus sp.													+
Staurastrum sp.													+
Euastrum gayanum													+
Onychonema laeve													+

Referencias: + = < 100 cél./ml; o = entre 100 y 500; ● = > 500 cél./ml.

Cuadro 3 (continuación)

	Coronada (1)	Salado (2)	Santa Rosa (4)	San Javier (3,5-9,11,15)	del Ombú (10)	M. Abrego (12)	Los Amores (13)	del Rey (14)	San Jerónimo (16)	Paraná (17, 20, 22, 24-26)	Santa Lucía (18)	Corriente (19)	Chiquitará (21)	Feliciano (23)	
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>															
Cyclotella meneghiniana	+			+		+			+						
C. striata	+	+		+			+	o	+	+		o	+	o	
Rhizosolenia sp.				+											
Melosira distans	+														
M. granulata	+	+		o					+	+					
M. g. var. angustissima	+	+		o					+	+					
M. g. var. jonensis	+	+	+	•					+	+		•			
M. g. var. valida fa. curvata									+	+					
M. herzogii	+	+	+	+					+	+		o			
Synedra sp. 1			+	+				+	+	+					
S. sp. 2			+	+				+	+	+					
S. sp. 3			+	+					+	+					
S. acus	+			+							o		+		
Gyrosigma acuminatum	+			+											
G. macrum															
Amphiprorá palludosa						+								+	
Cocconeis sp.						+								+	
Navicula sp.	+			+		+								+	
N. sp. 2															
Amphora sp.															
diatomeas pennadas <sub>1</sub>				+			+								
diatomeas pennadas <sub>2</sub>			+												
diatomeas pennadas <sub>3</sub>		+		+					+						
<b>XANTHOPHYCEAE</b>															
Goniocloris mutica		+													
Ophiocytium capitatum				+											
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>															
Synura echinulata			+	o										+	
S. sp.			+	+										+	
Mallomonas sp. 1			+	+						+					
M. sp. 2		+	+	+								+			
Dinobryon sertularia			+	+								+			
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>															
Chroomonas acuta	+	+	+	+			+							+	+
Chroomonas minuta	+	+	+	+	o					+	o	o		+	o
Cryptomonas erosa	+	o	+	+	•	o	o	o	+	+	o	o	o	+	o
C. maroonii	+	+	+	+	•	o	o	+	+	+	o	o	o	o	o
<b>DINOPHYCEAE</b>															
Peridinium sp. 1	+	+	+	o	+	+	+	+		+	+	o	+	+	+
P. sp. 2			+	+			+								
P. sp. 3	+		+	+											
P. sp. 4											+				
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>															
Euglena sp. 1	+			+	+										o
E. sp. 2			+	+			+								+
E. sp. 3		+		+			+								+
E. sp. 4			+	+			+	+							+
E. allorgei				+			+	+			+				+
Phacus pyrum							+	+							+
P. agilis							+	+							+
P. acuminatus				+											+
Lepocinclis sp.												o			+
Lepocinclis ovum															+
Strombomonas fluvialis			+	+	+					+			+		+
S. ovalis		+	+	+				+				+			+
S. schauinslandii								+							+
S. rotunda								+							+
Trachelomonas atomaria				•			o	o	+					+	+
T. planctonica var. flexicollis							+	+							+
T. oblonga							+	+							+
T. crebes							+	+							+
T. pulcherrima							+	+							+

La única especie común a todas las estaciones fue *Cryptomonas erosa*. *Cyclotella striata*, *Melosira granulata*, *Chroomonas minuta* y *Cryptomonas marsonii*, estuvieron presentes en un 68-84 % de las muestras; *Monoraphidium irregulare*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, *Scenedesmus ecornis*, *Peridinium* sp.1., *Chroomonas acuta* y *Anabaena spiroides* en alrededor de un 50%. Las restantes fueron características de un determinado tipo de ambiente o tuvieron presencia esporádica.

El índice de dispersión biótica fue del 14%<sup>11</sup>, lo que revela la heterogeneidad ambiental en cuanto a la composición específica del fitoplancton.

Las especies que estuvieron presentes en el 80% o más de las muestras de cada tipo de ambiente se expresan a continuación.

CAUCE PRINCIPAL: *Melosira granulata*, *M. distans*, *Cryptomonas erosa*, *Chroomonas minuta*, *Anabaena spiroides* y *Raphidiopsis mediterranea*.

