

## CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DEL FITOPLANCTON DEL PARANÁ MEDIO. I.

Argentino A. BONETTO \*, Yolanda Zalocar de DOMITROVIC \*  
y Eugenio R. VALLEJOS

SUMMARY: Contribution to the knowledge of the Middle Paraná river phytoplankton. I.

Structure, population density and distribution of the Middle Paraná River phytoplankton -from Corrientes to Esquina- during a period of 13 months (March 1981 to March 1982) were considered in this paper. Transversal and longitudinal variations experimented by the phytoplankton and its relation with environmental factors, are also discussed.

Qualitative and quantitative sub-superficial samples were monthly obtained in three points of the river (centre, right and left margin) in 4 sampling stations (Corrientes, Bella Vista, Goya and Esquina). Counts were done by the Utermöhl method with an inverted microscope.

The phytoplankton community was dominated by Diatomophyceae (mainly *Melosira granulata* and *M. pseudogranulata*) and Chlorophyceae (mainly *Monoraphidium* spp. and *Scenedesmus* spp.). Among Cyanophyceae, *Raphidiopsis mediterranea*, *Lyngbya limnetica* and *Anabaena spiroides* were the dominant. Euglenophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae and Chrysophyceae were scarcely represented. Variations in the phytoplankton community were related with different contributions of the High Paraná and Paraguay Rivers and the progressive influence in downstream direction of the Middle Paraná floodplain.

### INTRODUCCIÓN

Como es conocido, el río Paraná, en los inicios de su tramo medio -tras la confluencia del Alto Paraná con el Paraguay- presenta marcadas diferencias físicas, químicas y biológicas entre ambas márgenes, en razón de que las aguas del río Paraguay gravitan sobre la margen derecha, en tanto que, por la izquierda, lo hacen las propias del Paraná (Bonetto, A. A., 1976; Bonetto, C. A., *et al.*, 1979; Drago y Vassallo, 1980; Bonetto, A. A. y Lancelle, 1981; CECOAL, 1982).

\* Miembros de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), C.C. 291, 3.400 Corrientes, Argentina.

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325 — 108X	v.9	n.18	pág. 189-212	setiembre 1982
--------	-----------	---------------------	-----	------	-----------------	-------------------

El objetivo del presente trabajo fue el de analizar las variaciones transversales y longitudinales que experimenta el fitoplancton después de la confluencia de ambos pótamos, en un tramo que comprende un recorrido de aproximadamente 300 km, desde la ciudad de Corrientes (a unos 30 km abajo de Confluencia) hasta la localidad de Esquina.

Los estudios realizados durante un periodo de 13 meses (marzo de 1981 a marzo de 1982), corresponden al análisis de la densidad de población e integración específica de la comunidad, su distribución transversal y longitudinal, y los cambios experimentados por la misma en relación a algunos factores ambientales.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio del fitoplancton se establecieron cuatro estaciones de muestreo a la altura de las ciudades de Corrientes, Bella Vista, Goya y Esquina, designadas con las letras A, B, C y D, respectivamente (fig. 1). En cada una de ellas se obtuvieron muestras cualitativas y cuantitativas, de periodicidad mensual, en tres puntos operativos, localizados sobre ambas márgenes -a unos 50 m de la costa- y en el centro del cauce del río. Las muestras cualitativas, recolectadas con una red de 25  $\mu$ m de apertura de malla, fueron fijadas con formol al 4%. Las cuantitativas fueron obtenidas a nivel sub-superficial y fijadas "in situ" con solución de lugol. Para los recuentos se empleó la técnica de Utermöhl (1958), utilizando un microscopio invertido y cámaras tubulares de 5 y 10 cc.

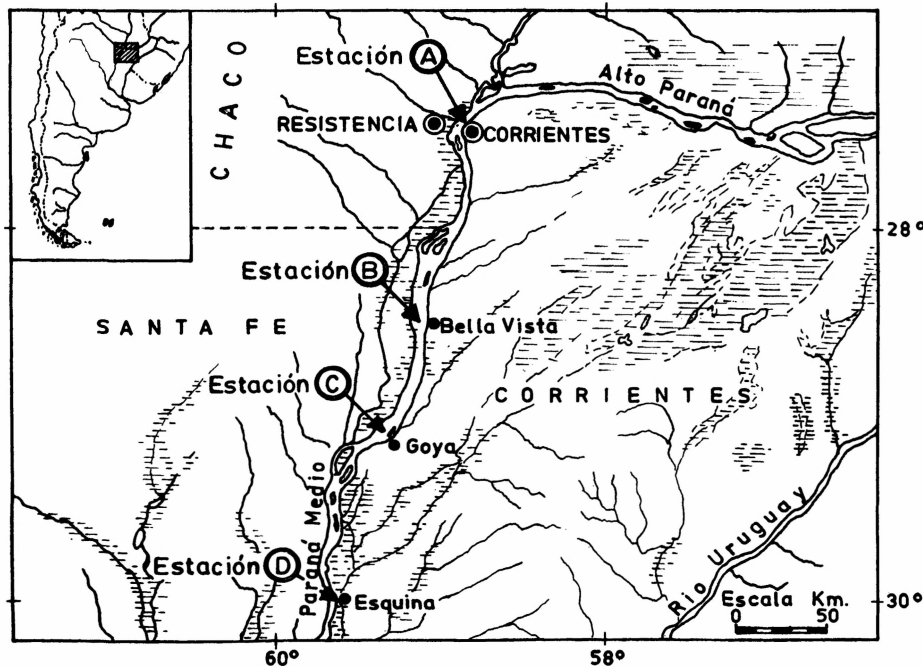


Fig. 1. Ubicación geográfica de las cuatro estaciones de muestreo sobre el Paraná Medio. A: Corrientes; B: Bella Vista; C: Goya; D: Esquina.

Las algas unicelulares fueron referidas a individuos por mililitro (ind/ml); los filamentos de *Melosira*, *Mougeotia* y *Planctonema*, etc., fueron considerados como un individuo por cada 100  $\mu\text{m}$  de longitud, aproximadamente, en tanto que las colonias (grandes y pequeñas) de *Microcystis*, *Aphanocapsa* y *Sphaerocystis* y otras especies también fueron contadas como un individuo.

Paralelamente, se midieron algunos parámetros físicos y químicos tales como temperatura, transparencia del agua, sólidos suspendidos, conductividad, pH, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, sílice y clorofila *a*, cuyas determinaciones fueron proporcionadas en un trabajo anterior (Zalocar de Domitrovic y Vallesjos, 1982).

### ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS

Durante el período estudiado la temperatura del agua osciló entre 15 y 29° C. Su transparencia, medida con disco de Secchi, resultó generalmente baja, variando sus lecturas en un rango comprendido entre 2,5 y 115 cm. La concentración de sólidos en suspensión osciló entre 10,5 y 1 221 mg/l. La conductividad del agua fluctuó entre 35 y 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los valores de pH se mantuvieron próximos al punto neutro, oscilando entre 6,9 y 7,5. La concentración del oxígeno disuelto presentó importantes cambios, variando entre el 64 y 146% de saturación.

En la estación A (Corrientes) la tipología iónica de las aguas de la margen izquierda correspondió al tipo "bicarbonatado-cálcico-magnésico" (Bonetto, A. A. y Lancelle, 1981) al igual que las del Alto Paraná (Maglianesi, 1973; CECOAL, 1977 y E.B.Y., 1979), mientras que las de la margen opuesta fueron ubicadas dentro de los tipos "bicarbonatado-cálcico-sódico" y "bicarbonatado-sódico-cálcico" (Bonetto, A. A. y Lancelle, 1981; CECOAL, 1982). A la altura de Esquina, donde las aguas del río probablemente han completado su mezcla, la tipología iónica fluctúa entre los dos tipos mencionados.

Con respecto a los micronutrientes, los nitratos presentaron un rango de variación entre 0,05 y 0,75 mg/l, mientras que los fosfatos (ortofosfatos) lo hicieron entre 0,03 y 0,62 mg/l. Los valores de sílice reactiva fluctuaron entre 4,5 y 14 mg/l.

La clorofila *a* registró concentraciones que frecuentemente oscilaron entre unos 4 y 18  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , y sólo ocasionalmente superó los 20,0  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (CECOAL, 1982).

### ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON ALGUNOS PARÁMETROS AMBIENTALES

El fitoplancton del Paraná Medio, en el ciclo considerado, presentó una moderada concentración, oscilando su numerosidad entre valores promedio (de los tres puntos operativos de cada estación de muestreo) de 127 (estación D, marzo/81) y 1 258 (estación A, agosto/81).

Como puede apreciarse en las figuras 2 a 5, la densidad de población del fitoplancton experimentó significativas variaciones a lo largo del año, con dife-

rencias considerables en las distintas estaciones operativas, para una misma campaña de muestreos. De tal manera y en términos generales, la mayor densidad de población se registró a la altura de la ciudad de Corrientes (estación A), experimentando una declinación gradual aguas abajo, aunque en Goya (estación C), por lo general, se observó un ligero incremento de la misma (ver tabla I). De tal suerte, los valores mínimos, salvo raras excepciones, fueron registrados en Esquina (estación D).

TABLA I

Promedio de los valores mensuales de la densidad de población del fitoplancton (en ind/ml) en las diferentes estaciones de muestreo.

	Corrientes (A)	Bella Vista (B)	Goya (C)	Esquina (D)
III	1 124	136	200	127
IV	1 146	668	716	298
V	518	152	178	252
VI	1 056	286	596	319
VII	715	893	736	—
VIII	1 258	855	694	647
IX	433	563	397	441
X	1 104	896	623	563
XI	754	700	1 021	534
XII	356	201	154	260
I	506	469	370	287
II	355	281	286	232
III	192	182	227	155

La densidad de población del fitoplancton fue siempre más elevada sobre la margen izquierda que sobre la margen derecha, oscilando entre 124 (Bella Vista, 15/XII/81) y 2 331 ind/ml (Corrientes, 15/VI/81), en la primera, y entre 44 (Bella Vista, 7/III/81) y 944 ind/ml (Corrientes, 9/XI/81), en la segunda.

