

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES LIMNOLOGICAS DE LA LAGUNA DEL PARQUE NORTE

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE LIMNOLOGICAL CONDITIONS OF THE PARQUE NORTE LAGOON

John Jairo Ramírez R.¹

RESUMEN

Se esbozan, con base en nueve muestreos realizados entre marzo y agosto de 1986, las condiciones limnológicas generales de la laguna del Parque Norte, en Medellín. Los resultados muestran un ecosistema acuático altamente eutroficado, donde se presentan muertes masivas de peces. Los organismos más comunes del fitoplancton fueron *Ourococcus* sp y *Oocystis* sp pertenecientes a *Chlorophyta* y, del zooplancton, el rotífero *Brachionus* sp y los copépodos de la familia *Cyclopidae*. Dicha laguna se comporta como una trampa de nutrientes con circulación interna, ya que no presenta ningún punto de salida, lo que conduce a alteraciones bruscas en su comportamiento.

ABSTRACT

Between March and August of 1986, nine samples in the Parque Norte lagoon, Medellín, were studied and its limnological characteristics are outlined. The results showed an aquatic ecosystem highly eutrofied, where massive deaths of fishes were observed. Phytoplankton was represented mainly by *Ourococcus* sp and *Oocystis* sp belonging to *Chlorophyta*. The rotifer *Brachionus* sp and copepods of the family *Cyclopidae*, represented zooplankton. The lagoon is a closed system without any outlet, so it is a nutrient tramp in which sudden changes can be expected.

INTRODUCCION

Una laguna se define como un ecosistema léntico de poca profundidad, zona litoral más o menos amplia, fluctuaciones de nivel frecuentes, amplia adaptabilidad de los organismos e independencia relativa (Odum, 1972). Su formación se lleva a cabo de diversas maneras, sobresaliendo las originadas en la actividad superficial del agua líquida proveniente de los meandros y las trenzas de los ríos. Al igual que los lagos, se clasifican tradicionalmente en series ordenadas de eutrofia creciente que suponen una sucesión natural desde la oligotrofia hacia la eutrofia. La influencia humana acelera esta sucesión en forma por demás ostensible y generalmente irreversible, a menos que se corte la fuente de perturbación causante del estado de alteración trófica. Aunque generalmente tienen una entrada y una salida de agua, pueden existir lagunas cerradas, sin renovación alguna, que se constituyen en trampas de nutrientes donde hay aumento gradual del contenido mineral de sus aguas y cuyo nivel se mantiene por el ciclo natural del agua (lo que implica amplias fluctuaciones en el mismo), el flu-

jo subterráneo o la comunicación directa con acuíferos o aguas freáticas.

Sobre la laguna que nos ocupa no se ha efectuado ningún tipo de análisis continuo, pero sí algunos esporádicos por parte del doctor Gabriel Roldán y los estudiantes del curso de limnología de la Universidad de Antioquia. Esta investigación pretende brindar un informe general sobre las condiciones ecológicas de la laguna del Parque Norte, así como también una contribución preliminar al conocimiento de los organismos planctónicos presentes y sus relaciones con los parámetros fisicoquímicos analizados.

Area de estudio

El Parque Norte es un sitio de recreo manejado por una entidad del municipio de Medellín llamada Metroparques y localizado en la parte norte de dicho municipio, cerca al Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe y a una altura de 1450 msnm. Tal parque presenta una laguna que fue construida sobre el antiguo basurero municipal, del cual aún hay parte cerca de la misma. Este hecho influye negativamente en las caracte-

¹ Estudiante de postgrado, Depto de Biología, Univ. de Antioquia, Medellín, Colombia.

terísticas del fondo y en las condiciones fisicoquímicas del agua. El río Medellín corre al mismo nivel y a una distancia aproximada de 800 m. La profundidad de la laguna varía entre 0.50 y 1.70 m, y presenta una zona litoral poblada principalmente por juncos, pastos y maleza. No tiene ningún cuerpo de agua que lo alimente directamente y su nivel se mantiene por el agua que le llega proveniente de desagües que llevan el agua de otros sitios dentro del mismo parque, por fuentes internas y por agua lluvia. Su fondo varía desde pedregoso en las orillas hasta lodoso oscuro en el centro; la descomposición de materia orgánica es muy fuerte, principalmente en las orillas y cerca a los desagües.

MATERIALES Y METODOS

Entre los meses de marzo y agosto de 1986 se efectuaron nueve muestreos de parámetros fisicoquímicos y biológicos en la laguna del Parque Norte en una única estación situada cerca del centro. Todas las muestras fueron superficiales y tomadas entre las 9:00 am y las 10:00 am desde una pequeña lancha accionada por remos.

Los parámetros fisicoquímicos seleccionados fueron: temperatura del agua, transparencia, conductividad, pH, oxígeno disuelto, nitrógeno como nitratos, fosfatos totales, dureza total y cloruros (tabla 1).

Para la conductividad y el pH se recogieron muestras de agua en botellas plásticas y se analizaron posteriormente en el laboratorio del Centro de Investigaciones Ambientales de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Antioquia. La transparencia se midió utilizando un disco Secchi de 0.2 m de diámetro. El oxígeno disuelto se analizó por el método de Winkler, fijándose *in situ* y titulándose luego en el laboratorio de limnología "Alexander Von Humboldt" del Departamento de Biología de la Universidad de Antioquia.

Para el análisis de fosfatos totales, nitrógeno como nitratos, dureza total y cloruros se llevaron muestras de agua en botellas plásticas al laboratorio de aguas del Centro de Investigaciones Ambientales. Estos análisis se realizaron siguiendo los métodos propuestos por APHA (1980).

Los parámetros biológicos elegidos fueron fitoplancton y zooplancton. Para el estudio del fitoplancton se tomó una muestra de agua de 1 l en una botella plástica y su contenido se fijó con formalina al 4%.

Posteriormente, en el laboratorio de limnología, se sedimentó en un embudo de decantación por un período de 48 h y el decantado se guardó en frascos pequeños. Luego, con previa agitación se contaron los organismos en 120 campos de un microscopio binocular invertido marca Leitz Ortholux II, en un aumento total de 1000X, usando para el conteo cámaras tubulares de Utermöhl de 2 ml cuyo contenido se sedimentó por 24 h. Los datos finales se reportan en número de organismos del fitoplancton por mililitro (tabla 2) utilizando la expresión citada por Ros (1979), que es como sigue:

Organismos fitoplanctónicos/ml

$$= \frac{n}{sxc} \times \frac{1}{h} \times \frac{10^3 \text{ mm}^3}{1 \text{ ml}}$$

donde:

n = número total de organismos contados en todos los campos

s = área del campo en 100X = 0.025 mm²

c = número de campos contados = 120

h = altura de la cámara tubular = 21 mm

El muestreo del zooplancton se efectuó con una red de plancton arrojada normal de 20 "mesh", aro de 24 cm y longitud de 1 m, en un arrastre longitudinal de tres min; también se fijó con formalina al 4% y se cuantificó en un microscopio binocular Leitz Ortholux II usando para ello una cámara de Sedgwick Rafter en la cual se contaron los organismos hallados en dos franjas del largo de la cámara (50 mm c/u), una profundidad de 1 mm y un ancho de 2.77 mm. Los datos finales se reportan en número de organismos del zooplancton por mililitro (tabla 5) con base en la fórmula siguiente (Hino, 1984):

Organismos zooplanctónicos/ml

$$= \frac{C \times 10^3 \text{ mm}^3}{L \times D \times W \times S}$$

donde:

C = número total de organismos contados

L = longitud de cada franja contada = 50 mm

D = profundidad de la franja en mm = 1 mm

W = ancho de la franja en mm = ancho de un campo en 10 X = 2.77 mm

S = número de franjas contadas = 2

La identificación del fitoplancton se efectuó utilizando las claves de Bicudo y Bicudo (1969), Bold y Wynne (1978), De Moraes Huszar (1984 y 1985), Edmonson (1959), Hino y Tundisi (1984), Müller y Saaks (1979), Murgel Branco (1969), Prescott (1970) y Yacubson (1969, 1972, 1974a y 1974b).

El zooplancton se identificó mediante las claves de Dussart (1984), Edmonson (1959), Needham y Needham (1978), Pennak (1978), Rocha y Tundisi (1976) y Scendacz y Kubo (1982).