CAUCES SECUNDARIOS: *Melosira granulata*, *Cyclotella striata*, *Cryptomonas erosa*, *Chroomonas minuta* y *Cryptomonas marsonii*.

CAUCES TRIBUTARIOS MARGEN DERECHA: *Cryptomonas erosa*, *C. marsonii*, *Peridinium* sp.1 y *Cyclotella striata*.

CAUCES TRIBUTARIOS MARGEN IZQUIERDA: *Chroomonas minuta*, *Cryptomonas erosa*, *C. marsonii*, *Cyclotella striata*, *Peridinium* sp.1, *Scenedesmus ecornis*, *Monoraphidium irregulare* y *Dictyosphaerium ehrenbergianum*.

La riqueza específica fue en general baja, oscilando entre 13 y 35 taxones ( $\bar{x} = 20$ ; CV = 26%). El número de especies fue mínimo en el cauce principal ( $\bar{x} = 15$ ), se incrementó en los cauces secundarios ( $\bar{x} = 21$ ) y fue máximo en los tributarios ( $\bar{x} = 23$ , en los de la derecha y  $\bar{x} = 27$ , en los de la izquierda).

Además, los cauces secundarios tuvieron mejor representación cualitativa de la Clase Zygomycetes; los tributarios de la margen derecha el mayor número de especies de Euglenophyceae y, los de la margen izquierda, mayor riqueza de Eucalyptophyceae.

### C. Análisis cuantitativo.

La concentración de algas varió entre 99 y 4770 cél./ml, con una media de 1131 cél./ml y un coeficiente de variación de 121% (cuadro 4). Las Clases más abundantes fueron, en promedio, Cryptophyceae y Bacillariophyceae.

El cauce principal presentó las menores concentraciones (99–342 cél./ml,  $\bar{x} = 222$  cél./ml) y los cauces tributarios de la margen izquierda, las mayores (405–3604 cél./ml,  $\bar{x} = 2378$  cél./ml). La concentración en los cauces secundarios varió entre 148 y 3950 cél./ml ( $\bar{x} = 804$  cél./ml) y en los tributarios de la margen derecha entre 370 y 4770 cél./ml ( $\bar{x} = 1877$  cél./ml). Los grupos de muestra cuantitativamente más homogéneos fueron las del cauce principal (CV = 36%) y las menos, las de los cauces secundarios (CV = 145 %).

Una particular mención merecen los ríos San Javier y Paraná por el

hecho de haber sido analizados en varios puntos. El primero incrementa su concentración a medida que avanza en su recorrido hasta San Javier, disminuye en Saladero Cabal para alcanzar el máximo frente a Helvecia y luego disminuir. Coincidentemente el cauce principal aumenta su concentración hasta alcanzar el máximo a la misma latitud que en el San Javier (frente a Hernandarias), para disminuir posteriormente.

En el cauce principal y en los secundarios, Bacillariophyceae y Cryptophyceae fueron las Clases dominantes y subdominantes, respectivamente. En los tributarios de la margen derecha las Clases más abundantes fueron Cryptophyceae y Euglenophyceae y en los de la izquierda, Euchlorophyceae y Cryptophyceae.

El análisis comparativo de los distintos grupos de ambientes revela además, la importancia cuantitativa de las Clases Zygothryxaceae y Chrysothryxaceae en los cauces secundarios ( $\bar{x} = 42$  cél./ml y 100 cél./ml, respectivamente) a consecuencia de los altos valores registrados en el río San Javier (frente a San Javier y Helvecia) por *Mougeotia* sp. pl., *Cosmarium* sp. pl., *Onychonema Laeve* y *Synura echinulata*.

Las especies más abundantes (f9g. 1) en los distintos tipos de ambientes fueron :

CAUCE PRINCIPAL: *Melosira granulata*, *Cryptomonas erosa* y *Anabaena spiroides*.

CAUCES SECUNDARIOS: *Melosira granulata*, *Cryptomonas erosa* y *Synura echinulata*.

CAUCES TRIBUTARIOS MARGEN DERECHA: *Cryptomonas erosa*, *C. marsonii*, *Dictyosphaerium eherebergianum*, *Peridinium* sp. 1, *Trachelomonas atomaria* y *Strombomonas rotunda*.

CAUCES TRIBUTARIOS MARGEN IZQUIERDA: *Chroomonas minuta*, *Merismopedidia tenuissima*, *Cyclotella striata*, *Cryptomonas erosa*, *C. marsonii*, *Melosira granulata*, *Scenedesmus ecornis* y *Monoraphidium irregulare*.

