

ESTUDIOS LIMNOLOGICOS EN UNA SECCION TRANSVERSAL DEL TRAMO MEDIO DEL RIO PARANA

X: Distribución estacional del zooplancton *

Susana B. José de Paggi **
Instituto Nacional de Limnología
José Maciá 1933 - 3016 Santo Tomé (Santa Fe)
Argentina

RESUMEN

Se analizó la composición específica, abundancia y biomasa en tres estaciones de la sección, durante cuatro años. Se listó un total de ciento nueve taxa, siendo los rotíferos el grupo dominante cuali y cuantitativamente. Estos estuvieron representados por numerosas especies del género *Brachionus*. La especie más frecuente de Cladóceros fue *Bosminopsis deitersi*. Se registraron pocas formas adultas de Copépodos, siendo en cambio muy numerosas las larvas (nauplio y copepodito).

No se registraron diferencias significativas (ANOVA) entre la abundancia numérica del zooplancton de las tres estaciones. La mayor densidad se observó en primavera con aguas medias bajas y el mínimo en verano con aguas altas. La densidad estaría influenciada básicamente por el nivel del agua, la transparencia y la temperatura. Las muestras se compararon mediante el coeficiente cuantitativo de Steinhaus y se graficó la información mediante el método de "ordenamiento polar", distribuyéndose las muestras según un gradiente térmico e hidrológico.

* Trabajo presentado en una Reunión Científica Especial organizada por la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, Santa Fe, Abril 1983.

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

ABSTRACT

José de Paggi, S. B. 1984. Limnological studies in a cross-section of the Middle reach of Paraná River, X: seasonal distribution of zooplankton. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 15: 135-155

Seasonal variation in the species composition, abundance, biomass in three stations in the Paraná River are described for a four years period (January 1977 - December 1980).

One hundred and nine identified taxa are listed. Rotatoria represent the predominant component in respect to the number of species and the number of individuals.

The most characteristic and predominant species are *Keratella americana*, *K. cochlearis*, *Trichocerca rattus*, *Polyarthra vulgaris*.

The species of genera *Brachionus* are very numerous. Copepoda are represented mainly by larval stages of Cyclopidae and Calanoidae (nauplius and copepodit) *Bosminopsis deitersi* is the most frequent among Cladocera.

There are not significant difference (ANOVA) between abundance of zooplankton from three stations of the profile. Maximum development occurs in the spring, with the lowest water level of the river and the minimum in the summer when the water is highest level. The abundance of zooplankton is influenced mainly by three basic factors: water level, water transparency and water temperature. A comparison of the samples was made with quantitative coefficient of Steinhaus. This information was graphically analysed through the "polar ordination". The samples are distributed according with a termic and hydrometric axis (gradient).

INTRODUCCION

El presente trabajo tuvo por objetivo el conocimiento de la distribución temporal del zooplancton durante un período de cuatro años en una sección del río representativa de su caudal, en función de las variaciones de nivel y factores físicos concomitantes.

Las curvas del movimiento medio anual del río, producto de más de sesenta años de observaciones²⁵ señalan un período de creciente, con alturas máximas en febrero-marzo y un período de bajante a partir de otoño. Este ciclo tipo, como es lógico suponer, no se repite año tras año, sino que se observan modificaciones ligadas al régimen pluvial de la cuenca superior. Teniendo presente estas condiciones, se trató entonces de realizar un estudio de las poblaciones a lo largo de un período que incluyera más de un año, a los fines de determinar mejor sus variaciones en relación con las particularidades de cada ciclo hidrológico.

Cabe señalar que no son muchos los antecedentes sobre el zooplancton del río Paraná, uno de los más largos y caudalosos del mundo. De

los estudios efectuados solo cuatro de ellos consideran el curso principal, en dos se analiza la distribución temporal en el curso superior y medio^{3,21}, en los restantes se investiga la distribución longitudinal en momentos hidrológicos particulares^{12, 13, 17}.

Descripción del área de estudio:

El río Paraná presenta en el kilómetro 603, distante 2,5 km aguas arriba de la ciudad de igual nombre, un ancho aproximado de 600 metros y una profundidad máxima superior a los 200 m. en aguas medias.

Esta sección presenta un caudal medio anual de $14 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y por ella escurre el 85% del volumen total de agua que pasa por el valle de inundación del área, no recibiendo a su vez, influencia de tributarios que modifiquen su calidad⁵.

MATERIAL Y METODOS

Las muestras se obtuvieron quincenal y mensualmente según las condiciones hidrométricas, en tres estaciones: ribera derecha, centro y ribera izquierda, durante el período enero 1977-diciembre de 1980 a 40 cm de la superficie.

En campo se registraron también los principales parámetros físicos, transparencia, temperatura del agua, pH, conductividad y velocidad de la corriente mediante el empleo de disco de Secchi, termómetro, comparador Hellige, conductímetro, molinete hidrométrico y método de flotadores, respectivamente.

Para cada muestra de zooplancton se filtró un volumen de más o menos 100 litros. Estas, en un total de 156, fueron analizadas cuali-cuantitativamente. Las poblaciones fueron estimadas numéricamente por contaje bajo microscopio binocular y en algunas oportunidades, en biomasa (peso seco), conforme a las tablas y constantes de Dumont⁶.

La diversidad específica se estimó según la fórmula de Shannon y Weaver²⁰, el componente equitatividad según Lloyd y Ghelardi¹⁹ y el índice de predominio según Simpson²⁰.

Las medias de abundancia de zooplancton de riberas y centro fueron comparadas mediante el análisis de la varianza con criterio de clasificación simple. Los datos fueron sometidos a la transformación de la raíz cuadrada ya que la logarítmica no permitía obtener el requisito de la normalidad (comprobación efectuada mediante χ^2).

El nivel de afinidad entre los miembros de las asociaciones de Rotíferos fue calculada según el índice de Marczewski-Steinhaus¹¹ (matriz de modo R). Los censos de las muestras del centro del cauce fueron comparados entre sí (Matriz de modo Q) mediante la aplicación del coeficiente de similitud cuantitativa de Steinhaus¹⁸. La información fue analizada gráficamente mediante el método de "ordenamiento polar"² con las variantes introducidas por Beals¹ y Swan y Dix²⁶. El ajuste entre la matriz de similitudes y el esquema gráfico obtenido fue medido como correlación entre los valores del coeficiente de Steinhaus y las distancias, en 70 pares tomados al azar mediante una tabla de números aleatorios.

Para el análisis de las correlaciones se usó el coeficiente de Pearson.