El porcentaje de cada división (tabla 7) se averiguó con base en la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{n}{N} \times 100$$

donde:

n = número de géneros de una división

N = número total de géneros

La densidad y la frecuencia absolutas (tablas 3 y 5) se hallaron con base en las siguientes fórmulas, extraídas de Matteuci y Colma (1982):

$$D.A = \frac{n}{V}$$

donde:

D.A = densidad absoluta

n = número de individuos en cada género

V = unidad de volumen = 1 ml

$$F.A = \frac{n_v}{N_m}$$

donde:

F.A = frecuencia absoluta

n_v = número de veces que se halló un organismo en los 9 muestreos

N_m = número de muestreos = 9

La densidad y la frecuencia relativas (tablas 3 y 5) se encontraron según las expresiones:

$$D.R = \frac{D.A}{\Sigma D.A} \times 100$$

donde:

D.R = densidad relativa

D.A = densidad absoluta

$\Sigma D.A$ = sumatoria de las densidades absolutas

$$F.R = \frac{F.A}{\Sigma F.A} \times 100$$

donde:

F.R = frecuencia relativa

F.A = frecuencia absoluta

$\Sigma F.A$ = sumatoria de las frecuencias absolutas

El índice de diversidad biológica (tablas 2 y 3) se halló con la fórmula de Shannon-Weaver (1949), y que según Wilhm y Dorris (1968), varía entre 0 y 5.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$$

donde:

H' = índice de diversidad biológica

n_i = número de individuos de un género

n = número total de individuos en el muestreo

s = número de géneros hallados en cada muestreo

ln = logaritmo natural

La redundancia (tablas 2 y 4) se calculó con la fórmula de Patten (1962), la cual varía entre 0 y 1:

$$R = \frac{H' \text{ máx} - H'}{H' \text{ máx} - H' \text{ mín}}$$

donde:

R = redundancia

H' máx = índice de diversidad biológica máximo (Pielou, 1966)

$$= \log_2 S = \frac{\log S}{\log 2}$$

H' mín = índice de diversidad biológica mínimo (Pielou, 1975)

$$= \frac{1}{n} \log \frac{n!}{(n - S + 1)!}$$

$$= \frac{1}{n} [2.3 \log n! - 2.3 \log (n - S + 1)!]$$

H' = índice de diversidad biológica de Shannon-Weaver

log₂ = logaritmo en base 2

log = logaritmo en base 10

n = número total de individuos en el muestreo

La equidad o igualdad se halló con la expresión de Pielou (1975) que oscila también entre 0 y 1

$$J' = \frac{H'}{H' \text{ máx}}$$

donde:

J' = equidad

H' = índice de diversidad biológica de Shannon-Weaver

$$H' \text{ máx} = \log_2 S = \frac{\log S}{\log 2}$$

log₂ = logaritmo en base 2

log = logaritmo en base 10

Los índices de diversidad biológica, redundancia y equidad se extractaron de Washington (1984) y Krebs (1985).

RESULTADOS

En la figura 1 puede observarse que la relación general presentada entre los fosfatos totales y el nitrógeno como nitratos es inversa. El mayor valor de los nitratos (0.12 mg/l) correspondió a mayo 19 y el menor (0.02 mg/l) a marzo 31 y julio 23. Los fosfatos mostraron como mayor valor 0.80 mg/l en julio 23 y 0.0 mg/l en agosto 19 (tabla 1).

El número de individuos del fitoplancton presentó en general una relación inversamente proporcional con los fosfatos (fig. 2). El fitoplancton tuvo un mayor número de individuos en agosto 19 (648 organismos) y uno menor (297 organismos) en julio 23.

Las relaciones entre la transparencia y el número de individuos del fitoplancton son en general directas, al igual que entre la transparencia y el oxígeno, con algunas excepciones. Por su parte, entre el oxígeno disuelto y el número de individuos del fitoplancton, la relación es claramente directa (fig. 3). En la tabla 1 puede observarse que el mayor valor del oxígeno fue de 3.95 mg/l en junio 3 y el menor (0,80 mg/l) en el muestreo de agosto 19.

En la figura 4 se observa que la relación entre los cloruros y la conductividad es directamente proporcional. Para la conductividad el mayor valor fue de 2650 µmhos/cm presentado en los muestreos de marzo 17 y 31, mientras que el menor (2350 µmhos/cm) se dio en abril 14 y julio 2 y para los cloruros el valor más alto fue 755 mg/l en julio 23 y el menor de 550 mg/l en agosto 19.

La dureza total y el número de individuos del fitoplancton muestran en la figura 5 una tendencia general directa, con excepción marcada de los tres primeros muestreos, en los que fue inversa. Igualmente sucede entre el número de individuos del zooplancton y la misma dureza total, exceptuando los dos últimos muestreos. En lo referente a la relación entre los dos componentes del plancton, puede observarse en la misma figura una relación general de tipo directa. El mayor valor del número de individuos del zooplancton fue 842 en marzo 31, y el menor (68 organismos) en agosto 19, y para el fitoplancton el mayor valor (648) se presentó en agosto 19 y el menor (297) en julio 23.

La figura 6 muestra que la relación entre la diversidad del fitoplancton y la equidad es directa y a su vez, tanto esta última como la diversidad, guardan una relación inversamente proporcional con la redundancia. El mayor valor de la equidad (0.53) se presentó en julio 2 y el menor (0.31) en junio 3. La redundancia mostró un valor mayor (0.71) en junio 3 y uno menor (0.49) en julio 2 (tabla 2). Igual tipo de relaciones, pero con referencia al zooplancton, puede observarse en la figura 7: en ella, el mayor valor de la equidad fue de 0.51 en junio 3 y el menor de 0.18 en julio 23, mientras que el mayor valor de la redundancia de los mismos organismos fue de 0.85 en agosto 19 y el menor de 0.49 en junio 3 (tabla 4).

La estructura de la comunidad fitoplanctónica se expresó con base en la densidad relativa (tabla 3) y se observa en la figura 8. Puede decirse que desempeñan un papel preponderante los géneros *Ourococcus* y *Oocystis*, así como las algas de la familia Chlorococcaceae.

El zooplancton muestra en la figura 9A una estructura de comunidad poco variada y en la que dominan ampliamente el rotífero *Brachionus* sp y los copépodos de la familia Cyclopidae. Dicha estructura fue construida también con base en la densidad relativa (tabla 5). La figura 10 muestra la distribución de los organismos fitoplanctónicos en cuanto a presencia y ausencia se refiere. Puede observarse en ella organismos presentes durante todo el muestreo, otros de presencia media y algunos de presencia baja.

En lo referente a la frecuencia relativa del fitoplancton, la figura 11 deja ver que los organismos más frecuentes con relación a los demás componentes de esta comunidad fueron *Ourococcus* sp, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Tetraedron minimum*, *Pediastrum tetras*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus* sp₃, *Chlorococcum* sp, *Peridinium* sp, *Kirchneriella* sp, *Oocystis* sp, *Coelastrum* sp y la familia Chlorococcaceae (tabla 3). Para el zooplancton, los organismos de mayor frecuencia relativa (figura 9B) fueron *Brachionus* sp, los copépodos Cyclopidae y las formas de reproducción asexual (estatoblastos) del Bryozoo *Plumatella* sp (tabla 5). La figura 12 deja ver que de las diferentes divisiones del fitoplancton presentes en la laguna del Parque Norte, la que presentó el mayor porcentaje fue Chlorophyta (64.288%) (tablas 6 y 7).

Finalmente, la figura 13 muestra cómo las variaciones entre *Brachionus* sp y los copépodos Cyclopidae son inversas en casi todos los muestreos, con excepción

de los tres primeros, lo que sugiere una relación trófica estrecha. Deja ver, además, varios picos de aumento: uno que coincide para las tres poblaciones en marzo 31, otro para los copépodos y sus nauplius en mayo 19, otro para los copépodos en julio 2 y, finalmente, uno para *Brachionus* sp en julio 23.

ANALISIS DE RESULTADOS

La figura 1 muestra que tanto los nitratos como los fosfatos presentaron valores muy por encima de los normales, así como también relaciones de tipo inverso. El valor aumentado de ambos factores se debe a la descomposición elevada de la materia orgánica del fondo, pues como se dijo antes, esta laguna fue construida sobre una parte del antiguo basurero. La relación inversa ocurrida aquí entre nitratos y fosfatos no es la que normalmente sucede, pues en general ambos materiales deben aumentar paralelamente a medida que a un sistema acuático cualquiera le aumenta el aporte de material orgánico. Referente a los altos valores del fosfato, puede decirse que guardan una amplia relación con la dureza total, y principalmente con la del calcio (tabla 1), así como también con las excreciones del zooplancton, con la disolución rápida del fosfato presente en las plantas y animales moribundos y con el fosfato proveniente de los materiales vegetales excretados (por zooplancton y peces fitófagos principalmente) (Russell-Hunter, 1973; Morris, 1980). Vale la pena anotar que muchos de estos factores, por ser fuente de materia orgánica, aumentan así mismo los valores de los nitratos.