#### D. Biomasa.

La biomasa varió entre 0,62 y 7,08 mg/l ( $\bar{x} = 1,46$  mg/l) y estuvo significativamente correlacionada con la concentración de células ( $r = 0,89$ ;  $p < 0,001$ ). Las Clases de algas que tuvieron mayor participación en la biomasa total fueron, fundamentalmente Bacillariophyceae y Euglenophyceae (cuadro 5).

La biomasa promedio menor (0,18 mg/l cauce principal) fue solamente significativamente diferente de la mayor (3,01 mg/l, tributarios margen derecha).

La variación de la biomasa a lo largo del cauce principal y del río San Javier, presentó fluctuaciones semejantes a las de la concentración. El mayor valor para el cauce principal fue a la altura de Hernandarias (0,4 mg/l) y para el río San Javier frente a la localidad de Helvecia (7,1 mg/l).

Tanto en el cauce principal como en los secundarios y tributarios de la margen izquierda, la mayor biomasa promedio correspondió a Bacillariophyceae, en tanto que en los tributarios de la margen derecha fue debida



Cuadro 4

Valores promedio ( $\bar{x}$ , cél./ml) y coeficientes de variación (CV, en %) de la concentración total y de los principales componentes en la totalidad de las muestras y en los distintos ambientes.

	Fito.total		Bacillar.		Euchlor.		Cyanoph.		Crypto.		Eugleno.		Dinoph.	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
Todas las muestras	1131	121	303	219	200	185	78	189	314	132	117	212	59	234
Cauces secundarios	804	145	400	246	64	87	25	186	152	68	8	109	11	119
Trib. m. derecha	1877	91	146	96	349	138	42	112	711	91	424	100	201	121
Trib. m. izquierda	2378	59	559	105	618	99	319	84	616	66	176	81	46	106
Cauce principal	222	36	102	70	23	79	36	55	51	51	2	159	1	245

Cuadro 5

Valores promedio ( $\bar{x}$ , mg/l) y CV (%) de la biomasa total y de los principales grupos componentes en la totalidad de las muestras y en los distintos tipos de ambientes.

	Fito.total		Bacillar.		Euchlor.		Cyanoph.		Crypto.		Eugleno		Dinoph.	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
Todas las muestras	1,46	131	0,42	196	0,08	165	0,04	243	0,18	162	0,37	213	0,12	168
Cauces secundarios	1,21	177	0,52	228	0,04	153	0,01	172	0,06	65	0,03	123	0,12	207
Trib. m. derecha	3,01	84	0,39	120	0,12	139	0,03	181	0,31	85	1,35	100	0,61	113
Trib. m. izquierda	2,45	70	1,00	79	0,21	98	0,17	128	0,29	47	0,55	88	0,17	70
Cauce principal	0,18	61	0,12	86	0,01	129	0,02	40	0,02	74	0,01	157	0,01	245

Referencias: Fito.=Fitoplancton

Cyanoph.= Cyanophyceae

Trib. m.= Tributarios márgen

Crypto.=Cryptophyceae

Bacillar.=Bacillariophyceae

Eugleno.=Euglenophyceae

Euchlor.= Euchlorophyceae

Dinoph.=Dinophyceae

Las diferencias significativas al 5% se indican con la misma letra a continuación del valor promedio.