RESULTADOS

Parámetros físicos

Durante los cuatro años se registró un nivel máximo de las aguas del río de 5,91 m (marzo de 1977) y un mínimo de 1,32 m (mayo de 1978). El intervalo de variación del nivel se presenta aquí como un estadístico útil desde el punto de vista ecológico pues nos da la amplitud de fluctuación a la que debieron adaptarse los organismos. Los valores obtenidos son de 4,15 en 1977; 2,59 en 1978; 2,53 en 1979 y 2,70 en 1980. Es decir, el río presentó su mayor fluctuación de nivel durante 1977 (fig. 1).

En cuanto a la transparencia de las aguas, los valores oscilaron para todo el período, en las tres estaciones, entre 8 y 49 cm siendo los valores medios anuales muy similares en las riberas y centro (cuadro 1). Anualmente la mayor transparencia de las aguas se registró durante septiembre-octubre, coincidentemente con la menor concentración de sólidos en suspensión⁴.

Los valores de velocidad de las aguas fueron siempre más altos en el centro del cauce, oscilando entre 0,56 y 1,67 m/s y entre 0,10 - 1,13 y 0,09 - 0,61 m/s, en las riberas derecha e izquierda respectivamente. Temporalmente los valores más altos se registraron en los períodos de creciente de las aguas, mediados y fines del verano.

Cuadro 1

Valores medios (X) y coeficientes de variación (CV) de los parámetros físicos, densidad y diversidad específica del zooplancton en las estaciones centro y riberas.

ESTACION CENTRO	1977		1978		1979		1980	
	X	CV	X	CV	X	CV	X	CV
TEMPERATURA (°C)	22,4	19	21,2	24	21,3	22	22,4	23
TRANSPARENCIA (Secchi en cm)	24,7	51	22,6	54	23,6	52	29,2	45
VELOCIDAD DE CORRIENTE (m/s)	1,2	25	1,2	25	1,3	22	1,1	25
ZOOPLANCTON (indiv./m ³)	13.110	119	39.439	132	11.430	76	21.560	85
DIVERSIDAD ESPECIFICA (bits)	2,9	26	2,4	26	2,3	21	2,8	10
ESTACION RIBERA DERECHA								
TRANSPARENCIA (Secchi en cm)	21,5	45	22,2	53	24,2	53	29,6	42
VELOCIDAD DE CORRIENTE (m/s)	0,5	55	0,3	41	1,4	14	0,5	39
ZOOPLANCTON (indiv./m ³)	15.380	187	24.240	142	10.670	82	26.700	113
DIVERSIDAD ESPECIFICA (bits)	2,6	30	2,4	37	2,6	20	2,9	17
ESTACION RIBERA IZQUIERDA								
TRANSPARENCIA (Secchi en cm)	25,2	51	22,4	56	23,6	48	29,1	44
VELOCIDAD DE CORRIENTE (m/s)	0,3	36	0,3	48	0,4	29	0,4	21
ZOOPLANCTON (indiv./m ³)	17.900	163	30.760	148	14.890	76	28.660	118
DIVERSIDAD ESPECIFICA (bits)	2,8	29	2,3	26	2,7		2,9	18

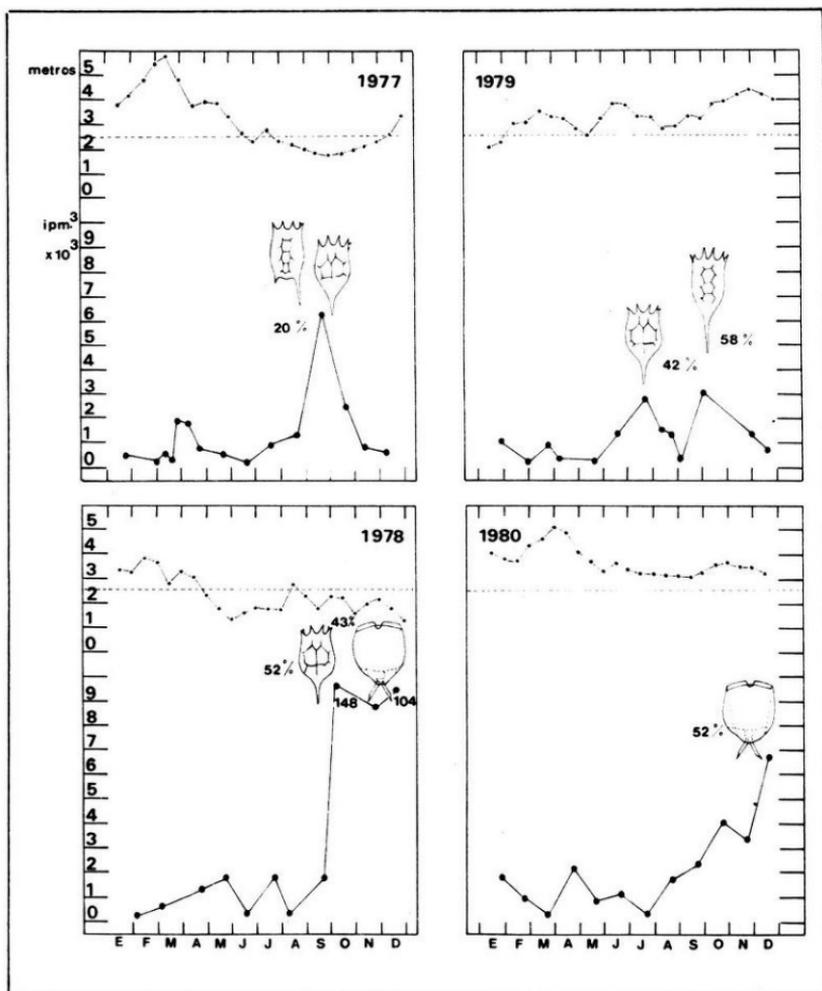


Fig. 1. Variaciones del nivel hidrométrico durante los distintos años, en líneas de puntos se indica el nivel de aguas medias para el puerto de Paraná. Variaciones en el total de abundancia del zooplancton, estación centro. Se señalan las especies dominantes (*Keratella tropica*, *K. cochlearis*, *K. americana*, *Lecane prolecta*) y su porcentaje de participación.

Zooplankton. Análisis cualitativo

El zooplankton estuvo representado por un total de 109 taxa, correspondiendo 77 a rotíferos, 25 a cladóceros y 7 a copépodos (cuadro 2).

Los rotíferos constituyeron la fracción más importante, tanto cualitativa como cuantitativamente, representados por un buen número de familias y siendo considerable la cantidad de especies del género *Brachionus*. El número de taxa fue variable en los diferentes años, registrándose el mayor valor medio en 1977. Se hallaron especies de distribución cosmopolita como *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Brachionus calyciflorus*, otras propias de la región neotropical como *B. mirus voighti* y de regiones templadas y tropicales como *Keratella tropica*, *Ploesoma truncatum*, *B. caudatus f. austrogenitus*, *B. caudatus insuetus*, *B. c. var. personatus* y especies como *Testudinella greeni* y *Wolga spinifera* que fueron halladas por primera vez en Sudamérica¹⁵.