Las concentraciones más bajas de fitoplancton, tanto a lo ancho como a lo largo del tramo considerado, se observaron a fines de primavera y durante el verano. Los valores máximos registrados sobre la margen derecha en las distintas estaciones de muestreo, coincidieron en producirse en una misma fecha (mes de noviembre de 1981); en cambio, sobre la margen izquierda nunca fueron concordantes, obteniéndose las mayores densidades de población en muestreos diferentes (junio, octubre, noviembre y agosto en las estaciones A, B, C y D, respectivamente).

A la altura de la ciudad de Corrientes (primera estación de muestreo colocada unos 30 km aguas abajo de la confluencia del Alto Paraná y el Paraguay), se observaron notorias disimilitudes en la evolución de la comunidad fitoplanctónica entre ambas costas, registrándose en los distintos muestreos marcadas diferencias en la composición específica y densidad de población.

Aguas abajo, en las restantes estaciones operativas, los cambios experimen-

tados en la densidad de población de la comunidad a lo ancho del cauce, en general, fueron semejantes, a excepción de algunos muestreos realizados en Bella Vista (en mayo y noviembre de 1981 y enero de 1982) y Esquina (en noviembre de 1981 y enero de 1982).

Las marcadas diferencias observadas en el fitoplancton de ambos márgenes de la estación A, estarían determinadas fundamentalmente por la muy clara segregación de las aguas de ambos pótamos: Alto Paraná y Paraguay que, como fuera señalado, se observa en este trecho. Tal circunstancia obliga a tener en cuenta la influencia de este último, así como la de su afluente, el río Bermejo, razón por la cual sus alturas hidrométricas se representan en la fig. 2.

Durante los dos primeros meses de estudio (marzo y abril de 1981), los ríos Paraná y Paraguay se hallaban en niveles moderados, mientras que el Bermejo se encontraba en plena creciente. En marzo, la mayor concentración de fitoplancton se registró a lo largo de la margen izquierda en todo el tramo, siendo máxima frente a la ciudad de Corrientes (estación A), con 1 835 ind/ml. En el muestreo de abril se observó sobre la margen derecha de la primera estación de muestreo (A), la máxima concentración de sólidos suspendidos de todo el período de estudios (con 1 221 mg/l), como así también la mínima transparencia del agua (no superando las lecturas del disco de Secchi los 2,5 cm), pese a lo cual la concentración de fitoplancton experimentó escasas modificaciones sobre la registrada en el mes anterior. En cambio, sobre la margen izquierda, los registros fueron en todos los casos bastante mayores, aunque con tendencia decreciente aguas abajo.

En el muestreo del mes de mayo (realizado después que el Paraná experimentara un considerable pulso de creciente de corta duración, que alcanzó los 5,10 m en el hidrómetro de Corrientes), la densidad de población del fitoplancton disminuyó sobre la margen izquierda a lo largo del trayecto considerado, pese a haberse registrado una disminución de los sólidos suspendidos y un mejoramiento del clima óptico. Sobre la margen derecha, en cambio, la densidad de población no experimentó mayores variaciones con respecto al mes anterior, a excepción de la estación C (Goya), donde se observó una ligera disminución.

En el muestreo de junio, en que el río Paraná se encontraba en aguas medias, permaneciendo su nivel hidrométrico estabilizado alrededor de los 3,40 m, se observó la máxima concentración de fitoplancton de todo el período estudiado, la que fue registrada sobre la margen izquierda de la estación A, con 2 331 ind/ml. Por el contrario, sobre la margen opuesta de la misma estación de muestreo, la numerosidad celular fue menor con respecto al muestreo anterior. Un incremento de la densidad de población, fue observado en ambas costas de las estaciones B y C, mientras que en la D hubo una disminución de la misma.

En julio, cuando las aguas de los ríos Paraná y Bermejo continuaban en bajante y comenzaban a descender paulatinamente las del Paraguay, se notó un incremento de la densidad celular sobre la margen derecha de todas las estaciones de muestreo. Sobre la margen opuesta, por el contrario, la numerosidad fue menor en las estaciones A y C con respecto al muestreo anterior (figuras 2 y 4).

En el muestreo de agosto, cuando los tres ríos se encontraban en variadas fases de estiaje, resultó baja la concentración de sólidos suspendidos (obteniéndose sobre la margen izquierda de la estación A, la menor concentración registrada: 10,5 mg/l), dándose concomitantemente una transparencia más elevada (115 cm de lectura del disco de Secchi, la mayor de todo el ciclo estudiado). Un cierto incremento de la concentración de fitoplancton se registró en ambas márgenes de las estaciones A y D, con variados y poco significativos registros en B y C, encontrándose el máximo de la margen izquierda en A.

Durante los muestreos efectuados en setiembre y octubre, cuando los ríos Bermejo y Paraná se encontraban en estiaje, mientras que el bajo Paraguay continuaba su lenta y gradual bajante, la evolución del fitoplancton, en general, fue similar a lo ancho y a lo largo del cauce, observándose una disminución en el primer mes (setiembre) y un incremento de la misma en el último (octubre), a excepción de la estación C donde se dió un proceso inverso. En el muestreo del mes de noviembre las aguas de los tres ríos permanecieron relativamente bajas. En tal ocasión, sobre la margen derecha y en todas las estaciones de muestreo, se observó un incremento de la numerosidad, dándose entonces el valor máximo registrado para la misma durante el período estudiado (944 ind/ml). Sobre la margen opuesta, en cambio, se produjo una disminución de la densidad celular en la mayor parte de los puntos de muestreo, a excepción de C donde se dió el máximo del período de trabajo (1 193 ind/ml).

En el mes de diciembre, en que los ríos Paraná, Paraguay y Bermejo entran en rápida fase de creciente (este último con sucesivos pulsos de corta duración), hubo un incremento de la concentración de sólidos suspendidos y una disminución de la transparencia del agua, coincidente con una reducción en la numerosidad celular a lo ancho y a lo largo del tramo considerado.

En enero de 1982, cuando las aguas de creciente del río Paraná descendieron un poco para ubicarse alrededor de los 5,55 m (y las del Paraguay comenzaban a descender, mientras que las del Bermejo se encontraban aún en franca creciente), sobre la margen izquierda de todas las estaciones operativas se registró una disminución de concentración de sólidos suspendidos y un aumento de la transparencia del agua y de la densidad celular. Sobre la margen opuesta, en cambio, continuaron aumentando los sólidos suspendidos con reducción de la transparencia del agua y, en general, de la concentración del fitoplancton.

En el muestreo realizado en el mes de febrero, cuando las aguas de los tres ríos se encontraban en diversas fases de creciente, se observó sobre la margen izquierda de la estación de muestreo A (fig. 2) una ligera disminución en la concentración de los sólidos suspendidos y un cierto aumento en la transparencia del agua, registrándose, en cambio, una disminución de la numerosidad de fitoplancton. Aguas abajo, en la última parte del tramo (fig. 5), la concentración de sedimentos fue ligeramente mayor y la transparencia menor, observándose, contrariamente, un ligero incremento de la densidad celular. Sobre la margen derecha, en todas las estaciones de muestreo hubo un aumento de la concentración de sedimentos con la consecuente disminución de la transparencia del agua, observándose en cambio un ligero incremento de la densidad celular.

En el muestreo de marzo, cuando las aguas del Paraguay y Bermejo continuaban en ascenso al igual que las del Paraná -este último, luego de haber experimentado una pequeña bajante-, se dio una disminución de la densidad celular, en ambos márgenes de todas las estaciones de muestreo. Paralelamente, en la primera parte del tramo considerado (estación A: fig. 2), en ambos márgenes se observó un incremento de la concentración de sólidos suspendidos y una disminución de la transparencia del agua con respecto al mes anterior, mientras que en la última parte de dicho tramo (estación D: fig. 5) sobre la margen derecha, hubo una ligera disminución de la concentración de sedimentos, ocurriendo lo inverso en la margen opuesta.

En resumen, la densidad de población del fitoplancton sobre la margen derecha fue baja durante los meses que van de marzo a junio de 1981 y de diciembre de 1981 a marzo de 1982, en coincidencia con el período de creciente de los ríos Bermejo y Paraguay cuyas aguas -como fuera mencionado- se desplazan sobre dicha margen en los inicios del Paraná Medio. La elevada concentración de sólidos suspendidos que el río Bermejo vuelca a las aguas del Paraguay -río cuyo aporte en sólidos suspendidos tiene escasa importancia, resultando menores en aguas altas (Bonetto, C.A., *et al.*, 1981)- durante sus crecientes produciría condiciones desfavorables para la vida y desarrollo del fitoplancton. En el período comprendido entre los meses de julio y noviembre de 1981, cuando ambos ríos (Bermejo y Paraguay) permanecieron en bajante, con reducción de los sólidos suspendidos, se registró una cierta recuperación del fitoplancton, tanto en su densidad de población como en el número de especies que lo integraron.

Sobre la margen izquierda, la densidad de población fue baja durante la creciente estival del Paraná de 1981-1982, observándose una caída de sus valores en el muestreo de mayo de 1981, después que dicho río experimentara un abrupto pico de creciente. En general, la concentración de fitoplancton resultó más elevada que en la otra margen, aunque con importantes fluctuaciones cuando dicho río se encontró en su período de aguas bajas, desde junio a noviembre de 1981.

La disminución de la numerosidad celular sobre la margen izquierda durante los períodos de creciente del río Paraná, correspondería probablemente más a la actuación dilutiva de las aguas que al efecto negativo de los sólidos suspendidos, siendo de señalar que si bien su aporte resulta comparativamente bajo en términos gravimétricos, en razón de su muy reducida granometría, afecta sensiblemente al clima óptico.

Como fuera señalado para el Alto Paraná (Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.*), no se observa una correlación definida entre temperatura del agua y numerosidad del fitoplancton. Los cambios de la densidad de población del fitoplancton estarían regulados fundamentalmente por las fluctuaciones del nivel hidrométrico, y factores dependientes ocultando estos los efectos de la primera. Esto tiene su explicación en el hecho de que los incrementos de la temperatura de las aguas (propicia para el desarrollo algal) coinciden con los períodos de creciente de los ríos, y las más bajas con los estiajes. Teniendo en cuenta sólo los valores extremos de la densidad de población del fitoplancton registrados en el período de estudios, es de observar que la concentración ce-

lular mínima se dió sobre la margen derecha de la estación B, el 17/III/81 (con 44 ind/ml), momento en que la temperatura del agua fue de 26° C, coincidiendo con un período de creciente del río Bermejo (la altura hidrométrica máxima de todo el ciclo estudiado). El pulso máximo de fitoplancton (con 2 331 ind/ml), en cambio, se registró sobre la margen izquierda de la estación A, el 15/VI/81, con una temperatura de 18° C, y cuando el río Paraná se encontraba en aguas medias y estabilizado alrededor de los 3,25 m, en el hidrómetro de Corrientes.