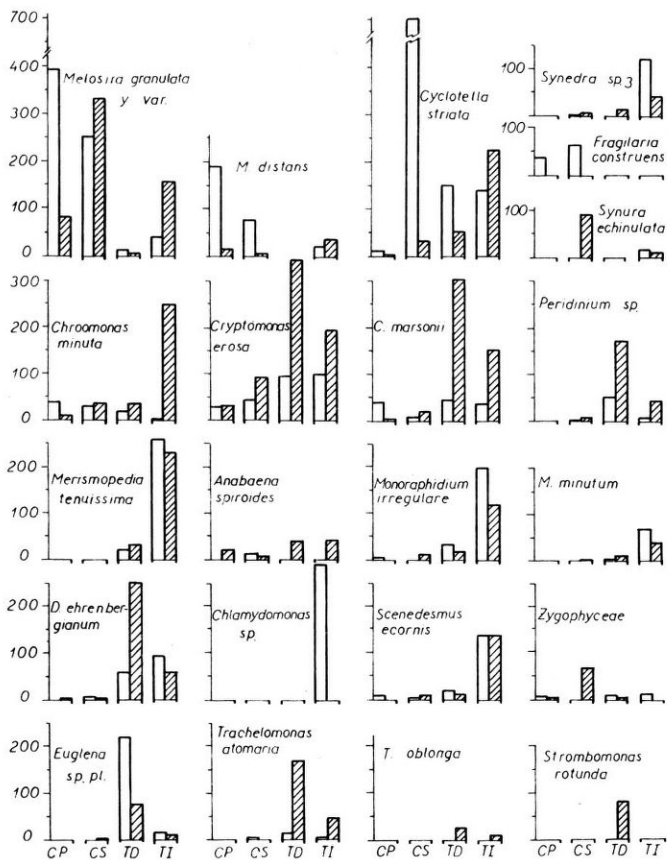


Figura 1. Concentraciones promedio (cél./ml) de las especies más abundantes en los distintos tipos de ambientes en aguas medias (barras blancas) y en aguas altas (barras rayadas).

Abreviaturas: CP = cauce principal, CS = cauces secundarios, TD = tributarios margen derecha, TI = tributarios margen izquierda.

a Euglenophyceae. En el río San Javier adquiere particular importancia la biomasa de Zygothryx frente a Helvecia (2,77 mg/l) y la de Chrysothrix frente a San Javier (0,74 mg/l).

También es de señalar que la correlación número-biomasa fue altamente significativa para la mayor parte de las Clases (Bacillariophyceae, Eucyrtophyceae, Cryptophyceae y Euglenophyceae :  $r = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ). Menos estrecha fue la relación para Cyanophyceae y Dinophyceae ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,01$  y  $r = 0,35$ ;  $p < 0,1$ , respectivamente).

La biomasa por célula osciló entre 0,4 y 4,7 mg/10<sup>6</sup> cél. ( $\bar{x} = 1,2$  mg/10<sup>6</sup> cél., cuadro 6), correspondiendo los mayores valores a Dinophyceae y Euglenophyceae. Dinophyceae y Cyanophyceae fueron las Clases con mayor rango de variación en la biomasa por célula 0,3 – 25,1 mg/10<sup>6</sup> cél. y 0,017 – 2,9 mg/10<sup>6</sup> cél., respectivamente.

Los valores de la biomasa promedio aumentan desde el cauce principal hasta los cauces secundarios y tributarios de la margen derecha. La mayor proporción en la participación de especies de volumen grande, principalmente de Bacillariophyceae en los cauces secundarios y de Euglenophyceae y Dinophyceae en los tributarios de la margen derecha, explican los valores de biomasa promedio por célula, relativamente elevados.

Cuadro 6

Biomasa promedio por célula (mg/10<sup>6</sup> cél.) del fitoplancton total y de los principales grupos componentes en la totalidad de las muestras y en los distintos tipos de ambientes. Las abreviaturas son las mismas que las de los cuadros 4 y 5

	Fito.total		Bacillar.		Euchlor.		Cyanoph.	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
Todas las muestras	1,20	71	1,74	80	0,46	79	0,58	107
Cauces secundarios	1,45	87	1,62	87	0,55	95	0,43	41
Trib. margen derecha	1,48	33	2,30	87	0,37	36	0,96	134
Trib. margen izquierda	0,96	30	2,38	59	0,41	42	0,23	27
Cauce principal	0,78	27	1,07	26	0,42	68	0,49	39

	Crypto.		Eugleno.		Dinoph.	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
Todas las muestras	0,50	43	3,10	30	4,10	135
Cauces secundarios	0,42	47	2,97	45	6,30	145
Trib. margen derecha	0,74	24	3,30	26	2,68	17
Trib. margen izquierda	0,53	29	3,10	8	2,98	1
Cauce principal	0,41	40	2,80	8	-	-

### E. Diversidad específica

La diversidad específica fluctuó entre 2,8 y 4,4 bits/cél. ( $\bar{x} = 3,5$  bits/cél. y  $CV = 13\%$ ). Fue menor, en promedio, en el cauce principal (3,2 bits/cél.) y ligeramente mayor en los cauces secundarios (3,4 bits/cél.), tributarios de la margen derecha (3,6 bits/cél.) y de la izquierda (3,9 bits/cél.). A lo largo de los dos ríos analizados en varios puntos (cauce principal y San Javier), la diversidad aumentó hasta la zona comprendida entre La Paz y Hernandarias para el primero y hasta un punto de similar latitud (Saladero Cabal – Helvecia) para el segundo; luego la diversidad disminuye.