Se observó una asociación representada por *Polyarthra vulgaris*, *K. americana*, *K. cochlearis*, *K. tropica* y *Filinia longiseta*, entre las más importantes. El nivel de afinidad entre los miembros fue diferente según los años (fig. 2).

El análisis temporal de la presencia de las diferentes poblaciones permitió determinar tres grupos: especies anuales, de presencia estacional y de presencia esporádica (fig. 3). Entre las primeras se encuentran *K. cochlearis*, *K. tropica*, *K. americana*, *Polyarthra vulgaris*, *Filinia longiseta* y *Trichocerca rattus*. Entre las segundas *Lecane prolecta*, *Conochilus unicornis*, *Pompholix complanata*, *Collotheca* sp. y *Ploesoma truncatum* se registraron en los meses de primavera-verano, denotando una aparente preferencia térmica. En el último grupo se ubica un abundante número de taxa que, en muy diversa densidad numérica, aparecieron irregularmente en el tiempo. En su mayoría se trata de especies generalmente consideradas como no planctónicas tales como *Mytilina ventralis*, *Tetramastix opoliensis*, *Trichotria tetractis*, *Cephalodella* sp., etc.

Entre los cladóceros se hallaron especies pertenecientes a géneros planctónicos como *Moina*, *Diaphanosoma*, *Bosmina* y *Bosminopsis* y otros frecuentes en comunidades litorales y bentónicas: *Eurycercus*, *Grimaldina*, *Alona*, *Macrotrix*, *Ilycryptus* y *Chydorus*. Entre los copépodos predominaron los calanoides. Pero cabe señalar que la mayoría de los individuos en estos últimos, se hallaron en estadio larval (nauplios y copepoditos) no pudiendo ser identificados a nivel específico.

Cualitativamente las tres estaciones del perfil mostraron grandes semejanzas, sin embargo se registró un porcentaje mayor de crustáceos en las riberas (fig. 4).

La diversidad específica fluctuó entre 0,99 y 3,40 bits con un coeficiente de variación reducido, a excepción de la ribera izquierda en algunos de los años (Cuadro 1). La equitabilidad fluctuó entre 0,20 y 1,20.

El índice de predominio presentó valores, en la mayoría de los casos, inferiores a 50 (fig. 5).

Cuadro 2
Lista de las especies registradas

MUTIFEROS

Ascomopha ecaudis
A. klementi
Aaplancha cf. braggwelli
Brachionus angulatus
B. bidentata
B. budapestinensis
B. caudatus f. austrogenitus
B. caudatus caudatus
B. caudatus f. insuetus
B. caudatus var. personatus
B. calyciflorus
B. dolabratus
B. falcatus
B. havanensis
B. mirus vogli
B. patulus patulus
B. patulus var. macracanthus
B. plicatilis
B. quadridentatus mirabilis
B. unceolatus
B. zahisani reductus
Cephalodella sp.
Collotheca sp.
Comochilus coenobasis
C. natans
C. unicornis
Dicranophorus sp.
Depleuchlanis sp.
Diasotrocha sp.
Epiphaneus macrourus
Euchlanis dilatata dilatata
Euchlanis incisa
Eudactyloa sp.
Filinia longicaeta
Hexastha sp.
Keratella americana
K. cochlearis cochlearis
K. cochlearis var. lecta f. typica
K. lenzi
K. tropica tropica
Lecane curvicoensis
L. leontina
L. papuana
L. proiecta
L. spp.
L. signifera plotnensis
L. [M] bulla
L. [M] monostyla
L. [M] closterocerca
L. [M] pyriformis
L. [M] stenocoeli
L. [M] scutata
L. [M] asp.
Lepadella ovalis
L. sp.

Lepadella latusinus
Nylidina ventralis
Platylas quadricornis
Ploesoma truncatum
Polyarthra vulgaris
Pompholix complanata
Rotaria neptunia
Smantherina sp.
Smantherina spinosa
Synchaeta sp.
Tetramastix opolienensis
Testudinella gateni
T. pattina
Testudinella tridentata
Trichotria tetractis
Tachocerca natus
T. [D] weberi
T. chaltani
Trachosphaera sp.
Wolga spinifera

CLADOCEROS

Alona eximia
A. verrucosa
A. sp.
Alonella dadayi
A. excisa
Bosmina huaronensis
B. hagmanni
B. longirostris
Bosminopsis deitersi
Ceriodaphnia cornuta
C. sp.
Chydorus hybridus
C. sp.
C. curvirostris
Daphnia galena
D. sp.
Diaphanosoma brachyurum
D. fluviatile
Dunhevedia odontoplax
Euryceerus sp.
Gimaldina brazai
Glyocypus spinifer
Macrotrix taiwanensis
Moina micrura
M. minuta
COPEPODOS
Acanthocyclops robustus
A. sp.
Diaptomus bidigitatus
Notodiaptomus anitskii
N. conifeoides
Diaptomus sp.
Harpacticolidae

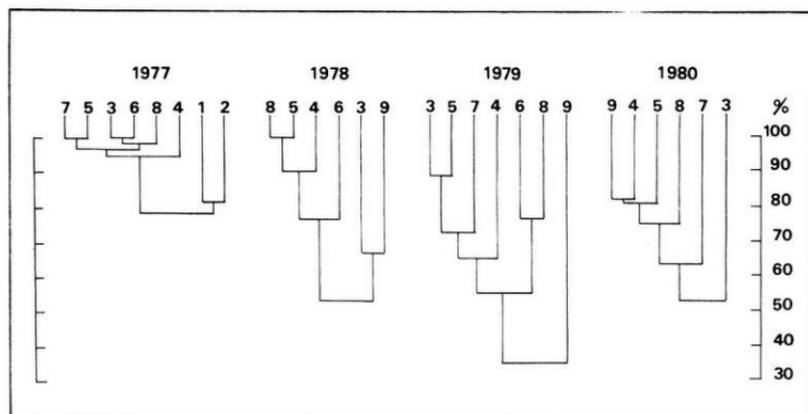


Fig. 2. Dendrograma del coeficiente de Marczewski-Steinhaus calculado para cada año, entre los miembros de las asociaciones de rotíferos más frecuentes.