Finalmente, los valores bajos del fosfato, respecto al nitrato, pudieron deberse a que el fósforo tiene un ciclo esencialmente sedimentario, lo que le permite precipitarse más fácilmente como fosfato, uniéndose a otros elementos. Factores como la lluvia, los vientos y las lanchas, que agitan fuertemente el agua, unidos a la poca profundidad de la laguna en cuestión, facilitan la circulación de estos materiales y sus valores altos en cualquier momento.

Por su parte la figura 2 sugiere una relación directa entre el fitoplancton con los nitratos e inversa con los fosfatos. Aunque los fosfatos son considerados como factor limitante para el fitoplancton, aquí esto no sucede debido a los altos valores que éste presenta, e igualmente ocurre con los valores altos de los nitratos; sin embargo, puede observarse que en este caso fueron más importantes los nitratos debido quizá a su mayor disponibilidad o a la existencia de bacterias

Tabla 1. Especies de murciélagos examinados para tripanosomas. Porcentajes relativos de la positividad.

Fecha de muestreo	Marzo 17	Marzo 31	Abril 14	Mayo 19	Junio 3	Junio 16	Julio 2	Julio 23	Agosto 19	Promedio	Unidades
Transparencia	0.22	0.20	0.40	0.40	0.35	0.44	0.45	0.30	0.25	0.33	m
Conductividad	2650.00	2650.00	23950.00	2400.00	2400.00	2380.00	2350.00	2500.00	2480.00	2462.22	µmhos/cm
Temperatura del agua	22.00	22.00	23.00	24.00	24.00	25.00	24.00	23.50	26.00	23.72	°C
pH	8.80	8.70	8.70	8.30	7.90	7.95	7.90	8.50	6.90	8.18	unidad de pH
Oxígeno disuelto	1.20	1.18	2.60	1.00	3.95	3.65	3.60	2.90	0.80	2.32	mg/l
Nitrógeno como nitratos	0.05	0.02	0.05	0.12	0.10	0.09	0.06	0.02	0.05	0.06	mg/l
Fosfatos totales	0.37	0.45	0.47	0.20	0.20	0.30	0.30	0.80	0.00	0.34	mg/l
Dureza total	124.00	130.00	128.00	138.00	134.00	112.00	120.00	112.00	118.00	124.00	mg/l CaCO ₃
Cloruros	—	—	—	520.00	580.00	587.00	610.00	755.00	550.00	617.00	mg/l de Cl ⁻
Condiciones ambientales durante el muestreo	Día nublado, lluvias en la tarde del día anterior	Día nublado y oscuro	Día nublado y oscuro. Hubo muerte de peces el 12 de abril.	Día nublado, oscuro y lluvioso	Día soleado con pocas nubes	Día soleado, lluvias esporádicas al atardecer y anterior día anterior	Día soleado con pocas nubes, lluvia abundante el día anterior	Día soleado con viento fuerte. Agua color verde oscuro e inusual.	Día soleado, agua color tierra. Mucha lluvia el día anterior e inusual. Peces "boqueando" en superficie.		
Dureza de calcio	—	—	120.00	124.00	126.00	—	—	—	—	—	

Tabla 2. Número de individuos fitoplanctónicos por organismo en cada uno de los muestreos y valores de diversidad biológica, redundancia y equidad

Organismo	Marzo 17	Marzo 31	Abril 14	Mayo 19	Junio 3	Junio 16	Julio 2	Julio 23	Agosto 19	Total de organismos
<i>Ourococcus</i> sp	106	85	230	320	366	53	123	52	105	1440
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	16	15	15	18	12	35	69	7	15	204
<i>Tetraedrom minimum</i>	40	35	27	22	11	10	18	7	38	208
<i>Pediastrum tetras</i>	11	9	25	10	4	9	23	4	16	111
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	-	-	-	4	-	1	15	-	34	44
<i>Crucigenia rectangularis</i>	4	3	1	2	-	-	-	-	-	10
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	15	9	6	23	12	5	4	1	9	84
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	5	5	3	2	2	2	4	5	3	31
<i>Scenedesmus</i> sp ₃	29	13	9	39	42	45	12	2	11	202
<i>Scenedesmus</i> sp ₄	2	1	1	1	7	-	2	-	4	18
<i>Epithemia</i> sp	1	1	-	-	1	-	-	1	-	4
<i>Staurodesmus</i> sp	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cosmarium</i> sp	1	1	-	2	-	-	-	-	-	4
<i>Oscillatoria</i> sp	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chlorococcus</i> sp	25	23	11	12	8	12	22	59	14	186
<i>Crucigenia tetrapecta</i>	-	-	-	-	5	7	17	4	8	41
<i>Oedogonium</i> sp	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Pendinium</i> sp	26	14	30	6	4	3	9	3	13	108
<i>Kirchneriella</i> sp	26	9	7	20	8	12	11	3	10	108
<i>Cocystis</i> sp	10	8	25	27	97	130	16	73	158	544
<i>Coelastrum</i> sp	30	14	4	1	1	1	3	1	1	56
<i>Melosira</i> sp	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Spirulina</i> sp	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2

Naviculideae s.h	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
Naviculideae s.lg	1	-	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Naviculideae s.tb	1	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Chlorococcaceae s.i	134	154	123	89	38	93	58	56	170	915										
Cyclotella sp	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Cyanocadena planctonica	47	6	1	6	2	3	7	2	-	74										
Pandorina sp	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1									-	1
Desmoccocus sp	3	2	6	6	6	3	14	3	-	43									-	43
Gomphonema sp	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2									-	2
Chlosterium sp	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1									-	1
Mougeotia sp	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1									-	1
Staurastrum sp	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-									-	1
Phacus sp	6	6	3	3	-	-	2	8	17	44									-	44
Trachelomonas sp	-	1	-	2	-	4	7	5	30	49									-	49
Total organismos/muestreo	556	421	532	617	629	430	437	297	648	4567										
H'/muestreo	2.48	2.12	1.87	1.81	1.37	2.07	2.37	2.05	2.15											
H'										2.03										
H' máx./muestreo	4.85	4.58	4.45	4.45	4.32	4.32	4.38	4.32	4.32	4.32										
H' mín./muestreo	0.31	0.29	0.24	0.21	0.19	0.26	0.27	0.36	0.18											
J'/muestreo	0.51	0.46	0.42	0.40	0.31	0.47	0.53	0.47	0.49											
J										0.45										
R/muestreo	0.52	0.57	0.61	0.62	0.71	0.55	0.49	0.57	0.52											
R										0.57										
H' máx.										4.44										
H' mín.										0.25										

Tabla 3. Número de organismos fitoplanctónicos por milímetro en cada muestreo y sus correspondientes densidades y frecuencias absolutas y relativas