En lo que respecta a la influencia de los principales nutrientes (nitratos y fosfatos) no se observó una relación definida entre sus tenores y la densidad de población del fitoplancton. Por lo general, ambos nutrientes presentaron valores ligeramente más elevados sobre la margen derecha con respecto a la opuesta, a diferencia de los muestreos realizados durante el verano de 1982, en que la concentración de fosfatos fue mayor sobre la margen izquierda. Tales diferencias fueron más marcadas en la primera estación de muestreo (A) que en las restantes, ubicadas aguas abajo, donde se registraron valores más uniformes. Durante el ciclo estudiado, los nitratos no mostraron variaciones de gran magnitud, a excepción de los muestreos realizados en mayo de 1981 y durante el verano de 1982, en que coincidieron con situaciones de baja densidad de población del fitoplancton en ambas márgenes. Los fosfatos, en cambio, fueron más elevados en marzo de 1981 sobre la margen derecha, y febrero y marzo de 1982, sobre la margen izquierda en la estación A, no observándose marcadas diferencias aguas abajo.

En cuanto a la sílice, tampoco se encontró una relación significativa con respecto al número de diatomofíceas. Los valores de sílice obtenidos, por lo general fueron altos y no presentaron mayores variaciones a lo ancho y a lo largo del tramo considerado, registrándose las concentraciones más altas en abril y mayo de 1981 (CECOAL, 1982).

## ANÁLISIS CUALITATIVO

El fitoplancton del Paraná Medio estuvo integrado principalmente y en orden de importancia, por diatomofíceas, clorofíceas y cianofíceas. Las euglenofíceas, criptofíceas, dinofíceas y crisofíceas se encontraron escasamente representadas. El promedio anual (en ind/ml) con el porcentaje de los diferentes grupos en el total de cada una de las estaciones de muestreo, figuran en la tabla II.

### a) *Diatomophyceae*

Las diatomofíceas fueron, en general, las dominantes numéricas del fitoplancton en ambas márgenes y en el centro del río, en tanto que las cianofíceas y clorofíceas resultaron más numerosas sobre la margen izquierda que sobre la opuesta, siendo más frecuentes al finalizar el verano y durante el invierno y la primavera (figuras 6 y 7).

Este grupo estuvo caracterizado por un total de 62 especies, entre las cuales 19 correspondieron a las céntricas y 43 a las pennadas.



TABLA II

Promedio anual (en ind/ml) y porcentaje de los grupos integrantes del fitoplancton en las cuatro estaciones de muestreo del Paraná Medio.

	Corrientes (A)		Bella Vista (B)		Goya (C)		Esquina (D)	
	Ind/ml	%	Ind/ml	%	Ind/ml	%	Ind/ml	%
Diatomophyceae	390	56	282	59	277	59	223	64
Chlorophyceae	199	23	119	21	118	22	73	19
Cyanophyceae	127	16	77	18	70	16	38	14
Euglenophyceae	3	—	2	1	5	1	3	2
Cryptophyceae	21	3	5	1	7	1	3	1
Chrysophyceae	3	1	—	—	1	1	—	—
Dinophyceae	1	1	—	—	—	—	—	—
Total de fitop.	744		485		478		340	

Como puede apreciarse en las figuras 6 y 7, en todas las estaciones de muestreo las diatomeas céntricas fueron más frecuentes y abundantes que las pennadas, pese a lo cual éstas ocasionalmente alcanzaron la dominancia numérica de la comunidad.

Las diatomeas céntricas estuvieron representadas principalmente por el género *Melosira* cuya especie *M. granulata* (con sus variedades y formas) y *M. pseudogranulata*, fueron las más frecuentes y abundantes en todo el tramo considerado.

*Melosira granulata* f. *curvata* y *M. granulata* var. *angustissima* alcanzaron mayor densidad sobre la margen derecha de la estación A (Corrientes), sobre todo en el muestreo de noviembre en que resultaron dominantes. Las especies mencionadas que por lo general se encontraron en porcentajes inferiores sobre la margen izquierda de tal estación, fueron registradas también aguas abajo sobre ambas márgenes de las restantes estaciones de muestreo, junto a *M. granulata* y *M. pseudogranulata*.

Las diatomeas pennadas fueron más numerosas sobre la margen izquierda a la altura de la ciudad de Corrientes (estación A), desde abril a setiembre de 1981, particularmente a través del género *Synedra* (sólo registrado en esta margen), el que fue dominante en el mes de junio. La dominancia de este género en el Alto Paraná, en algunas épocas del año, fue señalado por Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.* Sobre la margen izquierda de las restantes estaciones de muestreo (B, C y D) ubicadas aguas abajo, las diatomeas pennadas del género *Synedra*, fueron registradas en escaso número, disminuyendo su densidad aguas abajo (al igual que sobre la margen izquierda).

*Fragilaria construens* var. *construens* y *Eunotia cf. asterionelloides*, especies frecuentes en las aguas del bajo Paraguay pero no en las del Alto Paraná, fueron registradas sobre la margen derecha de la estación A, y en ambas márgenes de las restantes estaciones de muestreo (B, C y D). Otra especie encontrada -pero en escaso número- sólo sobre la margen derecha de la estación A, fue *Synedra actinastroides*, la que no se registró aguas abajo.

También sobre la margen izquierda de la estación A se encontraron algunas especies no registradas sobre la margen opuesta, tales como *Biddulphia laevis* e *Hydrosera wamphoensis*, las que se observaron también en las aguas del Alto Paraná (Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.*), pero no en las del Paraguay (Bonetto, C. A. *et al.*, 1982).

Entre las especies de diatomeas céntricas comunes en ambas márgenes, además de las señaladas (*Melosira granulata* var. *granulata*, *M. pseudogranulata*, *M. granulata* var. *angustissima* y *M. granulata* f. *curvata*), merecen citarse a *Melosira distans*, *Cyclotella meneghiniana*, *Melosira herzogii*, *M. dickiei*, *Rhizosolenia eriensis* y *Attheya zachariasii*, y entre las pennadas a diversas especies correspondientes a los géneros *Synedra*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Achnantes*, *Suirella*, *Gyrosigma* y *Pinnularia*, entre otros.

#### b) *Chlorophyceae*

Las clorofíceas, frecuentes a principios y mediados del otoño y a fines de invierno-principios de primavera, por lo general, ocuparon el segundo lugar en importancia después de las diatomofíceas, pasando a ser en algunas ocasiones las dominantes numéricas de la comunidad, como en los muestreos realizados sobre la margen izquierda de las estaciones A (20/IV/81), B (14/IX/81), C (17/III/81, 22/IV/81) y D (17/IX/81) y sobre la margen derecha de las estaciones C (17/III/81, 16/IX/81) y D (17/IX/81).

Entre los distintos integrantes de la comunidad, este fue el que registró mayor número de especies. Estuvo caracterizado principalmente por el orden de las Chlorococcales, en tanto que las Volvocales y Zygnematales fueron más escasas y poco frecuentes, coincidiendo con lo ya señalado para el Alto Paraná (Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.*).

Los géneros dominantes entre las Chlorococcales fueron *Monoraphidium* (fundamentalmente *M. contortum*, *M. griffithii*, *M. minutum* y *Monoraphidium* sp.) y *Scenedesmus* (*S. quadricauda*, *S. acuminatus*, *S. smithii* y *Scenedesmus* spp.). Las especies mencionadas (al igual que el resto de las clorofíceas) siempre fueron más abundantes y estuvieron mejor representadas sobre la margen izquierda en la primera parte del trayecto considerado, disminuyendo uniformemente su numerosidad aguas abajo y a lo ancho del cauce (figuras 8 y 9).

Los dos órdenes restantes (Zygnematales y Volvocales) fueron poco numerosos y frecuentes, a excepción de los muestreos realizados en el mes de setiembre donde las *Zygnematales* -con el género *Mougeotia*- resultaron dominantes en la mayoría de las estaciones de muestreo. Como puede observarse en la fig. 8, en dicho muestreo, en ambas márgenes de la estación A, las Chlorococcales fueron más importantes, observándose ya sobre la margen izquierda la subdominancia de las Zygnematales. A partir de Bella Vista (estación B) y en las restantes estaciones de muestreo (C y D), sobre la margen izquierda, las Chlorococcales vinieron a ser desplazadas a un segundo lugar por las Zygnematales del mismo género (*Mougeotia*). Sobre la margen derecha, en la estación B, aún continuaron dominando las Chlorococcales, pero ya las Zygnematales alcanzaron la subdominancia, para pasar a ser dominantes en Goya y Esquina (C y D).

Otras Chlorococcales que se destacaron por su frecuencia de aparición durante el periodo considerado fueron *Schroederia setigera*, *Pediastrum simplex*,

*P. duplex*, *P. tetras*, *Sphaerocystis schroeteri*, *Oocystis lacustris*, *Micractinium pusillum*, *Errerella bornhemiensis*, *Crucigenia quadrata* y *Dictyosphaerium ehrenbergianum*.

Las Zygnematales, en cambio, estuvieron representadas por unas pocas especies, pudiendo mencionarse entre ellas principalmente y en orden de importancia a *Mougeotia* sp., *Staurastrum tectum* var. *ayanense* f. *nana*, *Staurastrum leptocladum* var. *comutum*, *Staurastrum excavatum* var. *planctonicum*, *Staurastrum* spp. y *Cosmarium* spp. y entre las Volvocales a *Chlamydomonas* spp., *Eudorina elegans* y *Pandorina morum*.

#### c) *Cyanophyceae*

Las cianofíceas, que ocuparon el tercer lugar en importancia (después de las diatomofíceas y clorofíceas), estuvieron escasamente representadas durante el período considerado, resultando más abundantes durante el verano y principios del otoño (figuras 10 y 11). Sólo en muy raras ocasiones aparecieron como dominantes numéricas de la comunidad, lo que fue observado sobre la margen izquierda de la estación A en febrero y marzo de 1982, y de la B en abril de 1981.