El componente de equitatividad presentó valores similares y elevados en el cauce principal y en los tributarios de la margen izquierda ( $\bar{x} = 0,87$  y 0,8, respectivamente) y algo más variables pero con promedio semejante (0,8) en los otros dos grupos de ambiente.

### F. Análisis de similitud.

El resultado de la aplicación del coeficiente de Steinhaus a las concentraciones de algas y su posterior agrupamiento se presenta en un dendrograma (fig. 2) que permite discriminar 3 grupos de muestras que, con algunas diferencias, coinciden con la clasificación geomorfológica :cauce principal, secundarios y tributarios. Los porcentajes de similitud fueron bajos

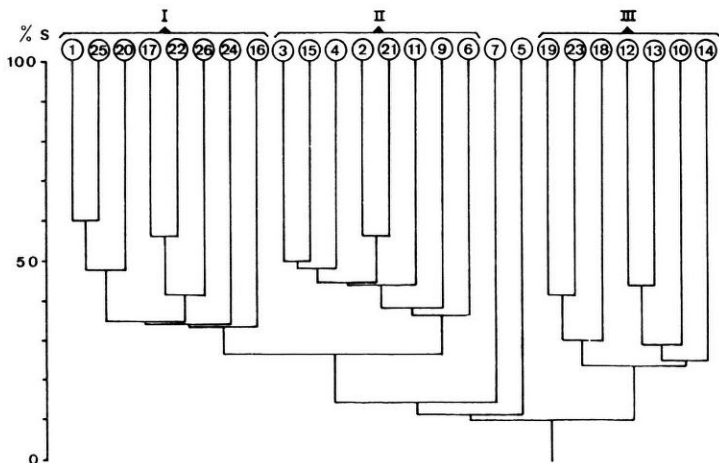


Figura 2. Dendrograma de similitud sobre la base de los coeficientes de Steinhaus entre muestras, utilizando como descriptores las concentraciones de 117 algas.

debido a que se utilizaron muchos descriptores (117) que se presentaron en muchas combinaciones y con distinta concentración.

Las muestras se agruparon de manera parecida cuando se aplicó el coeficiente de Gower (fig. 3). Los porcentajes de similitud resultaron comparativamente altos ya que se utilizaron menos descriptores (12), los cuales estuvieron siempre presentes.

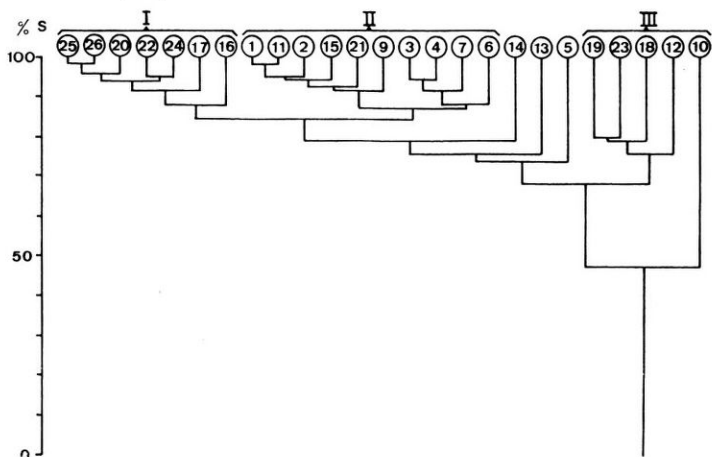


Figura 3. Dendrograma de similitud sobre la base de los coeficientes de Gower entre muestras, utilizando 12 descriptores ambientales y propios del fitoplancton.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

El análisis comparado de la información obtenida sobre el potamofitoplancton del sector estudiado durante un período de aguas altas, con respecto a aguas medias en el mismo tramo<sup>7,9</sup> y a otros trabajos en la zona<sup>1-6,8,17-19</sup>, pone de manifiesto las características de los distintos tipos de ambientes así como las tendencias de los cambios al variar las condiciones ambientales.

Las principales modificaciones en los parámetros físicos y químicos evaluados, con respecto a la campaña anterior, pueden resumirse como aumento de caudal y transparencia y disminución de pH, conductividad y oxígeno disuelto. El cauce principal se apartó de esta generalización por experimentar una reducción en la transparencia, característica que ya fuera señalada<sup>3-6</sup>.