1. *Brachionus caudatus austrogenitus*, 2 *B. calyciflorus*, 3 *Filina longiseta*, 4 *Keratella americana*, 5 *K. cochlearis*, 6 *K. lenzi*, 7 *K. tropica*, 8 *Polyarthra vulgaris*, 9 *Trichocerca rattus*

Análisis cuantitativo

La densidad de organismos varió entre 400 y 148.000 indiv. m^{-3} .

En general, los valores más bajos, próximos a 1.000 indiv. m^{-3} se registraron entre los meses de enero a junio-julio y se observaron valores progresivamente más altos a partir de agosto. La ubicación de los máximos varió poco en los diferentes años (fig. 1), pero generalmente se dieron en primavera (septiembre de 1977, octubre de 1978, julio y septiembre de 1979 y diciembre de 1980), a su vez, la mayoría de ellos se debieron, entre un 20 y 58% a la densidad alcanzada por las poblaciones de rotíferos (*Keratella cochlearis*, *K. americana*, *K. tropica* y *Lecane prolecta*). Estos mostraron una marcada dominancia de géneros planctónicos (cuadro 3).

Se hallaron varias especies de géneros no típicas del plancton, pero la frecuencia y numerosidad de algunas de ellas (*Trichocerca rattus*, *Lecane prolecta*) sugiere que no se trata de presencias accidentales sino de casos de adaptaciones exitosas a las condiciones del ambiente fluvial.

La mayor densidad media anual del zooplancton se observó en la estación centro en el año 1978 y fue de 39.430 indiv / m^3 y la menor correspondió a 1977, siendo de 13.000 indiv / m^3 .

No se observaron variaciones de abundancia en la distribución horizontal, ya que las medias de ambas riberas y centro no presentaron diferencias significativas entre sí para ninguno de los años estudiados (cuadro 4, fig. 6).

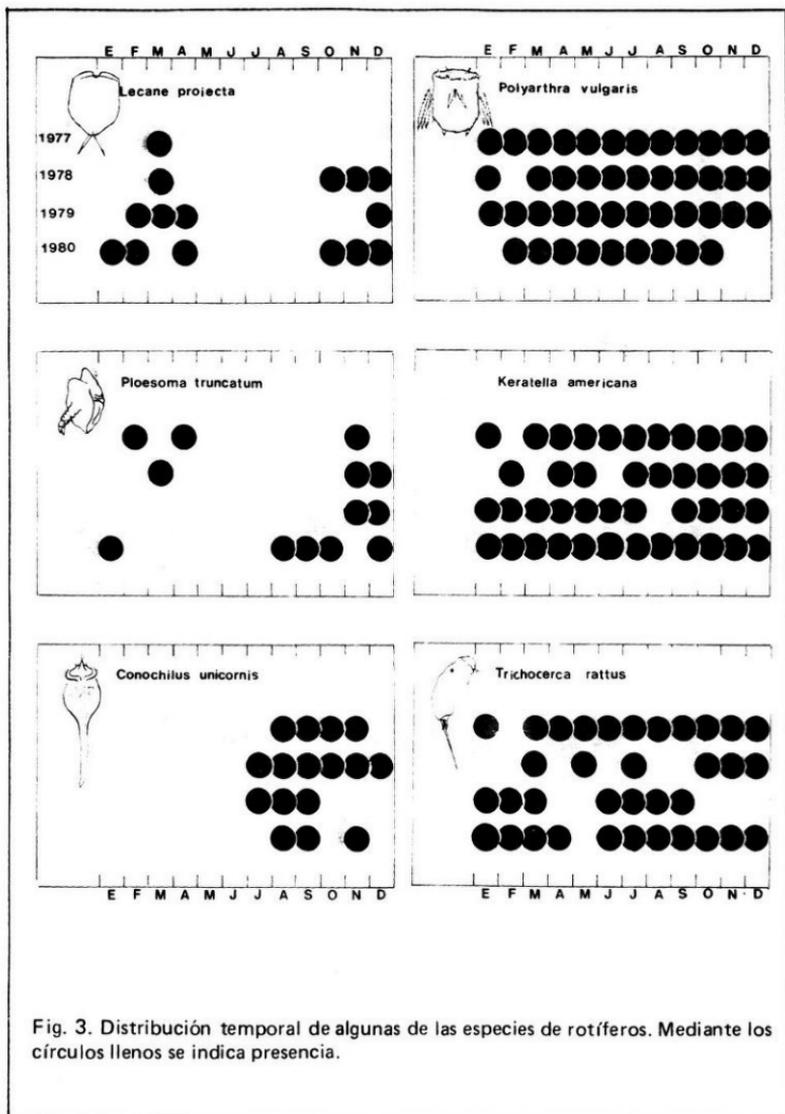


Fig. 3. Distribución temporal de algunas de las especies de rotíferos. Mediante los círculos llenos se indica presencia.

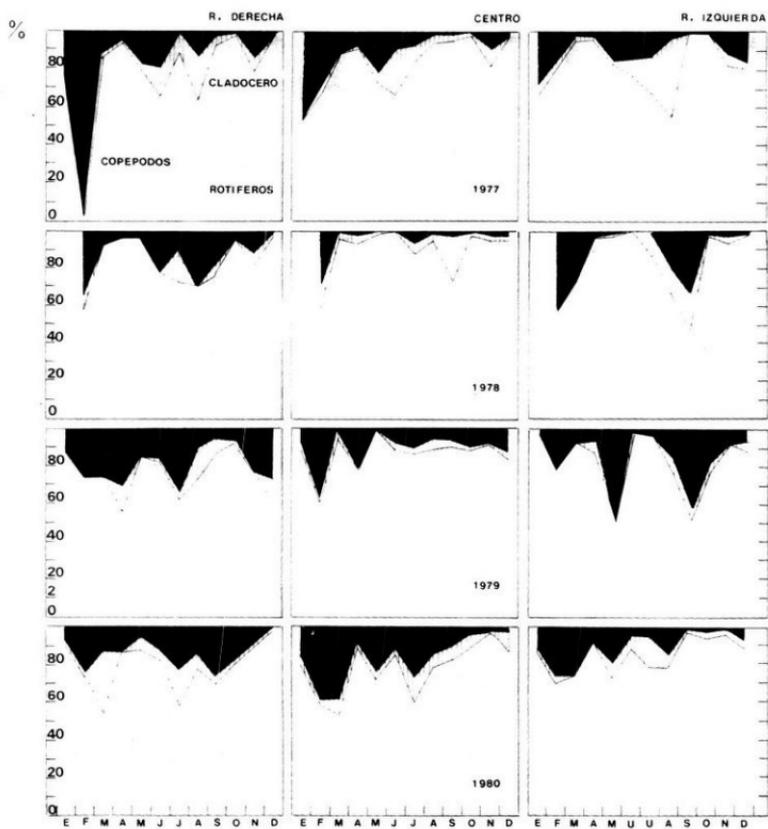


Fig. 4. Porcentaje de rotíferos, cladóceros y copépodos en las estaciones del centro y riberas.