Fecha de muestreo Organismo	Marzo 17	Marzo 31	Abril 14	Mayo 19	Junio 3	Junio 16	Julio 2	Julio 23	Agosto 19	Dens. absoluta	Dens. relativa %	Frec. absoluta	Frec. relativa %
<i>Ouroceus</i>	1681.6	1348.6	3649.3	5077.3	5907.2	840.9	1951.6	825.0	1668.0	17821.2	26.43	1	4.54
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	285.6	238.0	238.0	285.6	190.4	556.3	1094.8	111.0	238.0	3236.7	4.85	1	4.54
<i>Tetradion minimum</i>	634.6	555.3	428.4	349.0	174.5	158.8	289.7	111.0	602.9	3125.4	4.68	1	4.54
<i>Pediastrum tetras</i>	174.5	142.8	395.8	158.8	63.4	142.8	364.9	53.4	263.8	1760.0	2.54	1	4.54
<i>Ankistrodesmus falcaus</i>	-	-	-	88.4	-	15.8	238.0	-	300.8	618.0	0.92	0.44	1.99
<i>Crucigenia rectangularis</i>	63.4	47.6	15.8	31.7	-	-	-	-	-	158.5	0.23	0.44	1.99
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	238.0	142.8	95.2	364.9	190.4	79.3	63.4	15.9	142.8	1332.8	1.99	1	4.54
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	79.3	79.3	47.6	31.7	31.7	31.7	63.4	79.3	47.6	333.0	0.49	1	4.54
<i>Scenedesmus</i> sp.	460.1	206.2	142.8	618.8	668.4	714.0	190.4	91.7	174.5	3204.9	4.80	1	4.54
<i>Scenedesmus</i> sp.	31.7	15.8	15.8	15.8	111.0	-	31.7	-	63.4	285.2	0.42	0.77	3.49
<i>Ephemia</i> sp.	15.8	15.8	-	-	15.8	-	-	15.8	-	63.2	0.09	0.44	1.99
<i>Sturodesmus</i> sp.	15.8	15.8	-	-	-	-	-	-	-	31.6	0.04	0.22	0.99
<i>Coemarium</i> sp.	15.8	15.8	-	31.7	-	-	-	-	-	83.2	0.09	0.33	1.40
<i>Cocclatoria</i> sp.	15.8	-	-	-	-	-	-	-	-	15.8	0.02	0.11	0.46
<i>Chlorococcum</i> sp.	398.6	394.9	174.5	190.4	126.9	190.4	349.0	938.1	222.1	2950.9	4.42	1	4.54
<i>Oedogonium</i> sp.	31.7	-	-	-	-	-	-	-	-	31.7	0.04	0.11	0.46
<i>Peridinium</i> sp.	412.8	222.1	47.6	95.2	63.4	47.6	142.8	47.6	329.3	1836.3	2.75	1	4.54
<i>Kriethneriella</i> sp.	444.2	142.8	111.0	317.3	128.9	190.4	174.5	47.6	158.8	1813.3	2.42	1	4.54
<i>Oocytis</i> sp.	158.8	128.9	396.6	428.4	1539.0	2062.6	253.8	1158.2	2506.9	8631.0	12.94	1	4.54
<i>Coelastrum</i> sp.	476.0	222.1	63.4	15.8	15.8	16.8	47.6	15.8	16.8	886.1	1.33	1	4.54
<i>Melosira</i> sp.	47.6	-	-	-	-	-	-	-	-	47.6	0.07	0.11	0.46
<i>Spirulina</i> sp.	15.8	15.8	-	-	-	-	-	-	-	31.6	0.04	0.22	0.93
Naviculoides a.k.	63.4	-	15.8	-	-	-	-	-	15.8	95.0	0.14	0.33	1.40
Naviculoides a.l.	15.8	-	15.8	-	15.8	15.8	-	-	-	63.2	0.09	0.44	1.99
Naviculoides a.b.	15.8	95.2	31.7	31.7	-	-	-	-	-	174.4	0.26	0.44	1.99
Chlorococcaceae s.l.	2126.3	2443.4	1981.6	1412.1	602.9	1476.6	920.2	888.8	2697.3	14617.9	21.78	1	4.54
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	15.8	-	-	-	-	15.8	15.8	47.4	0.07	0.33	1.40
<i>Cyanocystis planctonica</i>	745.7	95.2	15.8	95.2	31.7	47.6	111.0	31.7	-	1173.9	1.76	0.88	3.99
<i>Pandorina</i> sp.	15.8	-	-	-	-	-	-	-	-	15.8	0.02	0.11	0.46
<i>Desmodesmus</i> sp.	47.6	31.7	95.2	95.2	95.2	47.6	222.1	47.6	-	662.2	1.02	0.88	3.99
<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	-	-	31.7	-	-	-	-	31.7	0.04	0.11	0.46
<i>Ciastrium</i> sp.	-	-	-	-	-	15.8	-	-	-	15.8	0.02	0.11	0.46
<i>Mougeotia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	15.8	-	-	15.8	0.02	0.11	0.46
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	-	-	-	-	79.3	111.0	289.7	63.4	128.9	550.3	0.97	0.55	2.49
<i>Staurastrum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	31.7	-	31.7	0.04	0.11	0.46
<i>Phacus</i> sp.	95.2	79.3	47.6	47.6	-	-	31.7	190.4	269.7	761.5	1.14	0.77	3.49
<i>Trachelomonas</i> sp.	-	15.8	-	31.7	-	63.4	111.0	79.3	476.0	777.2	1.16	0.66	2.99
Total										68848		22.02	

Tabla 4. Número total de individuos zooplanctónicos por organismo en cada uno de los muestreos y valores de diversidad biológica, redundancia y equidad

Fecha de muestreo Organismo	Marzo 17	Marzo 31	Abril 14	Mayo 19	Junio 3	Junio 16	Julio 2	Julio 23	Agosto 19	Total de organismos
<i>Brachionus</i> sp	151	480	56	58	161	144	21	677	62	1810
Cyclopidae s.l	106	201	3	461	98	103	288	60	2	1300
Nauplius s.l	20	113	2	288	47	43	15	18	-	548
<i>Moina</i> sp	11	43	-	2	-	2	-	2	-	60
Rotífero Phyllinidae s.l	-	3	1	-	-	-	-	-	-	4
Estatoblasto de <i>Pilmatella</i> sp	-	2	5	3	3	5	7	3	4	32
Total organismos/muestreo	288	842	67	812	309	297	309	760	68	3752
H'/muestreo	1.01	1.11	0.63	0.90	1.03	1.09	0.53	0.42	0.34	
\bar{H}										0.78
H' máx./muestreo	2.00	2.68	2.32	2.32	2.00	2.32	2.00	2.32	1.58	
H' mín./muestreo	0.05	0.03	0.24	0.03	0.05	0.07	0.05	0.03	0.12	
J'/muestreo	0.50	0.43	0.27	0.38	0.51	0.46	0.26	0.18	0.21	
\bar{J}										0.35
P'/muestreo	0.50	0.57	0.81	0.62	0.49	0.54	0.75	0.83	0.86	
\bar{P}										0.66
H' máx.										2.16
H' mín.										0.07

Tabla 5. Número de organismos zooplanctónicos por mililitro en cada muestreo y sus correspondientes densidades y frecuencias absolutas y relativas

Fecha de muestreo Organismo	Marzo 17	Marzo 31	Abril 14	Mayo 19	Junio 3	Junio 16	Julio 2	Julio 23	Agosto 19	Dens. absoluta	Dens. relativa %	Frec. absoluta	Frec. relativa %
<i>Brachionus</i> sp	545.1	1732.8	202.1	208.4	581.2	619.8	75.8	2444.0	229.8	6534.0	48.24	1.00	21.58
Cyclopidae s.l	382.7	726.8	10.8	1664.2	359.8	371.8	860.3	216.6	7.2	4893.0	34.64	1.00	21.55
Nauplius s.l	72.2	407.9	7.2	1039.7	169.7	156.2	64.1	65.0	-	1971.0	14.55	0.88	18.96
<i>Moina</i> sp	39.7	155.2	-	7.2	-	7.2	-	7.2	-	216.6	1.60	0.88	11.85
Rotífero Phyllinidae s.l	-	10.6	3.6	-	-	-	-	-	-	14.4	0.10	0.33	7.11
Estatoblasto de <i>Pilmatella</i> sp	-	7.2	18.0	10.8	10.8	18.0	25.9	10.8	14.4	115.3	0.85	0.88	18.96
Total										13544.2		4.84	

Tabla 6. Reseña taxonómica de los organismos fitoplanctónicos hallados (Prescott, 1970)

División	Subdivisión	Clase	Orden	Familia	Género		
Chlorophyta	Chlorophyceae		Volvocales	Volvocaceae	<i>Pandorina</i> sp		
				Chlorococcales	Chlorococcaceae	<i>Chlorococcum</i> sp	
						<i>Tetraedron</i> sp	
					Oocystaceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp	
						<i>Kirchneriella</i> sp	
						<i>Oocystis</i> sp	
					Dictyosphaeriaceae	<i>Dictyosphaerium</i> sp	
					Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp	
						<i>Crucigenia</i> sp	
						<i>Scenedesmus</i> sp	
						Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum</i> sp
					Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Desmococcus</i> sp
					Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
					Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i> sp
						Desmidiaceae	<i>Closterium</i> sp
				<i>Cosmarium</i> sp			
				<i>Staurastrum</i> sp			
				<i>Staurodesmus</i> sp			
Euglenophyta			Euglenales	Euglenaceae	<i>Phacus</i> sp		
Pyrrhophyta		Dinophyceae		Peridiniaceae	<i>Peridinium</i> sp		
Chrysophyta	Bacillariophyceae		Centrales	Coscinodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp		
						<i>Melosira</i> sp	
					Pennales	Gomphonemaceae	<i>Gomphonema</i> sp
						Epithemiaceae	<i>Epithemia</i> sp
Cyanophyta			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp		
						<i>Spirulina</i> sp	
					Chlorococcales	Chlorococcaceae	<i>Cyanocatenula</i> sp

Tabla 7. Porcentaje de las diferentes divisiones del fitoplancton

División	Número de géneros	Porcentaje
Chlorophyta	18	64.285
Euglenophyta	2	7.142
Pyrrhophyta	1	3.751
Chrysophyta	4	14.285
Cyanophyta	3	10.714
Total	28	99.997

que puedan fijar el nitrógeno atmosférico y añadir nitratos complementarios al ciclo. Esta última posibilidad se presenta comúnmente en los estuarios y ecosistemas semicerrados o cerrados como el tratado aquí (Russell-Hunter, 1973).