Este grupo estuvo integrado por 20 especies, donde *Raphidiopsis mediterranea* fue la más numerosa, seguida en importancia por *Lyngbya limnetica* y *Anabaena spiroides*.

Por lo general, la especie dominante (*Raphidiopsis mediterranea*) que resultara más frecuente y numerosa sobre la margen izquierda que sobre la opuesta -al igual que las demás cianofíceas- fue registrada a todo lo ancho y a lo largo del tramo estudiado. Las subdominantes (*Lyngbya limnetica* y *Anabaena spiroides*), en cambio, no se encontraron sobre la margen derecha de la primera estación (A) con la misma frecuencia y numerosidad en que aparecieron aguas abajo, en las restantes estaciones de muestreo.

Como fuera mencionado, el número de cianofíceas disminuyó sobre la margen izquierda, aguas abajo, a diferencia de lo que fuera observado para el Alto Paraná donde pudo registrarse un incremento de las mismas en la dirección de la corriente (Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.*), alcanzando sus valores máximos frente a la ciudad de Corrientes (Bonetto, C. A. *et. al.*, 1979).

Sobre la margen derecha del tramo estudiado (fig. 10), pudo observarse que la densidad poblacional de cianofíceas, así como la cantidad de especies representadas, fueron escasas en la estación A, aumentando un tanto en las restantes estaciones de muestreo (B, C y D), ubicadas aguas abajo. Lo observado sobre la margen derecha de la primera estación (A), donde las cianofíceas por lo general no fueron tan frecuentes y abundantes como en la margen opuesta, se debería a la influencia de las aguas del Paraguay, donde generalmente están pobremente representadas (Bonetto, C. A. *et. al.*, 1981).

#### d) *Otros grupos*

Las euglenofíceas, poco frecuentes en el tramo considerado, estuvieron mejor representadas sobre la margen derecha de la estación A (Corrientes), sobre todo durante la primavera, con las especies *Strombomonas ovalis*, *S. verrucosa* var. *zmiewika*, *S. verrucosa* var. *borystheniensis*, *S. jaculata*, *S. fluviatilis*, *S. gibberosa* var. *longicollis*, *Trachelomonas volvocina*, *T. hispida*, *T.*

*varians*, *T. kellogii*, *Phacus hamatus*, *P. orbicularis*, *Euglena* spp. y *Lepocinclis salina*.

Las criptofíceas, dinofíceas y crisofíceas constituyeron sólo una pequeña fracción del fitoplancton y se caracterizaron por la presencia de los géneros *Cryptomonas* (*Cryptomonas* sp., *C. ovata*) y *Chroomonas* (*Chroomonas* sp. y *C. acuta*) las primeras; *Peridinium* y *Gymnodinium* las segundas, y *Salpingoeca* y *Dinobryon* (*D. sertularia*) las últimas.

### CONSIDERACIONES FINALES

La concentración de fitoplancton en el tramo estudiado del Paraná Medio osciló en el período de trabajos entre 44 y 2 331 ind/ml, siendo por lo general más alta que la señalada para el Alto Paraná (Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.*). Los valores máximos se registraron en la estación A sobre la margen izquierda donde -en lo referente a su integración específica- hubo una escasa similitud entre ambas márgenes, observándose una general disminución en la densidad de población del fitoplancton y una gradual homogeneización del mismo en las estaciones de muestreo ubicadas aguas abajo (Bella Vista, Goya y Esquina).

El fitoplancton estuvo integrado por siete grupos de algas que en orden de importancia numérica fueron: diatomofíceas, clorofíceas, cianofíceas, euglenofíceas, criptofíceas, dinofíceas y crisofíceas. Los tres primeros grupos formaron el grueso de la comunidad, mientras que los restantes sólo fueron escasos y de aparición esporádica.

El grupo dominante fue el de las diatomofíceas, dentro de las cuales las formas concéntricas estuvieron mejor representadas, particularmente a través del género *Melosira* (principalmente *M. granulata* y *M. pseudogranulata*). La dominancia de diatomeas céntricas del género *Melosira* en el río Paraná ya fue señalada por Bonetto, A. A. (1976) y Bonetto, C. A. *et. al.*, (1979) en el Paraná Medio, Schiaffino (1977) en afluentes del mismo y por Zalocar de Domitrovic y Vallejos (1982), para el tramo Alto Paraná.

Es de mencionar también la dominancia ocasional de diatomeas pennadas del género *Synedra*, a igual de lo que fuera observado en el Alto Paraná por Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.* y Schiaffino, *op. cit.*, en afluentes del Paraná Medio, a la altura de la ciudad de Santa Fe, siendo en ese caso *Fragilaria construens* la determinante de los pulsos del fitoplancton.

Las cianofíceas, que en general ocuparon el tercer lugar en importancia, fueron más abundantes en el verano y ocasionalmente alcanzaron a dominar sobre la margen izquierda de las dos primeras estaciones de muestreo (Corrientes y Bella Vista). En cambio, en estudios anteriores realizados en el Alto Paraná, no sólo ocuparon el segundo lugar en importancia, sino que también, en no pocos casos, fueron las dominantes numéricas de la comunidad (Zalocar de Domitrovic y Vallejos, *op. cit.*). Como fuera mencionado en dicho trabajo, la densidad alcanzada por estas algas en el Alto Paraná tendría su explicación en la eutrofización del gran número de lagos de represa construídos en el Paraná Superior y sus tributarios, donde se darían condiciones propicias para su desarrollo.

En términos generales y tal como ocurre corrientemente, se dio una correlación inversa entre las alturas hidrométricas (a su vez dependientes del caudal)

y la concentración celular del fitoplancton. De tal manera, los valores máximos de densidad de población se registraron en períodos de estiaje y de marcada estabilidad en el nivel de las aguas, y los mínimos en condiciones opuestas. Tal hecho se explicaría por el simple papel dilutivo de las aguas de creciente, pudiendo considerarse, siguiendo a Holden y Green (1960) en sus estudios en el río Sokoto, que la cantidad absoluta de algas resultaría esencialmente la misma. Empero, el análisis más detallado de las variaciones de la densidad de población en tales situaciones viene a indicar que esto no sería tan simple, ya que este efecto dilutivo se opera en una comunidad dinámica, donde este proceso -con sus variables asociadas- puede resultar estimulante en términos de complejidad estructural e incremento del número celular (Bonetto, A. A. *et al.*, 1972; Bonetto, A. A., 1975; 1976). De todos modos, como resulta fácil apreciar en las gráficas -así como en diversos trabajos relativos al tema en este río-, la correspondencia entre altura hidrométrica y concentración del fitoplancton presenta importantes variaciones en las distintas fases de los principales movimientos hidrológicos, así como en los períodos en que se producen, lo que indica la necesidad de desarrollar investigaciones adicionales sobre el particular para arribar a conclusiones más objetivas.

Si bien la temperatura del agua constituye un factor importante para el desarrollo del fitoplancton, que tendería al incremento de su densidad, no pudo apreciarse una relación definida, ya que como lo señalan Zalocar de Domitrovic y Vallejos, 1982, sus efectos se verían encubiertos por la dilución derivada del aumento del caudal -y de sus efectos negativos concordantes como el incremento de los sólidos suspendidos y la turbiedad- coincidiendo en el Paraná la elevación de la térmica con los períodos de creciente y su caída con los estiajes, que facilitan la concentración celular.

Por lo general, hubo una buena correlación positiva entre la densidad de población del fitoplancton y la transparencia del agua, pero esta última, como es conocido, se encuentra estrechamente asociada al caudal, de modo que su incremento introduce un importante factor negativo al reducir la transparencia por el aumento de los sólidos suspendidos, que se suma al dilutivo propio de las crecientes. Igualmente, viene a determinar que los valores más elevados de densidad de población se den en estiaje, en etapas de mayor estabilidad hidrométrica.

No se observó una relación significativa entre la densidad de población del fitoplancton y la concentración de nutrientes, notándose en algunos casos una disminución de los nitratos en coincidencia con ciertos pulsos de la comunidad.

De cualquier modo, los estudios realizados plantean situaciones bastantes singulares cual es la disminución de la concentración celular aguas abajo lo cual guardaría relación con el distinto aporte e influencia general de los ríos que concurren a la formación del Paraná Medio (Alto Paraná y río Paraguay), así como de su valle aluvial, con creciente amplitud, complejidad, y gravitación limnológica aguas abajo.