Otro carácter diferencial entre las dos campañas lo constituye la mayor fluctuación de los parámetros ambientales en cada tipo de cauce; los coeficientes de variación aumentaron de manera significativa, especialmente en los tributarios. La mayor heterogeneidad ambiental al aumentar el caudal, contradice la repetida observación sobre la tendencia a la homogeneidad de las variables al aumentar el flujo.

En lo que respecta a los cambios a lo largo de los ríos Paraná y San Javier, se manifiesta un comportamiento diferente. En el cauce principal aumenta la conductividad y ligeramente el pH aguas abajo con altos niveles hidrométricos, en concordancia con lo señalado para grandes ríos<sup>1,4</sup>, mientras que la transparencia fluctúa sin una determinada tendencia. El río San Javier presenta un aumento en la transparencia y una disminución en la conductividad bajo las dos condiciones hidrológicas y pH más ácidos en aguas altas, aguas abajo.

En lo relativo al fitoplancton y con respecto a la campaña anterior se amplía el espectro de algas en 23 especies (compárese el cuadro 2 de aguas medias<sup>7</sup> con el 3 de este trabajo). La riqueza específica total aumentó de 109 a 117 taxones.

También se extiende el rango de variación en la concentración del fitoplancton total, con registros que superan el máximo conocido (3348 cél./ml<sup>7</sup>) : 3950 cél./ml (río San Javier, frente a Helvecia), 3604 cél./ml (río Corriente) y 4770 cél./ml (arroyo del Ombú). El promedio general de las concentraciones resultó, sin embargo, menor (1130 cél./ml contra 1300 cél./ml, en aguas medias) y con mayor dispersión de los valores (CV = 121 0/o contra 59 0/o). El cauce principal presentó el menor valor promedio (222 cél./ml) y los tributarios de la margen izquierda el mayor (2378 cél./ml).

Tanto el cauce principal como los secundarios presentaron concentraciones significativamente menores en la segunda campaña, como consecuencia del proceso de dilución que se opera normalmente en los ríos al aumentar el flujo<sup>14</sup>. No obstante, no fueron tan bajas como era de esperar en relación a estudios anteriores<sup>3,5,6,17,18,19</sup> debido, seguramente, a la influencia favorable de otros factores ambientales entre los cuales debe haber jugado un papel fundamental el prolongado período de temperaturas relativamente elevadas (diciembre/1981 - marzo/1982). Los valores encontrados son similares a los registrados en la misma época (marzo/1982) en el centro del cauce principal del Paraná frente a las localidades de Goya y Esquina<sup>4</sup> y a 2,7 km de la ciudad de Paraná<sup>1</sup>.

En cambio, los cauces tributarios cuyos regímenes hidrológicos no coinciden con el del río Paraná y además, como en este caso son de bajo caudal, presentaron concentraciones variables y poco relacionadas con el flujo. El rango de variación de la densidad del fitoplancton en las dos campañas (405 - 3604 cél./ml) supera holgadamente al señalado para tres de ellos<sup>18</sup> (200 - 350 cél./ml), debido seguramente a la existencia de condiciones ambientales más favorables.

Las algas más abundantes fueron las correspondientes a las Clases bacillariophyceae y Cryptophyceae, tanto en el cauce principal como en los secundarios en las dos campañas, pero con un mayor porcentaje de participación de la segunda en aguas altas en perjuicio de la primera.

En los tributarios de la margen derecha las Cryptophyceae pasan a ser dominantes en aguas altas y en los de la izquierda comparten la dominancia con las Euchlorophyceae, desplazando a las Bacillariophyceae.

En conclusión, se puede expresar que durante el período de aguas altas se registra, en general, una mayor participación de Cryptophyceae y una menor de Bacillariophyceae, advirtiéndose porcentajes más parecidos de las Clases más abundantes :Bacillariophyceae, Cryptophyceae y Euchlorophyceae.

La importancia cuantitativa de las Bacillariophyceae, generalmente dominantes en las aguas lólicas del Paraná, también se señala para numerosos ríos del mundo, destacándose las formas céntricas (principalmente *Melosira* y *Cyclotella*) que se multiplican y sedimentan rápidamente<sup>14</sup>. En este estudio se encontraron normalmente presentes, en buena concentración : *Melosira granulata*, *M. distans* y *Cyclotella striata*.