Referente a la transparencia, puede decirse que fue muy baja debido a factores tales como el color oscuro del fondo, la alta concentración de sólidos disueltos y la concentración del plancton. Según se observa en la figura 3, la relación de la transparencia con el número de individuos del fitoplancton se muestra en general directa, pudiéndose decir que se ve favorecida por el hecho de que la mayor transparencia facilita la fotosíntesis y con ello el mejor uso de los nutrientes, así como una mayor disponibilidad de oxígeno; este último guarda, por tanto, en la misma gráfica, una relación casi directa con la transparencia.

De la conductividad puede decirse que sus valores altos se deben principalmente a las altas concentraciones de los cloruros (fig. 4 y tabla 1) cuya relación puede definirse en general como directa. Ambos valores están en estrecha relación con la salinidad y son muy importantes en esta laguna, ya que sus valores exceden en mucho los valores normales para las aguas dulces (Margalef, 1980 y 1983).

Las relaciones entre el fitoplancton y el zooplancton pueden verse en la figura 5 y se observa cómo con excepción de los tres primeros muestreos y los dos últimos del estudio, su relación es en general directa, debido a la dependencia trófica de ambas poblaciones. En la misma gráfica se ve también que tanto el fito-

plancton como el zooplancton tienen relaciones directas en general con la dureza, lo que implica una dependencia de los organismos del plancton con respecto al calcio y/o magnesio, que son los componentes de la dureza. A este respecto, Pennak (1978), reporta la influencia de estos dos minerales sobre el zooplancton y el hecho de que las concentraciones altas de magnesio pueden llegar a inhibir la reproducción. En cuanto al fitoplancton, se sabe con certeza que el calcio es requerido por cualquier vegetal para controlar las concentraciones de otros iones como el mismo magnesio y los nitratos (Uribe, 1983). Los valores de la equidad del fitoplancton y zooplancton, y el índice de diversidad, se muestran claramente directos en las figuras 6 y 7, lo que puede deberse al hecho de que equidades bajas determinan unos pocos organismos dominantes (Washington, 1984) que conllevan índices de diversidad bajos como en el caso presente. Lo anterior puede corroborarse observando las frecuencias relativas del plancton en las figuras 9B y 11 respectivamente. También sirve de fundamento para la anterior afirmación, el hecho de que la redundancia es inversamente proporcional tanto a la equidad como a la diversidad del plancton, puesto que a medida que la redundancia es mayor (cerca a 1) indica que sólo unos pocos individuos "redundan" y, por tanto, dominan.

Las estructuras de las comunidades planctónicas (figuras 8 y 9A respectivamente) se hallaron con base en la densidad relativa de los organismos del fitoplancton y zooplancton (tablas 3 y 5) y muestran claramente cómo están conformados en ambos casos sólo por unos pocos individuos dominantes ampliamente, lo que está en concordancia con los valores de diversidad, equidad y redundancia.

Aunque no se realizaron mediciones de productividad primaria, podría ser que ésta sea en general alta debido a la relación inversa que presenta con la diversidad biológica del fitoplancton (Margalef, 1980) y a que la dureza, principalmente por calcio, se halla en relación directa con los valores de la productividad primaria (Krebs, 1985).

De las figuras 9B y 11 puede deducirse, al compararse con las figuras 8, 9A y 10, que no necesariamente los organismos de mayor frecuencia relativa son los más abundantes, pues ésta sólo indica el número de veces que un organismo se presenta en relación con los demás, y esto dependerá, en última instancia, del número de individuos presentado por cada uno. Además, debe recordarse que la frecuencia relativa hace referencia a la probabilidad de encontrar una especie en cualquier fecha, lo que no tiene que relacio-

narse en definitiva con el número de individuos presentado por la misma. Sin embargo, apoyándonos en estas cinco gráficas, podemos decir que los organismos más frecuentes son los más adaptados a las condiciones variables y extremas de este sitio.

De la figura 10 puede concluirse que los organismos fitoplanctónicos de mayor constancia durante los muestreos realizados fueron *Ourococcus* sp, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Tetraedron minimum*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus* sp3, *Chlorococcum* sp, *Peridinium* sp, *Kirchneriella* sp, *Oocystis* sp, *Coelastrum* sp y la familia Chlorococcaceae. Los menos constantes fueron *Oscillatoria* sp, *Oedogonium* sp, *Melosira* sp, *Pandorina* sp, *Gomphonema* sp, *Closterium* sp, *Mougeotia* sp y *Staurastrum* sp.

Cabe destacar que debido a la alta conductividad, la densidad del agua es mayor, lo que perjudica la flotabilidad de los organismos del fitoplancton, los cuales presentan adaptaciones para vencer este obstáculo y aprovechar, además, la poca profundidad de la zona fótica y, por ende, la poca disponibilidad de luz para la fotosíntesis. Entre estas adaptaciones pueden contarse las formas puntiagudas, las formas flageladas, los cenobios y las colonias, las investiduras gelatinosas y las formas cilíndricas y en cadena (Schwöberbel, 1975; Morris, 1980). Estas adaptaciones son las presentadas por los organismos más frecuentes del fitoplancton.

También merece atención el que se encuentren células individuales de organismos que normalmente son formas coloniales o de cenobios, como es el caso de *Scenedesmus* sp, *Pediastrum* sp, *Dictyosphaerium* sp y *Coelastrum* sp. Esto puede deberse a los altos valores de la dureza, lo que influye en la tendencia a la disgregación de los mencionados organismos (Margalef, 1983).

Referente a la muerte masiva de peces, que durante el tiempo de muestreo ocurrió en tres ocasiones (tabla 1), se puede pensar que la causa más probable se debe a un posible agotamiento del oxígeno disuelto en la superficie, ya que en la noche el oxígeno producido por el fitoplancton durante el día, es gastado en la respiración del zooplancton, los peces y el mismo fitoplancton, así como en la descomposición del material orgánico del fondo. Lo anterior se puede corroborar, pues los peces en algunas ocasiones (y antes de ocurrir las pérdidas masivas en la población), se encontraban en las primeras horas de la mañana, en la superficie, tratando de captar oxígeno de las capas

superiores del agua donde la concentración del oxígeno es mayor por su contacto directo con el aire. Para comprobar esto, se hace necesario muestrear el oxígeno disuelto durante las 24 horas del día a intervalos de una a dos horas, en los períodos secos y lluviosos y a diferentes profundidades.

La figura 12 corresponde al espectro porcentual de las divisiones del fitoplancton. Hay que aclarar que sólo las divisiones Chlorophyta, Pyrrophyta y Euglenophyta presentan números altos de individuos, pues los individuos de las otras dos divisiones (Cyanophyta y Chrysophyta) fueron ocasionales (tablas 2, 6 y 7). Con respecto a Chlorophyta, se observa en las tablas 2, 3 y 6 que el número de Zygnematales es muy bajo, así como el de Desmidiaceae. Lo anterior se debe a que las Zygnematales se presentan sólo en aguas de poco contenido mineral, lo cual no sucede en esta laguna (tabla 1), y las Desmidiaceae en aguas alcalinas y ricas en calcio y cloruros (como en la presente), se reducen casi al mínimo. Además, las desmidiáceas usan exclusivamente el ácido carbónico, presente mayormente en aguas ácidas, lo cual no sucede aquí (Margalef, 1961, 1980 y 1983). La poca presencia de diatomeas sugiere la ausencia o la incapacidad para utilizar adecuadamente los silicatos que puedan presentarse, si los hay, pues su presencia fue sólo esporádica. Lo anterior no puede corroborarse debido a que no se analizó este parámetro.