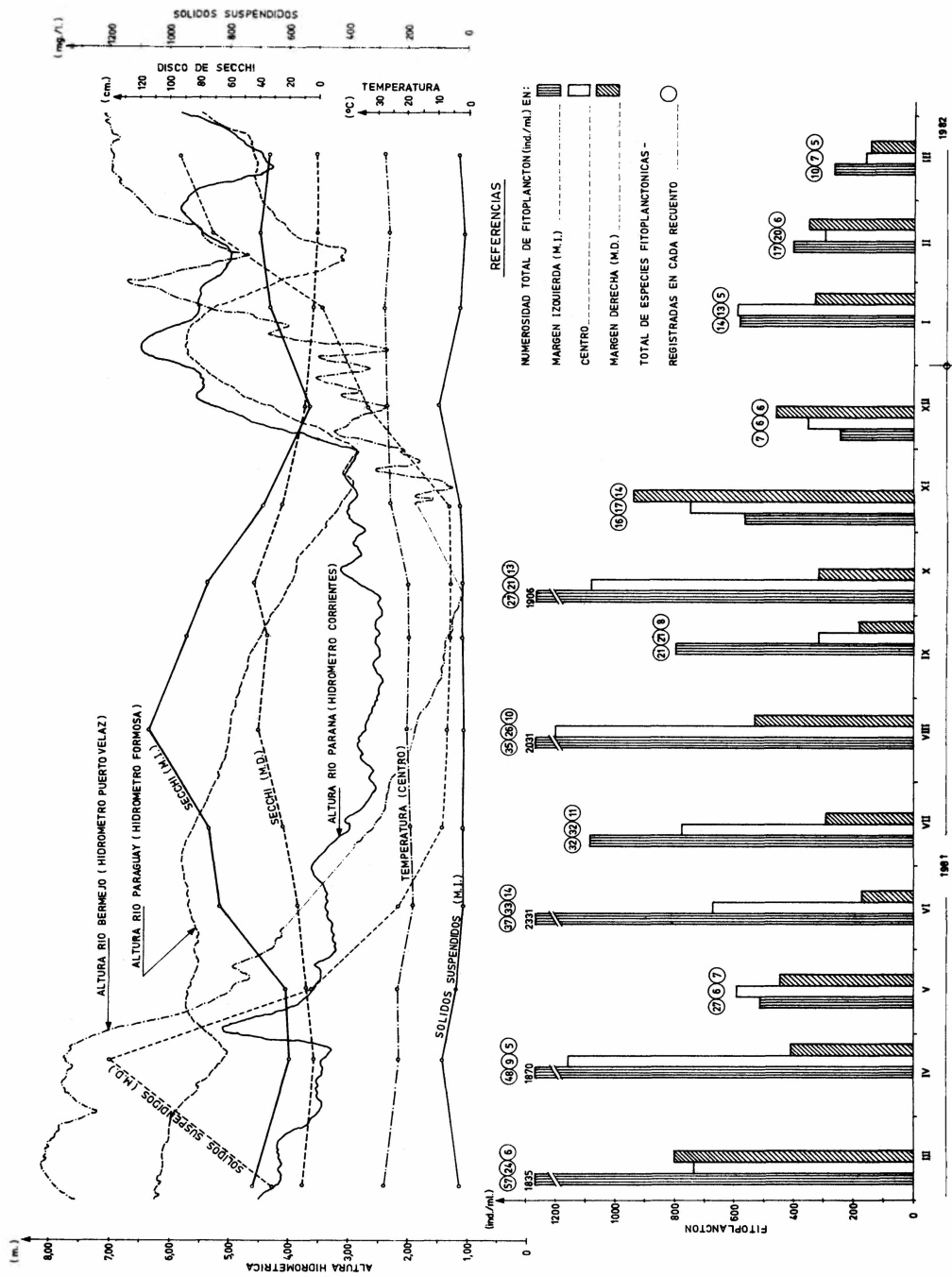


Fig. 2. Variaciones de la densidad de población del fitoplancton y su relación con algunos parámetros hidrológicos en la estación A (Corrientes).

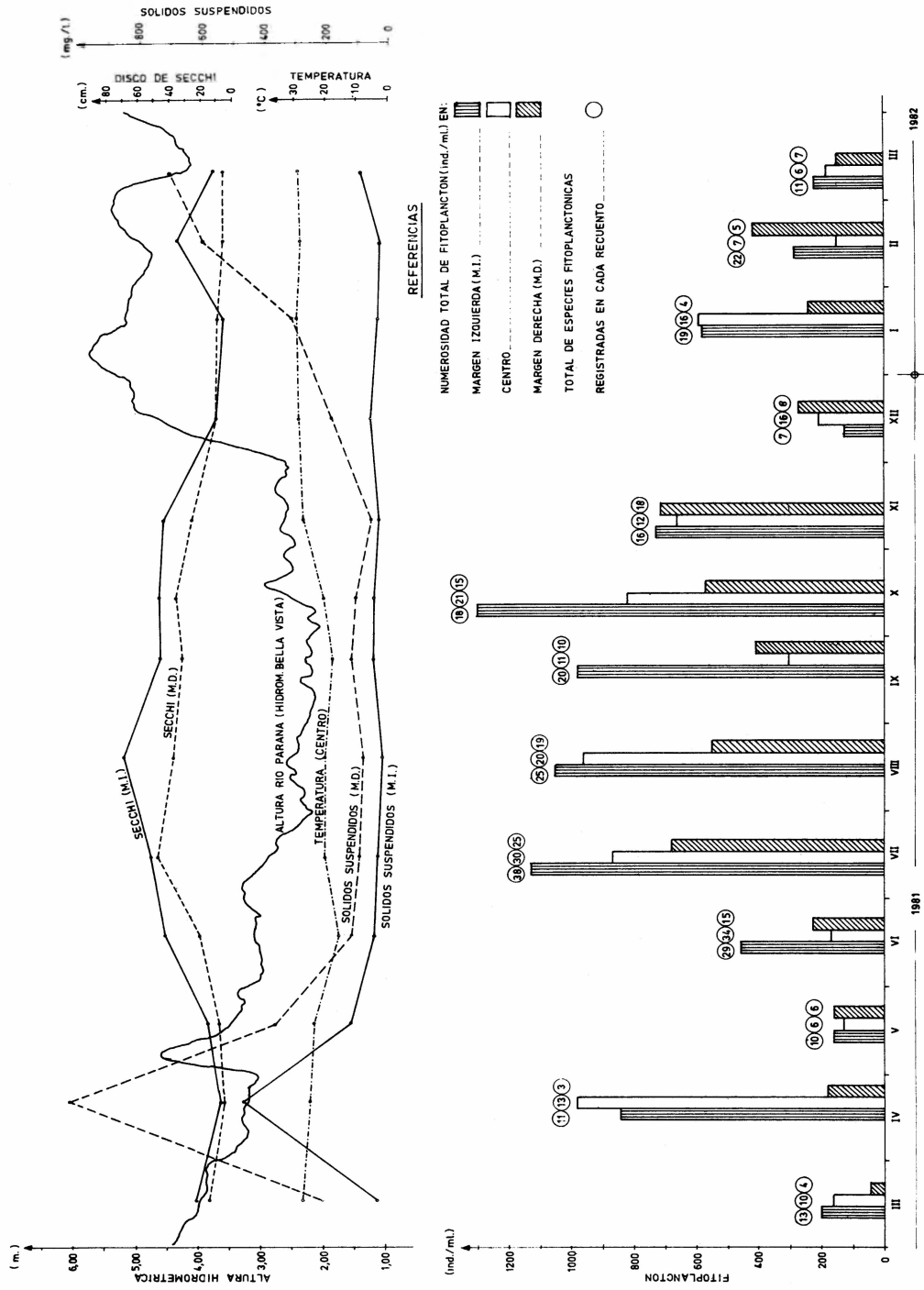


Fig. 3. Variaciones de la densidad de población del fitoplancton y su relación con algunos parámetros hidrológicos en la estación B (Bella Vista).

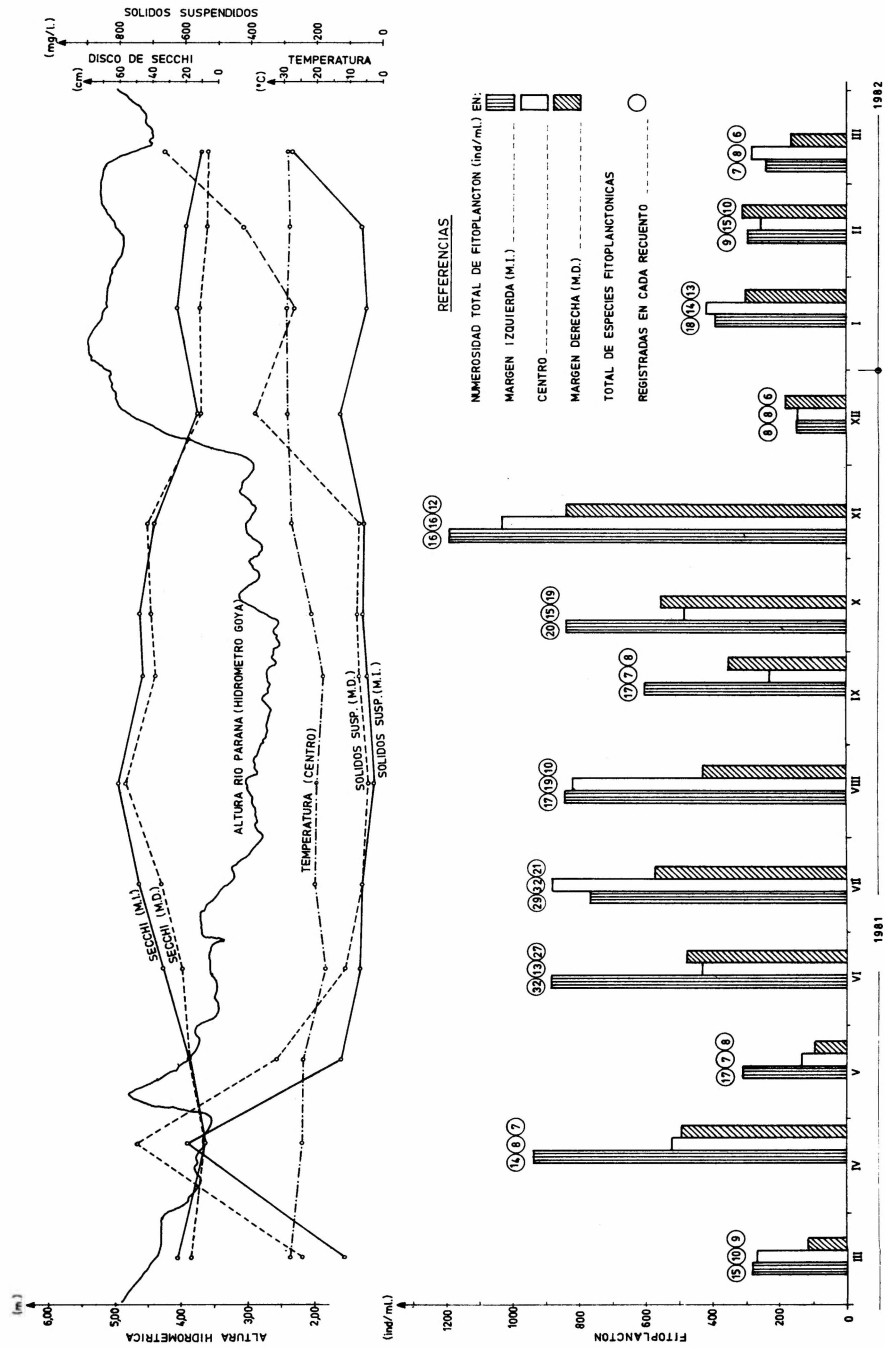


Fig. 4. Variaciones de la densidad de población del fitoplancton y su relación con algunos parámetros hidrológicos en la estación C (Goya).