Las Euchlorophyceae, que ocupan el segundo o tercer lugar en orden de abundancia, caracterizan también de igual forma al fitoplancton de muchas aguas lólicas, especialmente las de pequeño tamaño y durante el período estival<sup>14</sup>. En esta campaña se encontraron con mayor frecuencia y constancia : *Scenedesmus ecornis*, *Monoraphidium irregulare*, *M. minutum*, *Dictyosphaerium ehrenbergianum* y *Chlamydomonas* sp. pl.

La ubicación de las Cryptophyceae entre las tres Clases numéricamente más importantes ha sido señalada para distintos tipos de cauces del Paraná medio<sup>1,8</sup> y para la cuenca del río Saladillo, un antiguo valle aluvial del Paraná<sup>2</sup>. No obstante, en otros estudios sobre el cauce principal del Paraná medio<sup>4,5</sup> las Cryptophyceae constituyen una pequeña fracción del fitoplancton, siendo reemplazadas por las Cyanophyceae. Es probable que la mayor importancia, a veces dominancia, de las Cyanophyceae en determinados períodos aguas arriba, sea debida al aporte de las aguas embalsadas en el Alto Paraná y sus tributarios en donde encontrarían condiciones favorables para su desarrollo, como se indica en los trabajos mencionados.

La comparación entre las dos campañas, efectuada sobre la base de las 20 entidades específicas y 2 supraespecíficas más abundantes (fig. 1), permite expresar, sintéticamente, que durante el período de aguas altas existió una mayor concentración de las especies representativas de Pyrrophyta y Euglenophyta y una menor de Euchlorophyceae y Bacillariophyceae.

Con respecto a la biomasa total, los resultados coinciden con lo expresado para la concentración de células en las dos condiciones hidrológicas. Además, se advierte en aguas altas una mayor participación de la biomasa de Euglenophyceae, Cryptophyceae y Dinophyceae y una menor de Bacillariophyceae, Euchlorophyceae y Cyanophyceae. No obstante,

Bacillariophyceae continúa siendo la Clase de biomasa dominante en los cauces principal, secundarios y tributarios de la margen izquierda. Los resultados obtenidos están en el orden de los indicados para el Paraná medio en un trabajo anterior<sup>9</sup>, en el que fueron ampliamente discutidos en relación a la literatura mundial.

La diversidad específica y su componente de equitatividad presentaron valores más homogéneos en la segunda campaña y promedios similares en los distintos tipos de cauces bajo las dos condiciones hidrológicas, excepto en los secundarios en los que se advierte un aumento en la diversidad media (2,89 a 3,42 bits/cél.) y en la equitatividad (0,6 a 0,8) en aguas altas.

El comportamiento de estas variables en los cauces del Paraná medio estudiados en forma intensiva<sup>1,6,19</sup> es coincidente, presentando los valores más elevados durante los períodos de aguas bajas o altas (relativamente estabilizadas) y los menores en el transcurso de fluctuaciones más o menos marcadas del nivel hidrométrico dentro de los límites de aguas medias.

La distribución longitudinal del fitoplancton en los dos cauces analizados en varios puntos presenta características diferentes. En el río San Javier se observan marcadas fluctuaciones numéricas, en la diversidad y en su componente de equitatividad, así como en la estructura, a consecuencia de cambios en las condiciones ambientales y de aportes exógenos. Así, por ejemplo en aguas altas frente a Helvecia, se observaron delgados filamentos de *Mougeotia* y algunas desmidiaceas, provenientes probablemente de zonas litorales y, frente a San Javier, se registró una apreciable concentración de *Synura echinulata* y *Dinobryon sertularia*, especies que normalmente hacen un pulso breve en los ambientes leníticos de la zona.

En el río Paraná se desarrolla un fitoplancton fluvial genuino, con una estructura que permanece (con ligeras variaciones estacionales) y fluctuaciones menores de otros parámetros propios como consecuencia de una mayor estabilidad de las condiciones ambientales. Los resultados del tramo analizado muestran una tendencia a volver aguas abajo (Diamante) a los valores iniciales (Goya), con máximo en Esquina (aguas medias) o en Hermandarias (aguas altas). Otros estudios señalan un decrecimiento de las concentraciones a partir de Corrientes (tramo Corrientes - Esquina<sup>4</sup>) o valores más fluctuantes y bajos en los primeros 230 km (Corrientes - Goya) que en el tramo siguiente (Goya - Diamante<sup>18</sup>).