La división Pyrrophyta estuvo representada sólo por el género *Peridinium* sp, cuya abundancia guarda relación con los fosfatos (Margalef, 1983) y puede observarse en las tablas 2 y 3 que este organismo se presentó en mayor número al principio de los muestreos cuando los fosfatos fueron los más altos.

Los organismos del zooplancton muestran una comunidad relativamente pobre y conformada tan sólo por seis organismos (figura 9A) de los que el más abundante es el rotífero *Brachionus* sp seguido por los copépodos Cyclopidae. Ambos organismos mostraron también la frecuencia relativa más alta (fig. 9B). Respecto a los rotíferos en general, se sabe que se encuentran en buen número en aguas más eutróficas (Margalef, 1983). Del rotífero *Brachionus* en particular, se conoce que varias de sus especies son especialmente comunes en aguas ricas en calcio, o están restringidas a ellas; además abundan con los copépodos en sitios donde las concentraciones de cloruros, sulfatos y carbonatos son altas y ocasionan la disminución rápida, en número, de otros organismos (Margalef, 1983; Pennak, 1978). *Brachionus* es reportado como organismo típico de cuerpos de agua altamente

eutróficos (Scendacz *et al.*, 1985; Gannon y Sternberg, 1978). Los cladóceros estuvieron representados solamente por el género *Moina*, el cual se presenta en aguas salinas (Pennak, 1978) como la presente. Dicho género presentó una densidad y una frecuencia relativa bajas, lo cual pudo deberse a que es un organismo que no se halla adaptado para vivir en condiciones de abundante cantidad de material en suspensión en el agua (Scendacz *et al.*, 1985). La ausencia de otros organismos pertenecientes a los cladóceros pudo originarse en que, salvo contadas excepciones, no toleran variaciones bruscas en las concentraciones de oxígeno disuelto, sobre todo en lo que se refiere a la disminución del mismo; los copépodos, por el contrario, sí toleran dichas variaciones y disminuciones bruscas (Pennak, 1978).

La figura 13 sugiere las posibles relaciones tróficas entre los organismos más abundantes en el zooplancton. Puede observarse que los dos primeros picos de aumento de los copépodos se debieron a la existencia de una "reserva" apropiada de formas larvales que permitieron dicho aumento. El tercer pico es de difícil análisis debido a la ausencia de relaciones causales precisas que pueden explicarlo. El aumento simultáneo de las tres poblaciones al comienzo del muestreo puede deberse a la alta disponibilidad del fitoplancton en cuanto a número de individuos, pues si se observan la tabla 2 y la figura 5, puede concluirse que en este momento el fitoplancton disminuyó (marzo 31), para luego aumentar, mientras que a los integrantes del zooplancton les sucedía lo contrario.

CONCLUSIONES

La laguna del Parque Norte es un cuerpo de agua altamente eutroficado. Lo anterior puede afirmarse debido a la presencia de factores fisicoquímicos alterados, como son la baja transparencia y los altos valores de conductividad, pH, nitrógeno como nitratos, fosfatos totales, dureza total y cloruros.

La anterior conclusión se ve reforzada por la presencia en grandes cantidades de organismos indicadores de dicha condición como *Brachionus* sp y copépodos en el zooplancton, y algunas especies de *Chlorococcum*, *Scenedesmus* y *Tetraedron* en el fitoplancton (Palmer, 1977).

Los altos valores de la conductividad y los cloruros indican a su vez una salinidad "alta", lo que se corrobora

por la presencia de organismos indicadores de tal condición, principalmente en el zooplancton (*Moina* sp y *Plumatella* sp) y la ausencia casi total de desmi-diáceas en el fitoplancton. Para que existan los valores de salinidad mencionados, debe existir una fuente de agua salina que está por detectar.

El agua de la laguna es altamente "dura", lo que se confirma principalmente por los valores de la dureza total y por la presencia de *Brachionus* sp y copépodos Cyclopidae, organismos que guardan relación directa con los valores altos de la misma.

Los bajos valores de la equidad del plancton, la alta redundancia general y la baja diversidad del zooplancton, reafirman el estado de eutrofia de la laguna.

Los factores más importantes para el fitoplancton, en esta laguna, parecen ser los nitratos y la dureza, lo cual podría comprobarse con un estudio a más largo plazo.

La causa de la muerte masiva de peces parece deberse al agotamiento del oxígeno durante la noche lo que podría corroborarse con un seguimiento principalmente del oxígeno durante el día y la noche, para observar sus variaciones en los períodos de verano e invierno.

La laguna en cuestión se comporta como una trampa de nutrientes, en la cual éstos circulan internamente, sin tener ninguna fuente de salida, lo que conlleva las alteraciones ya mencionadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero al doctor Gabriel Roldán por su colaboración desinteresada al facilitarme las instalaciones y equipos del laboratorio de limnología Alexander Von Humboldt y por la revisión del presente trabajo. Igualmente al doctor Hernán Pulido, director del Centro de Investigaciones Ambientales de la Universidad de Antioquia y a los técnicos de laboratorio del mismo centro, por sus desinteresados servicios. Finalmente a la señorita María Helena Posada (directora del Parque Norte) y a los señores Raúl Hernández y Gabriel Jaime Cardona por permitirme el acceso al parque y el uso de los implementos necesarios para realizar esta investigación.

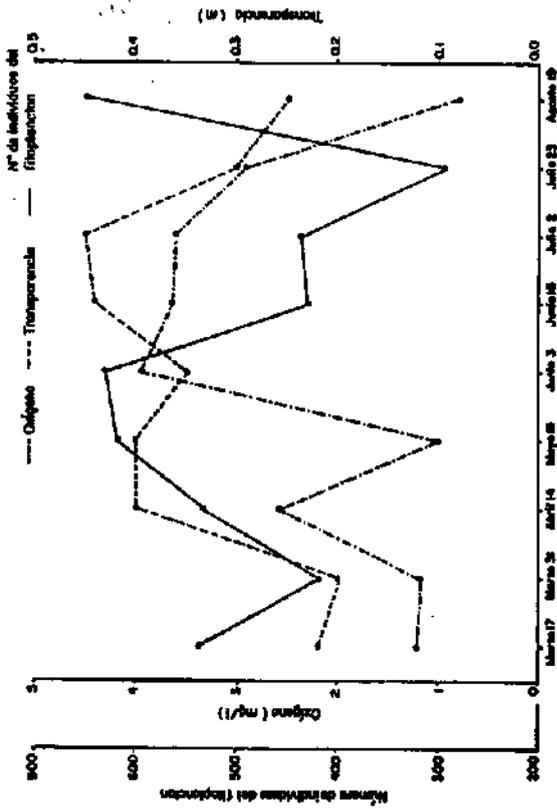


Fig. 3. Relación entre las variaciones de oxígeno, la transparencia y el número de individuos del fitoplancton.

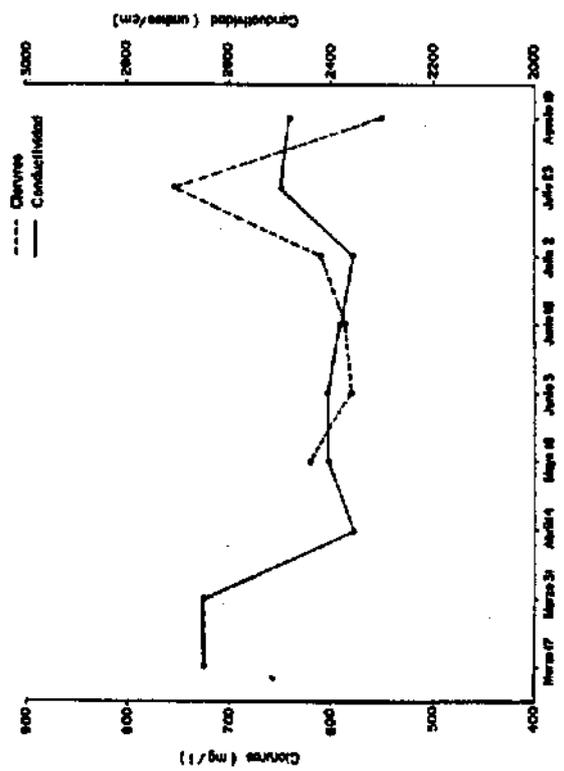


Fig. 4. Relación entre las variaciones de los cloruros y las de la conductividad.