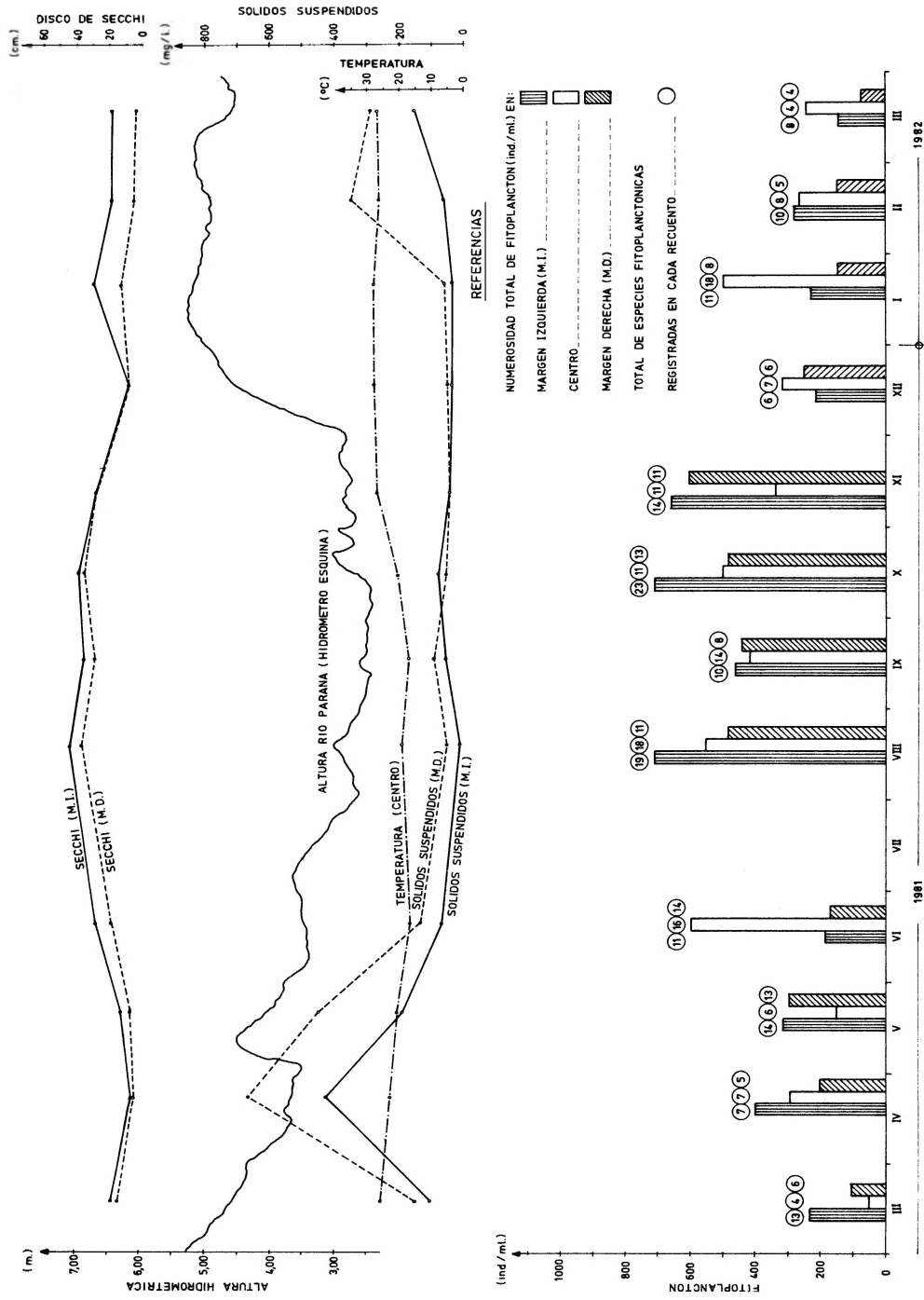
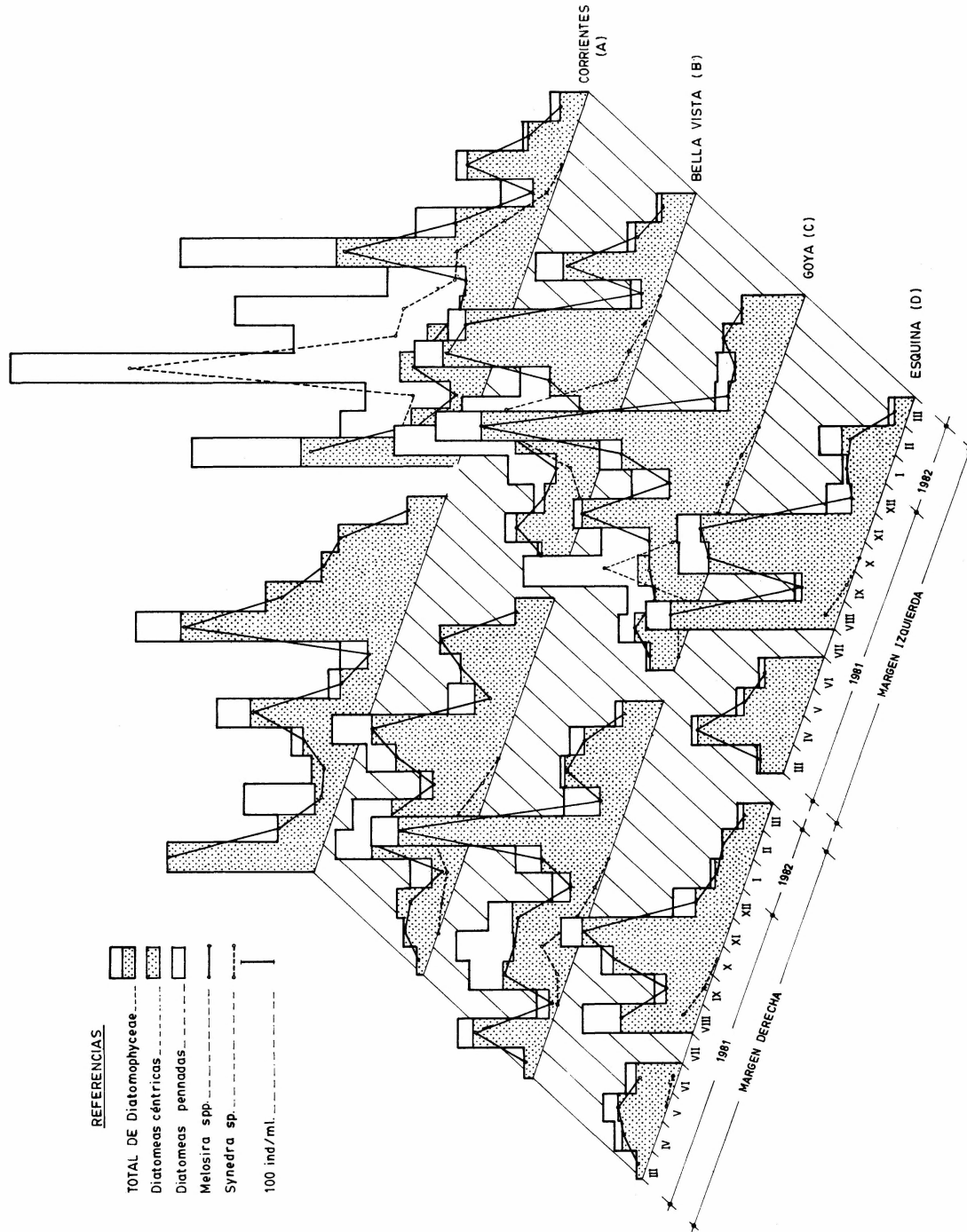


Fig. 5. Variaciones de la densidad de poblacion del fitoplancton y su relacion con algunos parametros hidrologicos en la estacion D (Esquina).



REFERENCIAS

- TOTAL DE Diatomophyceae
- Diatomeas céntricas
- Diatomeas pennadas
- Melosira spp.
- Synedra sp.
- 100 ind./ml.

Fig. 6. Variaciones mensuales y distribución de la diatomofíceas sobre ambas márgenes de cada una de las cuatro estaciones de muestreo del tramo considerado del Paraná Medio.