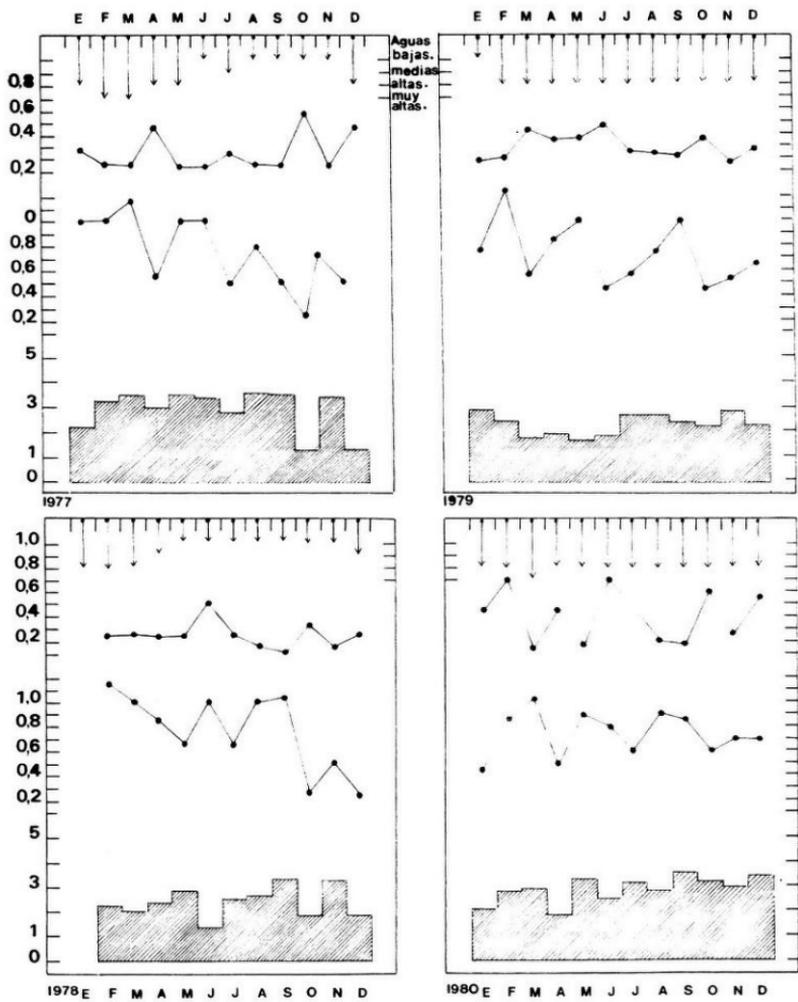


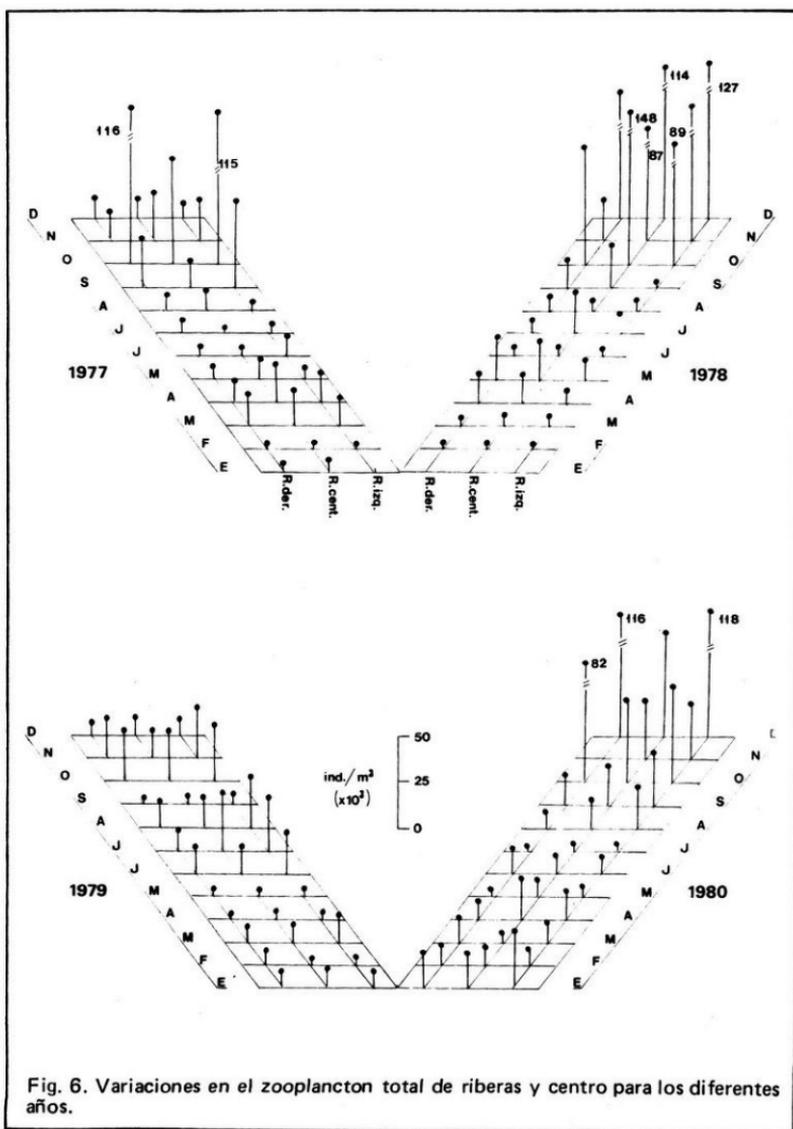
Fig. 5. Variaciones de diversidad específica, equitabilidad y predominio en estación centro.

Cuadro 3
Porcentaje de especies planctónicas para las distintas fechas de muestreo.

1977	%	1978	%	1979	%	1980	%
27-1	75	06-2	40	30-1	77	28-1	91
01-3	67	19-4	75	02-3	43	25-2	58
14-3	50	23-5	83	27-3	86	28-3	43
21-3	50	19-6	100	02-5	100	28-4	90
28-3	61	24-7	92	21-5	100	29-5	73
13-4	67	09-8	50	18-6	88	26-6	90
25-4	50	27-9	92	24-7	92	28-7	100
23-5	86	11-10	94	09-8	100	28-8	100
23-6	93	22-11	69	16-8	83	25-9	80
25-7	87	20-12	85	29-8	100	29-10	74
22-8	100			29-10	83	27-11	83
19-9	87			26-11	63	08-12	67
17-10	77			17-12	76		
14-11	67						
12-12	67						

Cuadro 4
Datos de las diferencias entre medidas de abundancia (ANOVA) del zooplancton de riberas y centro.