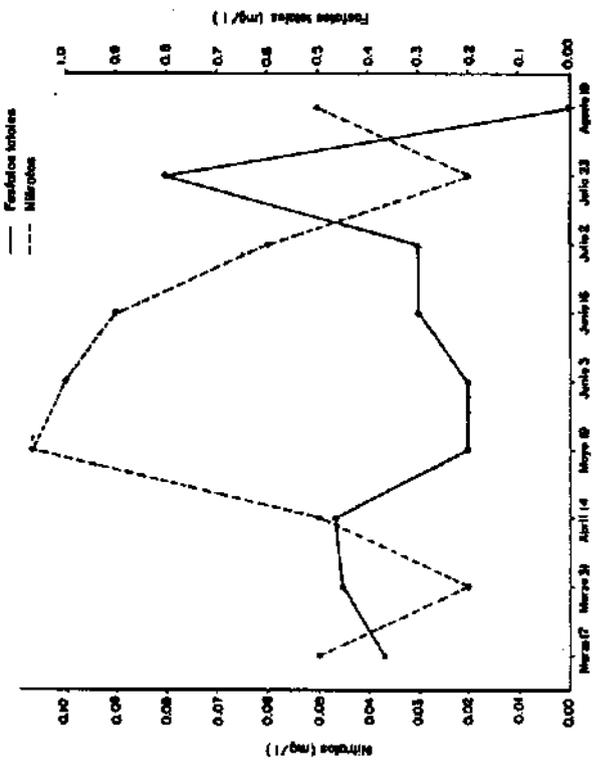


Fig. 1. Relación entre las variaciones de los fosfatos totales y los nitratos.

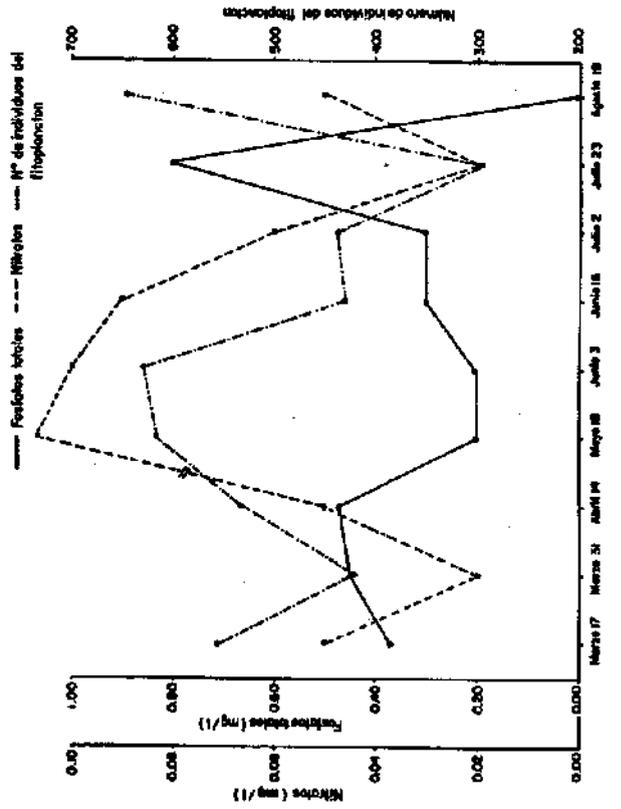


Fig. 2. Relación entre las variaciones de los fosfatos totales, los nitratos y el número de individuos del fitoplancton.

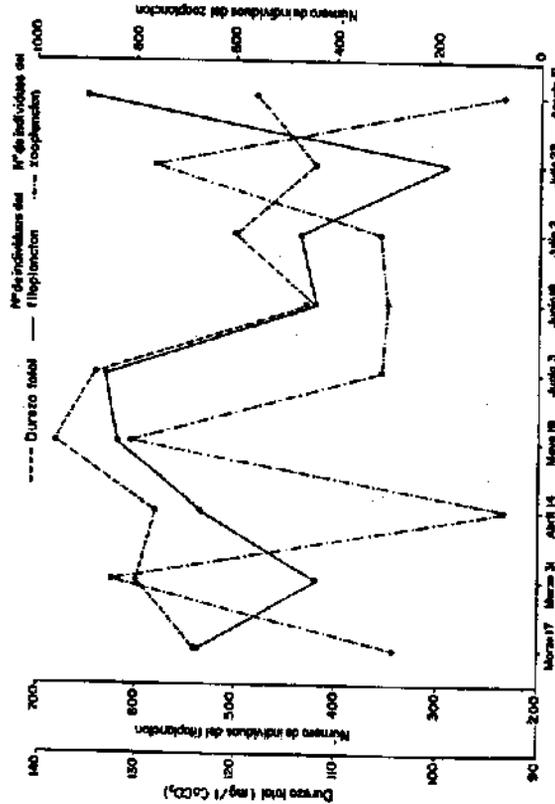


Fig. 5. Relación entre las variaciones de la dureza total, el número de individuos del fitoplancton y el número de individuos del zooplancton.

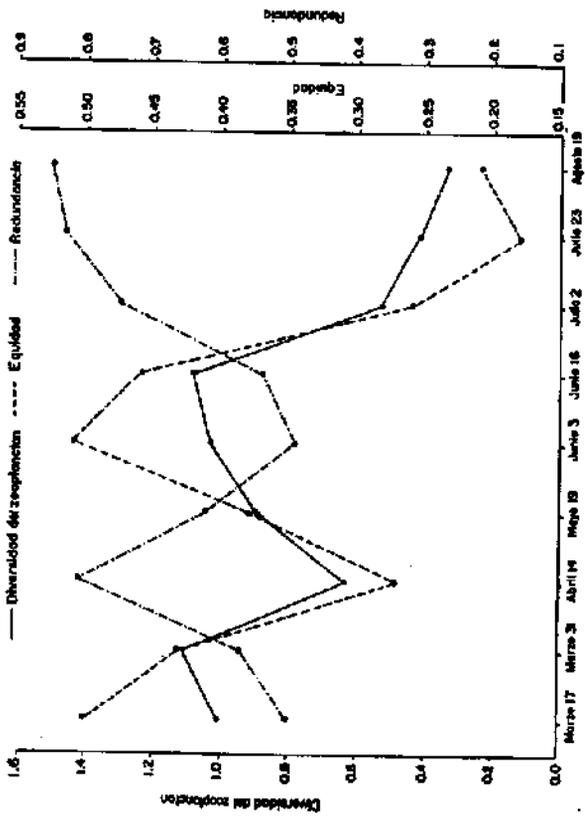


Fig. 7. Relación entre las variaciones del índice de diversidad, la equidad y la redundancia del zooplancton.

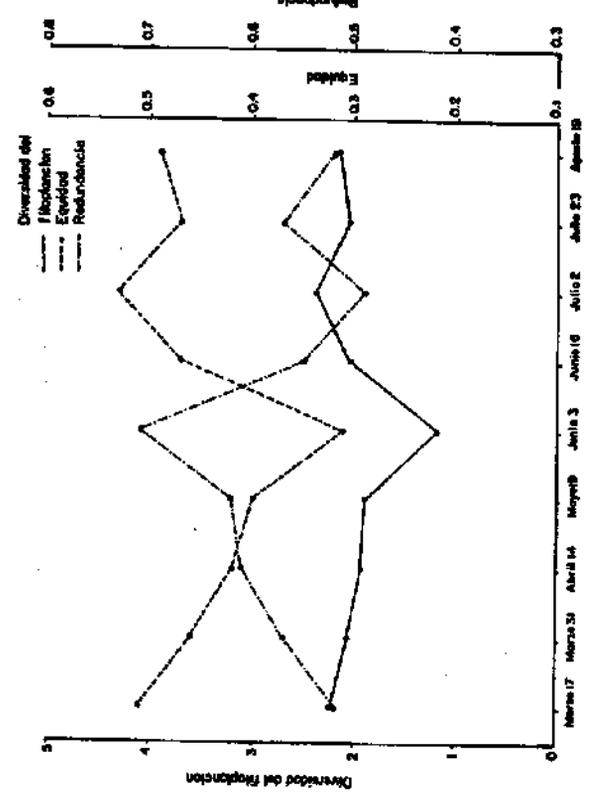


Fig. 6. Relación entre las variaciones del índice de diversidad, la equidad y la redundancia del fitoplancton.