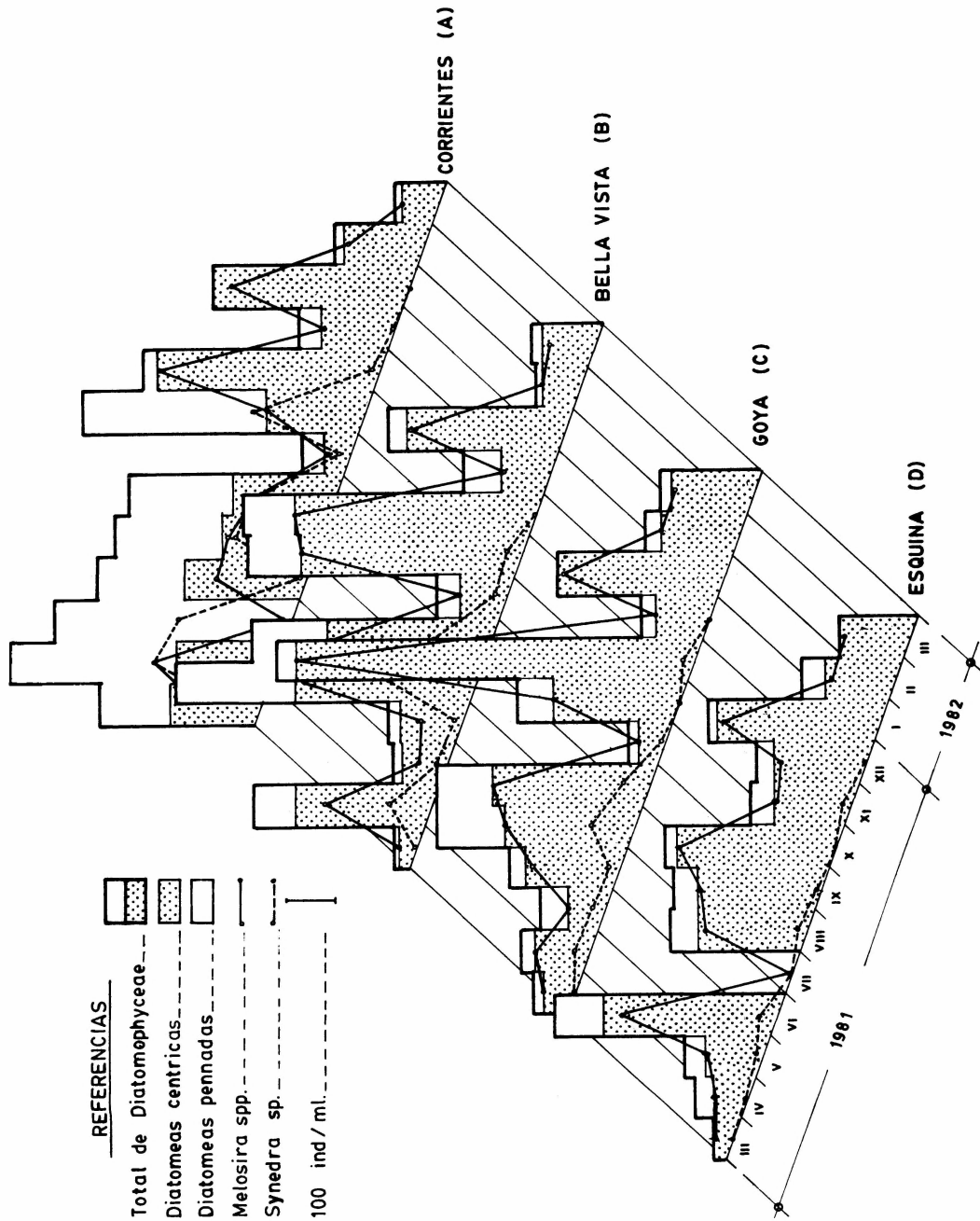


Fig. 7. Variaciones mensuales de las diatomofíceas en el centro del río, en cada una de las cuatro estaciones de muestreo del tramo considerado del Paraná Medio.

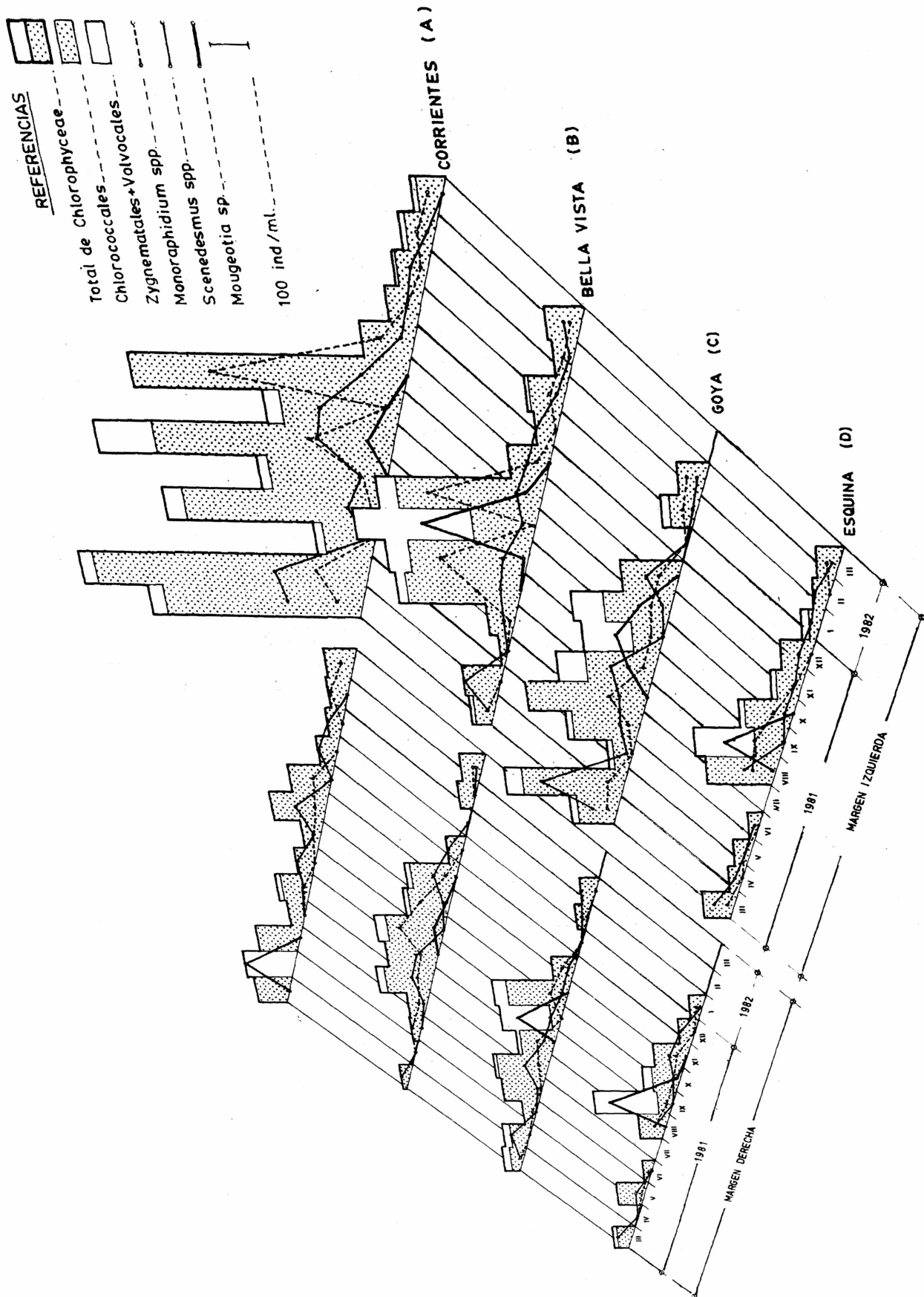


Fig. 8. Variaciones mensuales y distribución de las clorofíceas sobre ambas márgenes de cada una de las cuatro estaciones de muestreo del tramo considerado del Paraná Medio.

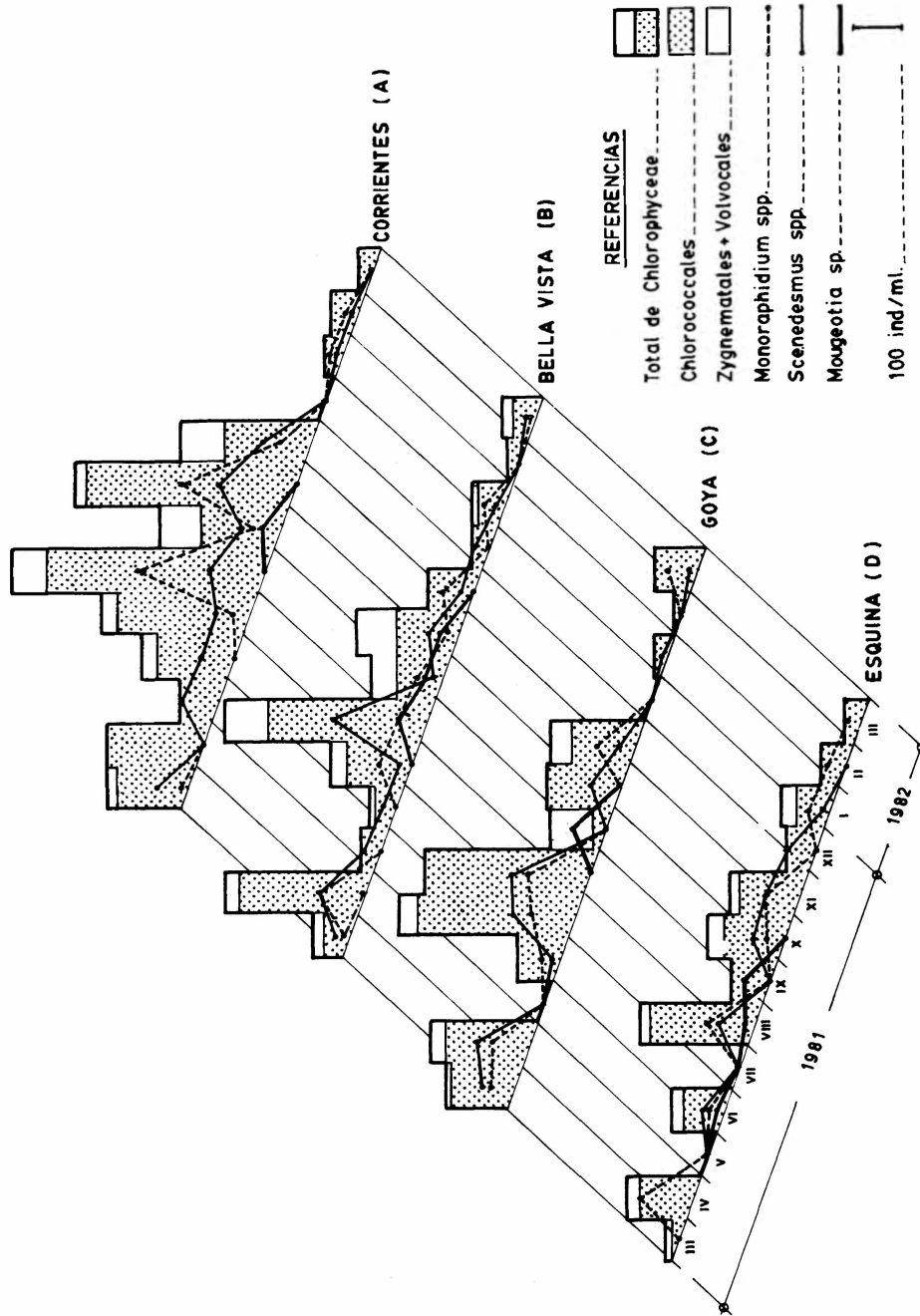


Fig. 9. Variaciones mensuales de las clorofíceas en el centro del río, en cada una de las cuatro estaciones de muestreo del tramo considerado del Paraná Medio.