FUENTE DE VARIACION	S.C.	G.L.	C.M.	Coc. F
1977				-
Entre grupos	1,28	2	1,28/2 = 0,64	0,14
Dentro de grupos	197,48	42	197,48/42=4,7	$F_{0,05} = 3,22$
Total	198,76			
1978				
Entre grupos	7,44	2	7,44/2 = 3,72	0,30
Dentro de grupos	372,53	30	372,53/30=12,42	$F_{0,05} = 3,32$
Total	379,97			
1979				
Entre grupos	1,95	2	1,95/2 = 0,98	0,55
Dentro de grupos	68,78	39	69,78/39=1,79	$F_{0,05} = 3,23$
Total	71,73			
1980				
Entre grupos	0,70	2	0,70/2 = 0,35	0,05
Dentro de grupos	214,78	33	214,78/33=6,51	$F_{0,05} = 3,30$
Total	215,48			



La biomasa en peso seco calculada para las concentraciones numéricas máximas y mínimas de cada uno de los años, varió entre 1.020 y 38.680 ug/m³ (fig. 7). Las que conforme el caudal registrado para esas fechas (28 de julio de 1980 y 1 de marzo de 1977, respectivamente), totalizaron un pasaje aproximado de 16,38 y 1.039 g de organismos por esa sección, por segundo.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El número de taxa es considerablemente alto si tenemos presente que para parte del período que nos ocupa, Corrales³ registró en el Paraná superior un total de 58 especies. Ello puede ser consecuencia del continuo aporte de un creciente número de cuerpos leníticos del valle aluvial, conforme el río avanza. Con respecto a otros ríos del mundo, el Murray inferior, de Australia, que al igual que el Paraná es un río de llanura en ese tramo, si bien de corriente más lenta, se registró en el período 1976-1980, un total de 133 taxa²⁴. Por otro lado Behning⁷ proporciona para el Volga, una lista de 51 especies, en estudios anteriores a la construcción de las numerosas presas que interrumpen su recorrido actual.

La media anual del número de especies, particularmente rotíferos, presentó variaciones, siendo considerablemente mayor en 1977. Ello se asocia a la mayor amplitud de variación del nivel de las aguas. Las crecientes periódicas favorecen la incorporación de organismos de ambientes leníticos en esas oportunidades conectados al río.

En el Paraná medio dominaron temporalmente los rotíferos, no se observó un reemplazo de éstos por los cladóceros en determinados momentos hidrológicos, como en otros ríos²⁴. Esta situación puede deberse a la relación de los rotíferos con el material inorgánico en suspensión²¹. Zurek³⁰ muestra que varias especies toleran un alto contenido. La estructura de la corona y el mastax de algunas como *Conochiloides unicornis*, *Polyarthra vulgaris*, *Brachionus angularis*, etc., revelan grandes posibilidades de identificar y seleccionar el material a ingerir mediante cerdas sensoriales de la boca, rechazando por lo tanto las partículas inorgánicas. Esta selección del alimento por su naturaleza química se contrapone a la de tipo mecánico que realizarían la mayoría de los crustáceos.

El análisis comparativo de la composición del zooplancton a lo largo del período estudiado (ordenamiento polar, fig. 8) pone de manifiesto la incidencia que sobre ella ejercerían principalmente dos factores ambientales: la temperatura y el nivel hidrométrico. En efecto, en el gráfico se nota que las muestras tienden a segregarse a lo largo de dos gradientes cuyos extremos representan respectivamente épocas frías y cálidas por un lado y períodos de estiaje o creciente por el otro.

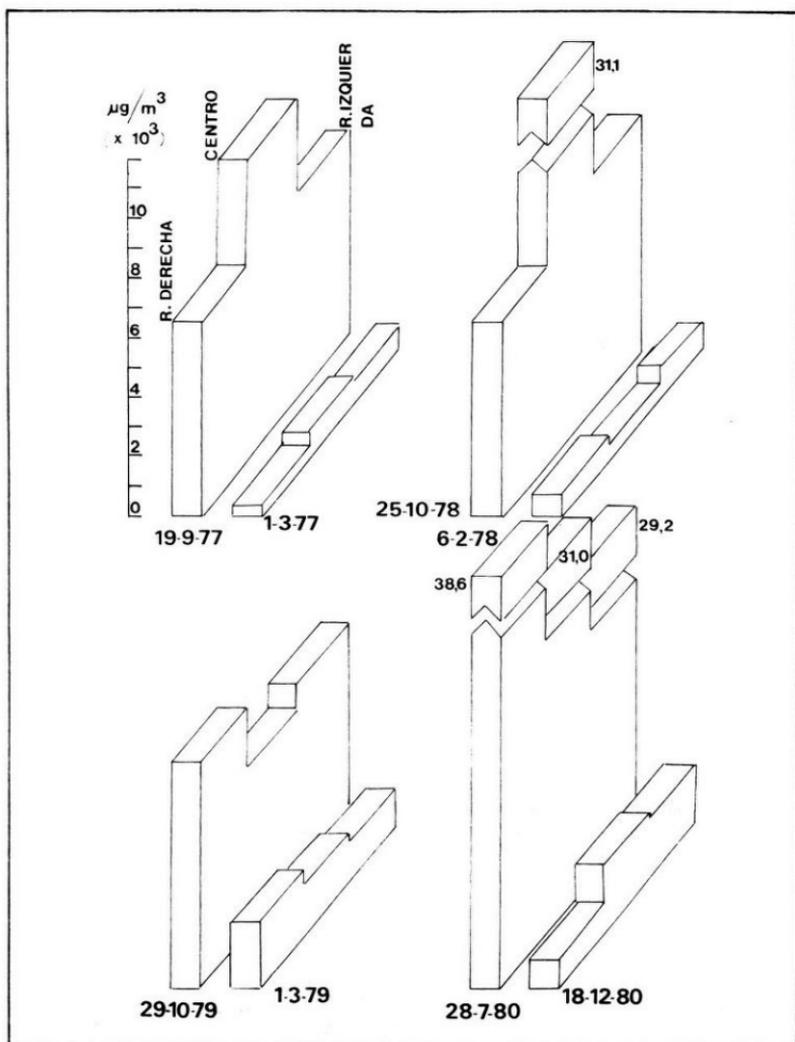


Fig. 7. Biomasa en microgramos del zooplancton total en estaciones de riberas y centro para dos fechas de cada año, correspondientes, respectivamente, a períodos de aguas bajas y altas.