La parcialidad de los resultados obtenidos hasta el presente, tanto en lo relativo al espacio (tramo del cauce principal, cauces secundarios y tributarios) como al tiempo (momento hidrológico), hacen deseable la realización de investigaciones extensivas en los diversos pótamos de todo el Paraná medio durante los períodos característicos del régimen hidrológico. Estos estudios permitirán, seguramente, interpretar el papel que juegan los distintos cauces componentes y sus tributarios en un ecosistema de arquitectura tan compleja como es el Paraná medio.



## REFERENCIAS

1. Anselmi de Manavella, M.I. 1985. Estudios limnológicos en una sección transversal del tramo medio del río Paraná. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* (en prensa).
2. Anselmi de Manavella, M.I. y M.O. García de Emiliani, 1985. Fitoplancton. *En: Informe sobre la cuenca del río Saladillo. INALI. Santo Tomé*, p.
3. Bonetto, A.A., 1976. Calidad de las aguas del río Paraná. Introducción a su estudio ecológico. *INCYTH-PNUD-ONU. Santa Fe*, 204 p.
4. Bonetto, A.A., Y. Zalocar de Domitrovic y E.R. Vallejos. 1982. Contribución al conocimiento del fitoplancton del Paraná medio. I. *Ecosur*, 9: 189-212.
5. Bonetto, C.A.; Y. Zalocar; P. Caro y E. Vallejos, 1979. Producción primaria del fitoplancton del río Paraná en el área de su confluencia con el río Paraguay. *Ecosur*, 6: 207-227.
6. García de Emiliani, M.O. 1981. Aspectos ecológicos de las interrelaciones lenfítico-lóxicas en el valle de inundación del Paraná medio: Fitoplancton (p. 20). *En: I Jornadas Ciencias Naturales del Litoral, Resúmenes. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, Sto. Tomé, Sta. Fe.* (64 p.).
7. García de Emiliani, M.O. 1981. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya - Diamante. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 12: 112-125.
8. García de Emiliani, M.O. y N. M. Perotti de Jorda, 1982. Ecología del fitoplancton en el valle aluvial del Paraná medio (p. 25 - 66). *En: Estudio ecológico del río Paraná medio (Informe II a A y E, 1a. Parte). INALI. Santo Tomé*, 135 p.
9. García de Emiliani, M.O. y M.I. Anselmi de Manavella, 1983. Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya - Diamante, II. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 14: 179 - 191.
10. José de Paggi, S., 1983. Estudio sinóptico del zooplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya - Diamante (I parte). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 14: 163 - 178.
11. Koch, L.P., 1957. Index of biotal dispersity. *Ecology*, 38: 145 - 148.
12. Legendre, L. y P. Legendre, 1979. Ecologie numérique. Vol. 2: La structure des données écologiques. *Masson, Paris*, 425 p.
13. Marchese M. y I.D. Ezcurra de Drago, 1983. Zoobentos de los principales tributarios del río Paraná medio en el tramo Goya - Diamante. Su relación con el cauce principal y cauces secundarios. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 14: 95 - 109.
14. Margalef, R., 1983. Limnología. *Omega, Barcelona*, 1010 p.
15. Perotti de Jorda N.M. Pigmentos del fitoplancton en ambientes lóxicos del valle aluvial del río Paraná (tramo Goya - Diamante). *Physis*, (104): en prensa.
16. Sabattini, R.A.; V.H. Lallana y M.C. Marta, 1983. Inventario y biomasa de plantas acuáticas en un tramo del valle aluvial del río Paraná medio. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 14: 179 - 191.
17. Schiaffino, M., 1977. Fitoplancton del río Paraná. I. Sus variaciones en relación al ciclo hidrológico en cauces secundarios de la llanura aluvial. *Physis*, 36: 115-125.
18. Schiaffino de Marta, M., 1981. Campaña limnológica "Keratella I" en el río Paraná medio. Fitoplancton en ambientes lóxicos. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 12: 140-147.
19. Schiaffino de Marta, M., 1981. Datos de fitoplancton del río Paraná medio (Perfil Toma Aguas Corrientes), 1977 - 78. (p. 23). *En: Resúmenes 1as. Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral, Asoc. Cienc. Nat. Litoral, Santa Fe*, 66 p.

Recibido/Received: 28 setiembre 1984