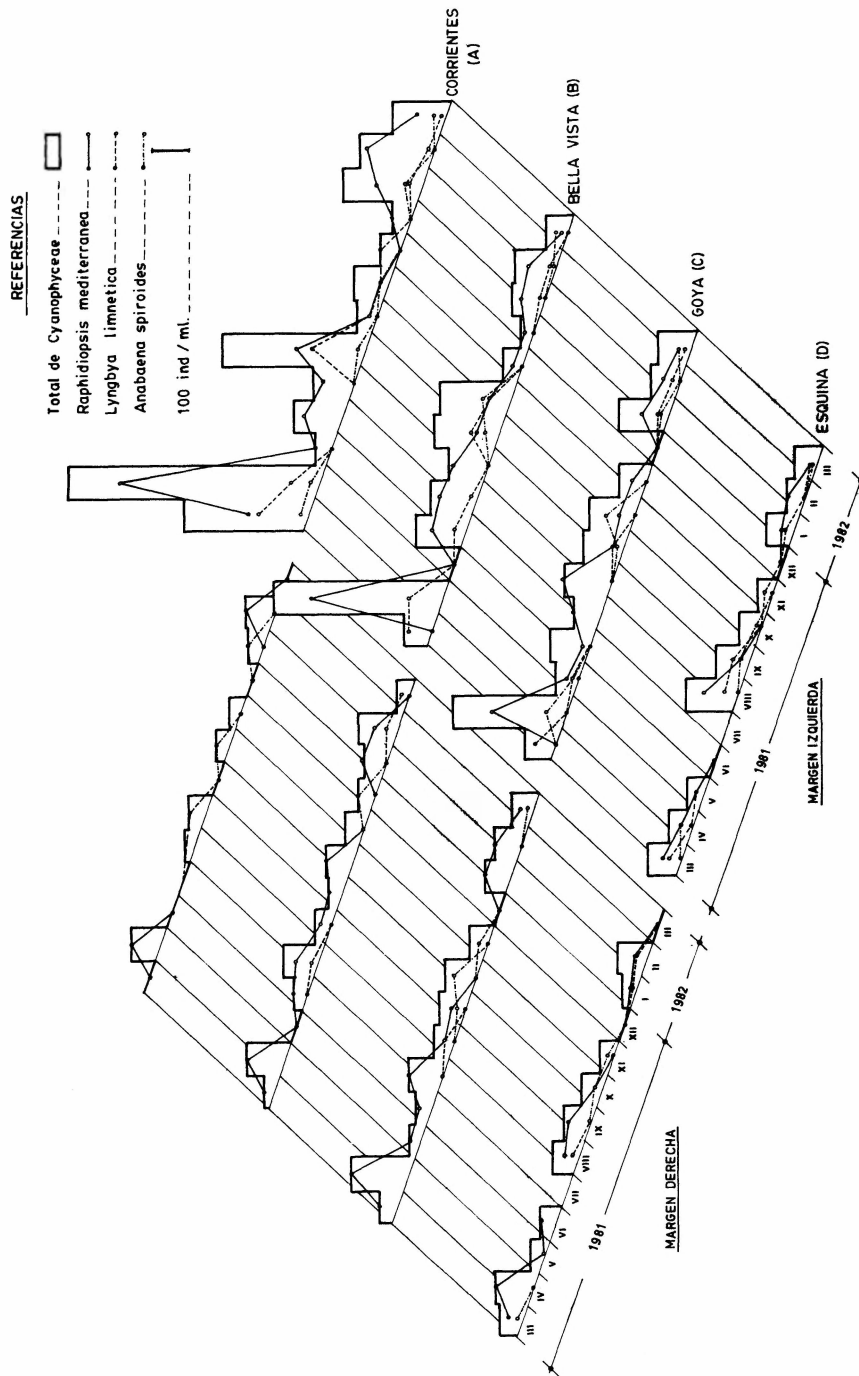


Fig. 10. Variaciones mensuales y distribución de las cianofíceas sobre ambas márgenes de cada una de las cuatro estaciones de muestreo del tramo considerado del Paraná Medio.

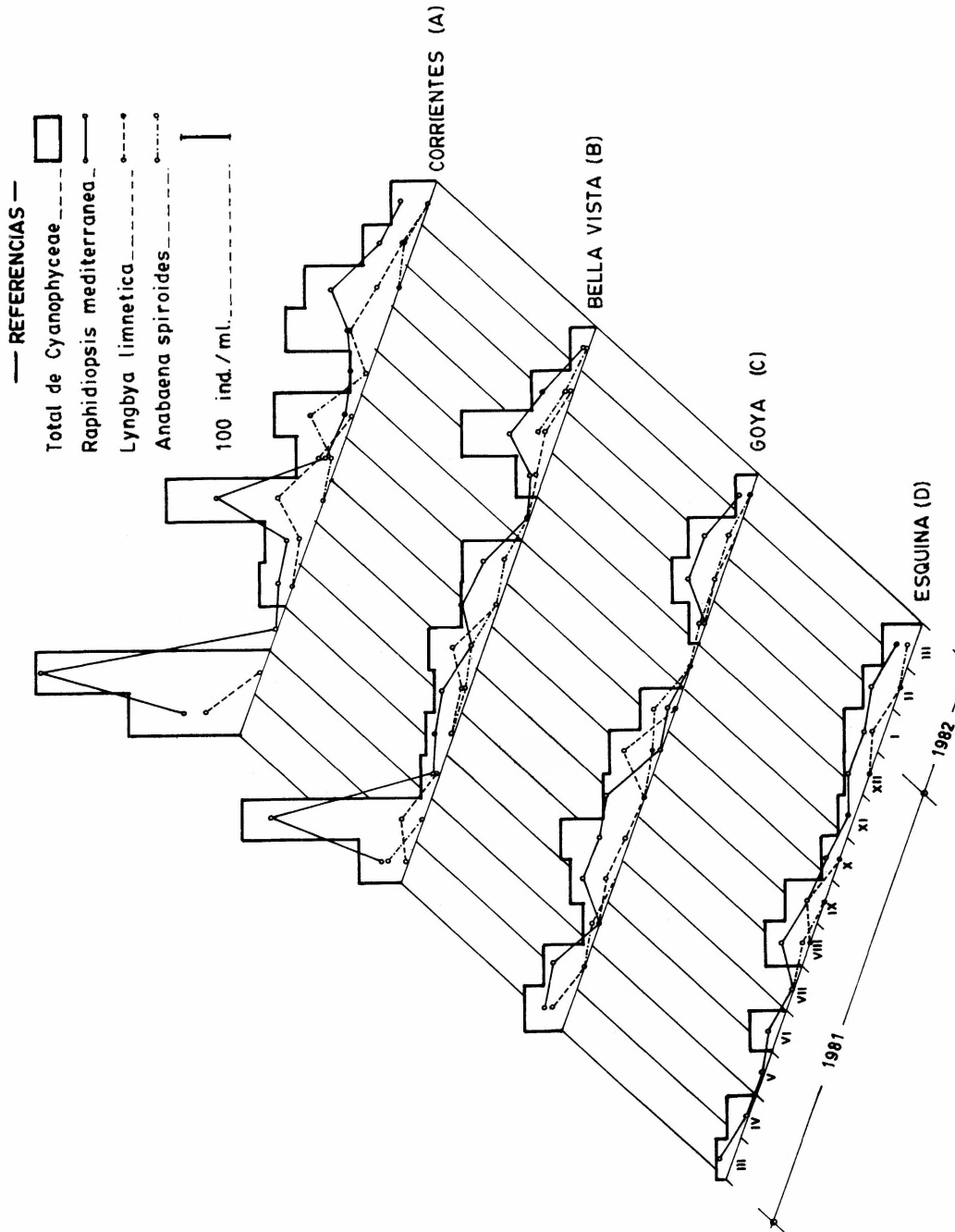


Fig. 11. Variaciones mensuales de las cianofíceas en el centro del río, en cada una de las cuatro estaciones de muestreo del tramo considerado del Paraná Medio.

## BIBLIOGRAFÍA

- BONETTO, A. A. 1975. Hydrologic regime of the Paraná River and its influence on ecosystem. En: Hasler, A. D. (ed.): *Coupling of Land and Water Systems*. Springer Verlag, New York: 175-197.
- 1976. *Calidad de las aguas del río Paraná*. Introducción a su estudio ecológico. INCYTH PNUD-ONU. 202 pág.
- BONETTO, A. A. y LANCELLE, H. G., 1981. Calidad de las aguas del río Paraná Medio. Principales características físicas y químicas. *Comun. Cient. CECOAL* n° 11.
- BONETTO, A. A.; PAGGI, J.; NEIFF, J. J. y GARCÍA de EMILIANI, O., 1972. El ecosistema de nivel fluctuante y fenómenos ecológicos conexos en el Paraná Medio e Inferior. 1ª Reunión Argentina de Ecología, Córdoba (Inédito).
- BONETTO, C. A.; ZALOCAR, Y.; CARO, P. M. y VALLEJOS, E. R., 1979. Producción primaria de fitoplancton del río Paraná en el área de su confluencia con el río Paraguay. *Ecosur* 6(12): 207-227.
- BONETTO, C. A.; BONETTO, A. A. y ZALOCAR, Y., 1981. Contribución al conocimiento limnológico del río Paraguay en su tramo inferior. *Ecosur*, 8(16): 55-88.
- CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA DEL LITORAL, 1977. Estudios ecológicos en el área Yacyretá. Informe de Avance n° 2. Corrientes, Argentina. 204 pág.
- 1982. Estudios ecológicos en el área de embalse del Paraná Medio (Cierre Norte). Tomo I. CECOAL, Corrientes, 266 pág.
- DRAGO, E. y VASSALLO, M. 1980. Campaña limnológica "Keratella I" en el Paraná Medio: Características físicas y químicas del río y ambientes leníticos asociados. *Ecología* 4: 45-54.
- ENTIDAD BINACIONAL YACYRETÁ, 1979. Estudios ecológicos en el área de Yacyretá. Informe de Avance n° 3. Buenos Aires. 153 pág.
- HOLDEN, M. J. y GREEN, J., 1960. The hydrology and plankton of the river Sokoto. *J. Anim. Ecol.*, 29: 65-84.
- MAGLIANESI, R. E., 1973. Principales características químicas y físicas de las aguas del Alto Paraná y Paraguay Inferior. *Physis B* (Buenos Aires), 32(85): 185-197.
- SCHIAFFINO, M., 1977. Fitoplancton del río Paraná. I. Sus variaciones en relación al ciclo hidrológico en cauces secundarios de la llanura aluvial. *Physis B* (Buenos Aires), 36(92): 115-122.
- UTERMÖHL, H., 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mit. Int. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.
- ZALOCAR de DOMITROVIC, Y. y VALLEJOS, E. R., 1982. Fitoplancton del río Alto Paraná: Variación estacional y distribución en relación a factores ambientales. *Ecosur* 9(17): 1-22.