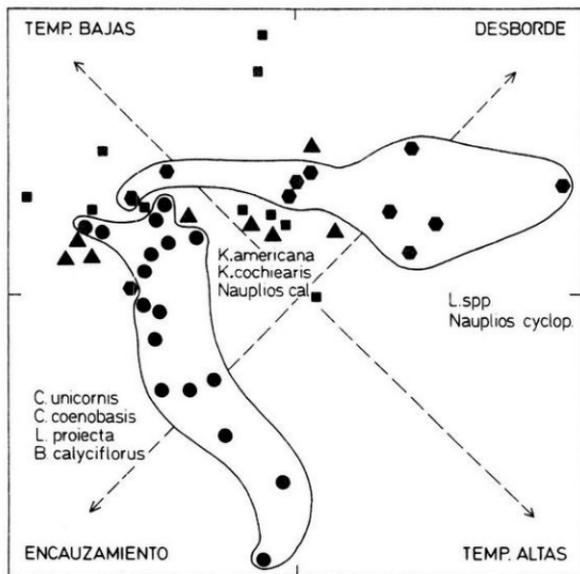


Fig. 8. Ordenación polar de los valores de coeficiente de Steinhaus, calculados entre las muestras del centro del cauce para el período enero 1977-diciembre 1980 (P: primavera; V: verano; O: otoño; I: invierno). Se indican las especies que más contribuyen a los agrupamientos. Correlación entre la matriz de similitudes y la de distancias geométricas que surgen de la expresión gráfica: 0,70.

En cuanto a la diversidad los valores entre 0,90 y 3,40 bits fueron semejantes a los ambientes leníticos cercanos (0,61-3,84)²². No obstante esa amplitud de variación, llama la atención el escaso rango de fluctuación anual (cuadro 1). Es decir, la diversidad no acusó mediante cambios profundos la variación temporal de las condiciones del ambiente. Por otro lado, debe tenerse presente que la equitabilidad alcanzó, en algunas oportunidades, valores superiores a 1, denotando una distribución más estable que la del modelo de Mac Arthur¹⁹.

Las variaciones de abundancia del zooplancton, como es posible observar en fig. 1, se dieron en general asociadas a los cambios de nivel de las aguas. Así puede notarse que los pulsos máximos registrados en los años 1977-1978 y 1980, ocurrieron en períodos de bajantes de las aguas (septiembre-octubre), coincidentemente con lo que ha sido observado en muchos otros ríos, tales como el Nilo²³, Danubio³⁰ y Murray inferior²⁴, entre otros.

La disminución de organismos en períodos de creciente no sería consecuencia única de un fenómeno de dilución, sino de la influencia negativa de otros factores que concurren, tales como el incremento temporal en la velocidad de las aguas y en la carga de sólidos en suspensión.

La velocidad de las aguas, por ejemplo, aumenta desde 0,74 m/s en la superficie del centro del cauce (período de aguas bajas) hasta 1,67 m/s (aguas altas). Su efecto ya ha sido destacado en otros estudios realizados en el río Paraná¹⁴.²⁰ y en otros ríos del mundo: en el Volga, por ejemplo, Dzyuban⁷ encuentra que los cladóceros decrecen rápidamente cuando pasan desde las presas al curso principal del río, donde la velocidad es de 1 m/s. En nuestro caso, es ilustrativo el hecho que, en 1979, con valores promedios de velocidad de la corriente, comparativamente mayor a otros años (cuadro 1 y 2), el zooplancton alcanzó los valores medios más bajos de densidad. Por otro lado los datos de abundancia del zooplancton del Paraná superior³ son comparativamente más bajos (cuadro 5). Si bien en

Cuadro 5
Densidades numéricas máximas del total de organismos (indiv/m³) registrados para el zooplancton de algunos ríos del mundo y en el Paraná en su curso principal y secundarios (*).

RÍOS	DENSIDAD
MEKONG (en Welcome ²⁵)	5.250
SOKOTO ³	16.200
DANUBIO (tramo rumano) ⁸	1.000.000
DANUBIO (tramo yugoslavo) ²⁹	6.154.000
PARANA (superior) ³	60.000
PARANA (medio)	148.000
PARANA (inferior) ¹²	23.000
* CORONDA ¹⁴	150.000
* SANTA FE ¹⁴	145.000

este caso no se proporcionan datos de velocidad de corriente, es conocido que por las características del río en este tramo²⁶, este parámetro alcanza valores más altos.

La influencia de los sólidos en suspensión, considerados indirectamente a través de la medida de transparencia, se puede observar en las correlaciones de este parámetro y la abundancia (cuadro 6). Por lo general los máximos de organismos se registraron con los valores más altos de transparencia.

Es evidente también la relación entre las variaciones de abundancia y temperatura del agua. Los máximos tienen lugar en períodos en los que, conjuntamente con una bajante de las aguas, se registran temperaturas más cálidas (meses de primavera), del orden de 18-21°C. Al respecto, son ilustrativos los pulsos de 1979 que tienen lugar en esos meses, aún con un nivel de aguas altas. Los máximos en primavera-verano y los mínimos en invierno, han sido también observados por Zivkovic²⁹ en el tramo yugoeslavo del Danubio y por Williams²⁸ en los principales ríos de Estados Unidos.

En fig. 9 puede apreciarse la relación entre amplitud máxima de fluctuación anual de nivel, el número de especies y la densidad numérica del zooplancton, considerados éstos últimos en valores medios anuales. El número más alto de especies se registró con el mayor valor de amplitud de fluctuación de nivel en 1977, mientras que la abundancia más alta se observó con los valores más bajos de aquél parámetro, año 1978 y 1980. El hecho que en 1979, con un rango estrecho de fluctuaciones de nivel se hayan registrado los valores más bajos de abundancia puede atribuirse

Cuadro 6
Correlaciones simples calculadas entre densidad del zooplancton y parámetros físicos.

	1977	1978	1979	1980
DENSIDAD-NIVEL HIDROMETRICO	-0,56*	-0,77**	-0,64*	-0,33
DENSIDAD-TEMPERATURA	0,15	0,67*	0,43*	0,33
DENSIDAD-TRANSPARENCIA	0,15	0,52*	0,40	0,15

* 5% nivel de significación

** 1% nivel de significación

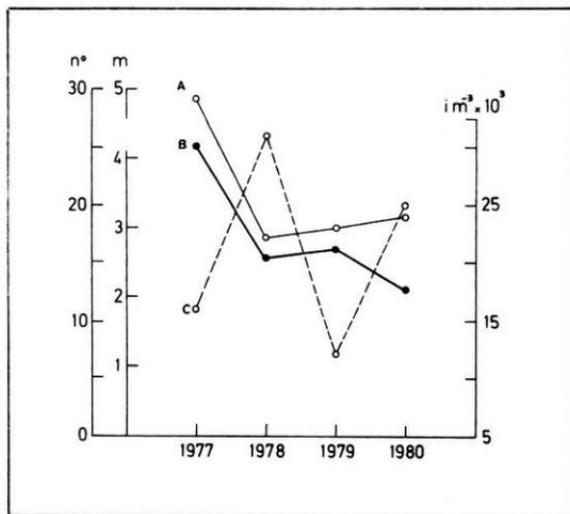


Fig. 9: Variaciones de los valores medios anuales del número de especies (A) y abundancia del zooplancton (C) y amplitud máxima anual de fluctuación de nivel (B).

a que el río permaneció por encima del nivel de aguas medias, no registrándose bajantes algunas, ni aún en los meses de primavera, en contraposición con lo ocurrido en 1980.

En cuanto a la distribución horizontal, la considerable turbulencia de las aguas del río determinaría la mezcla de organismos, lo cual se refleja en la ausencia de diferencias significativas a nivel de la abundancia de organismos de riberas y centro. Al respecto, son muy escasos los antecedentes. En el río Murray²⁴ se han observado variaciones en la distribución horizontal, pero ello ocurre en los meses del verano en que las aguas corren muy lentamente, las diferencias, en cambio, son menores en otoño a medida que con el aumento del caudal se incrementa la velocidad de flujo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. J. A. Schnack (ILPLA) y al Prof. J. C. Paggi (INALI) por la lectura crítica del manuscrito. Al prof. E. Drago (INALI) por los datos de los parámetros físicos. A los técnicos U. Molet y A. Paira (INALI) por el apoyo en las tareas de campo y laboratorio y por la confección de algunas figuras, respectivamente.

REFERENCIAS

1. Beals, E. 1960. Forest bird communities in the Apostle Islands of Wisconsin. *Wilson Bull.*, 72: 156–181.
2. Bray, J. R. y Curtis, T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325–349.
3. Corrales, M. A. 1979. Contribución al conocimiento del zooplancton del río Alto Paraná. *Ecosur*, 6: 185–205.
4. Drago, E. C. y M. Amsler. 1981. Sedimentos suspendidos en el tramo medio del río Paraná: Variaciones temporales e influencia de los principales tributarios. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 12: 28–43.
5. Drago, E. C. 1984. Estudios limnológicos en una sección transversal del tramo medio del río Paraná, I: Caracteres morfológicos e hidrológicos. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 15: 1–6.
6. Dumont, H., Van de Velde, I. y Dumont, S. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of Continental Waters. *Oecología*, 19: 75–97.
7. Dzyuban, N. A. 1979. The zooplankton of the Volga. (p. 195–231). En: The River Volga and its Life (Mordukai Boltovskoy, Ed.). *Junk*, The Hague (473 p.)
8. Enaceanu, V. 1964. Das Donauplankton auf rumanischen Gebiet (km. 488 bis km. 345) *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 27: 442–456.
9. Holden, M. J. y J. Green. 1960. The hydrology and plankton of the River Sokoto. *J. Anim. Ecol.*, 29: 65–84.
10. Hynes, H. B. N. 1972. Running Water. *Toronto Press*, Canadá (555 p.).
11. Hillbricht-Ilkowska, A. 1964. The influence of the fish population on the biocenosis of a pond, using Rotifera fauna as an illustration. *Ekol. Pol. Ser. A*, 12: 453–502.
12. José de Paggi, S. 1978. First observations on longitudinal succession of zooplankton in the main course of the Paraná river between Santa Fe and Buenos Aires harbour. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 16: 185–199.
13. José de Paggi, S. 1980. Campaña limnológica "Keratella I" en el río Paraná medio. Zooplancton de ambientes lóticos. *Ecología*, 4: 69–75.
14. José de Paggi, S. 1981. Variaciones temporales y distribución horizontal de algunos cauces secundarios del río Paraná medio. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 16: 185–199.
15. José de Paggi, S. 1982. Contribución al conocimiento de la Fauna Argentina de Rotíferos. III Nuevos registros específicos en ambientes del río Paraná medio. *Neotropica*, 28: 177–124.

16. José de Paggi, S. 1982. Zooplancton (p: 200–25). En: Estudio ecológico del río Paraná medio. Informe final Convenio A y E e INALI, *INALI*, Santo Tomé, Santa Fe, Argentina (297 p.).
17. 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.
18. Legendre, P. y Chodorowsky, A. 1977. A generalization of Jaccards association coefficient for analysis of multi-state ecological data matrices. *Ekol. Pol.*, **25**: 297–308.
19. Lloyd, M. y Ghelardi, R. J. 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, **33**: 217–225.
20. Odum, E. 1972. Ecología. *Interamericana*, México 639 p.
21. Paggi, J. C. y S. José de Paggi. 1974. Primeros estudios sobre el zooplancton de las aguas lóxicas del Paraná medio. *Physis* (secc B) **33**: 94–114.
22. Paggi, J. C. 1980. Campaña limnológica "Keratella I" en el río Paraná medio. Zooplancton de ambientes leníticos. *Ecología* **4**: 77–88.
23. Rzóska, J. 1976. Zooplankton of the Nile System. (p. 333–343) En: The Nile, Biology of an ancient River (Rzoska, Ed.) *Junk*, The Hague (417 p.).
24. Shiel, R. J., Walker, K. F. y Williams, W. D. 1982. Plankton of the Lower River Murray, South Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **33**: 301–327.
25. Soldano, E. 1949. Régimen y aprovechamiento de la Red Fluvial Argentina. Parte 1. El río Paraná y sus tributarios. *Cimera*, Buenos Aires, 217 p.
26. Swan, J. M. A. y Dix, R. L. 1966. The phytosociological structure of upland forest at Candle Lake, Saskatchewan. *J. Ecol.*, **54**: 13–40.
27. Welcome, R. L. 1979. Fisheries Ecology of Floodplain River. *Longman*, 317 p.
28. Williams, L. C. 1966. Dominant planktonic Rotifera of major water ways of the United States. *Limnol. Oceanogr.*, **11**: 83–91.
29. Zivkovic, A. 1968. Das Zooplankton der jugoslawischen Donaustrecke km 1224–861. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **34**: 155–167.
30. Zurek, R. 1980. The effect of suspended materials on the zooplankton. I Natural environments. *Acta Hydrobiol.*, **22**: 449–471.

Recibido/Received/: 20 julio 1983