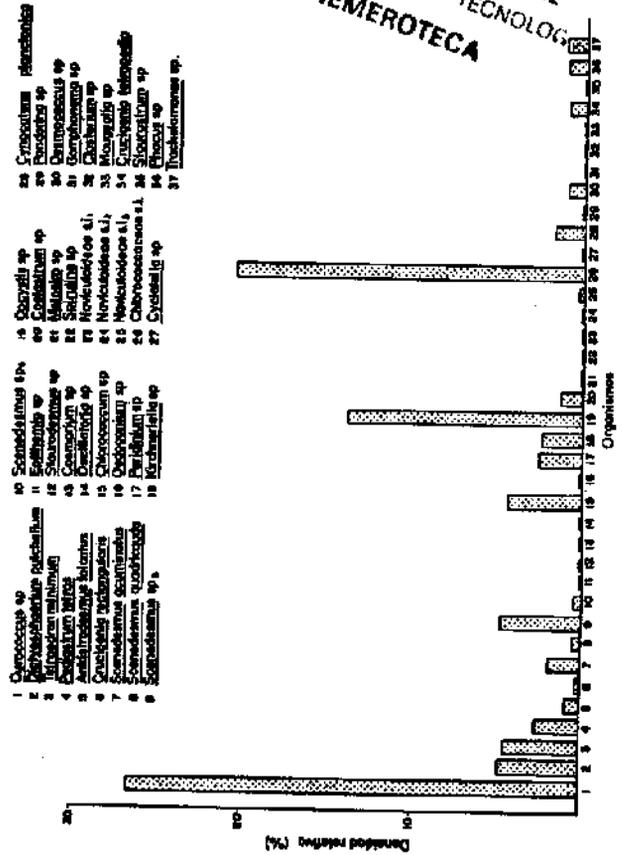


Fig. 8. Estructura de la comunidad fitoplanctónica basada en la densidad relativa (tabla 3).

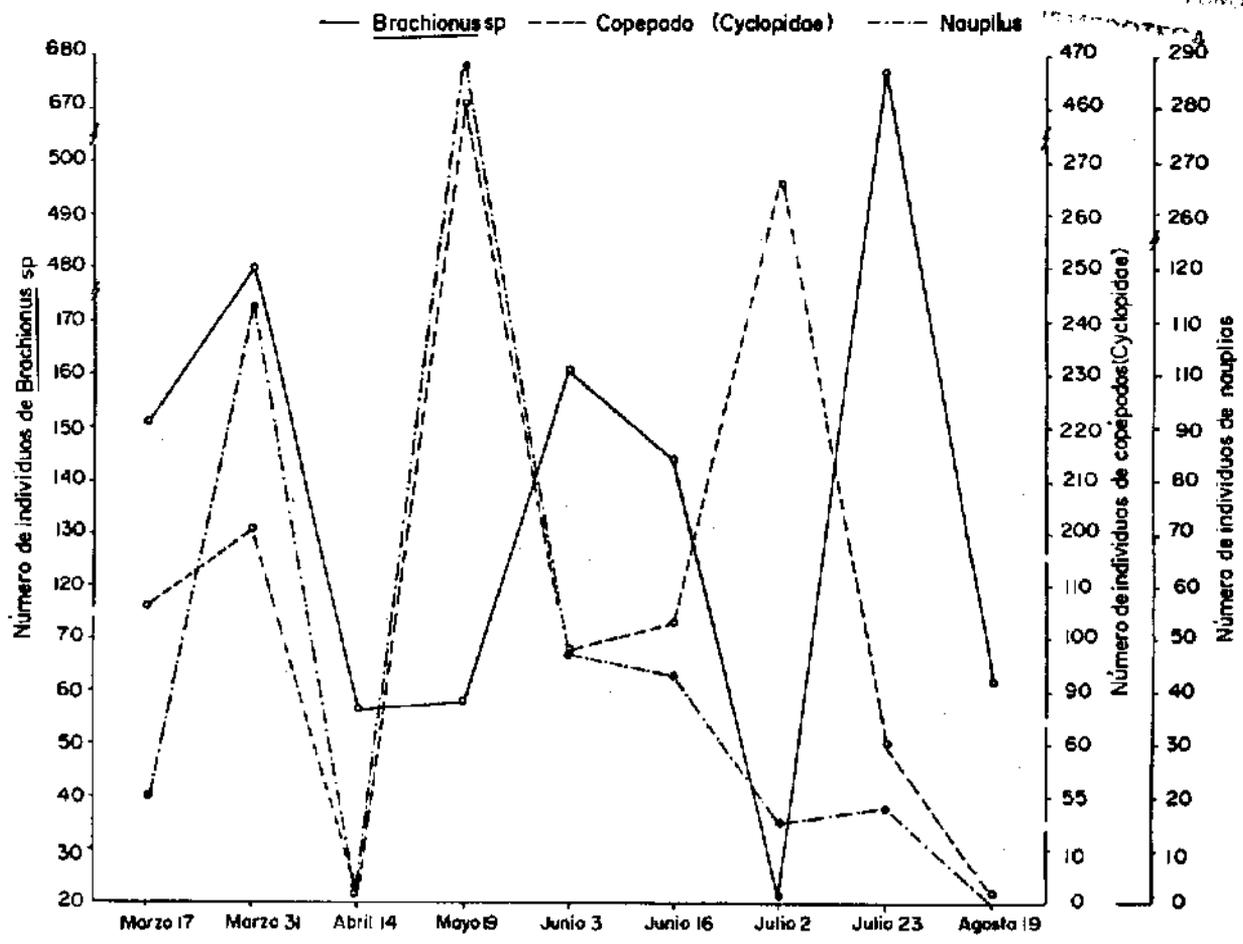


Fig. 13. Posibles relaciones tróficas entre *Brachionus* sp, copépodos de Cyclopidae y nauplius de Cyclopidae.

LITERATURA CITADA

APHA. 1980. Métodos standard para el examen de aguas y aguas de desecho. Edit. Interamericana, S.A. México.

Bicudo, C. y R. M. Bicudo. 1969. Algas de aguas continentais brasileiras. Fundação brasileira para o desenvolvimento do Ensino de Ciências. São Paulo.

Bold, H. y M. Wynne. 1978. Introduction to the algae: structure and reproduction. Prentice-Hall. New Jersey.

De Moraes Huszar, V. L. 1984. Contribuição o conhecimento das algas planctônicas do lago da Barragem. Santa Barbara, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. Phycol. Latn Amer. 2: 189-202.

———. 1985. Algas planctônicas da lagoa de Juturnaiba, Araruama, R. J. Brasil. Rev. Brasil. Bot. 8: 1-19.

Dussart, H. 1984. Some crustacea copepoda from Venezuela. Hydrobiologia 113: 25-87.

Edmonson, W. T. 1959. Freshwater Biology. John Wiley and sons, Inc. New York.

Gannon, J. E. y R. S. Stemberger. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. In: Scandacz, S., E. Kubo y L. P. Fujiara (eds). 1984. Trans. Amer. Microscop. Soc. 97: 16-35.

Hino, K. 1984. Determinação. da penetração da energia radiante, porcentagen de penetração de luz qualitativa, coeficiente de absorção vertical e coeficiente de extinção. Curso avanzado de métodos de limnologia. Univ. Federal de São Carlos. Brasil.

Hino, K. y J. G. Tundisi. 1984. Atlas de algas da represa do Broa. Serie Atlas. Volumen II. 2a. edição. Univ. Federal de São Carlos. Brasil.

Krebs, Ch. J. 1985. Ecologia: estudio de la distribución y la abundancia. 2a. ed. Harper y Row Latinoamericana. México.

- Margalef, R. 1961. La vida en los charcos de agua dulce de Nueva Esparta (Venezuela). Mem. Soc. Ci. Nat. La Salle. Tomo XXI. No. 59.
- . 1980. Ecología. 2a. ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- . 1983. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Secretaría General, Washington.
- Morris, I. 1980. The physiological ecology of phytoplankton. Blackwell scientific publications. Oxford.
- Müller, H. y E. Saaks. 1979. Microorganismen limnischer ökosysteme. Pedagogische Hochschule Ruhr Dortmund. Fachbereich VI/Biologie.
- Murgel-Branco, S. 1969. Hidrobiología aplicada a la Ingeniería Sanitaria. Fac. de Higiene y Salud Pública. Univ. de São Paulo. Brasil.
- Needham, J. y P. Needham. 1978. A guide to the study of fresh water biology. Holden-day, Inc. San Francisco.
- Odum, E. 1972. Ecología. 3a. ed. Edit. Interamericana. México.
- Palmer, C. 1977. Algae in water supplies. U. S. Dept. of Health, Education and Welfare. Public Health Serv. Cincinnati. Ohio.
- Patten, B. C. 1982. Species diversity in net plankton of Raritan Bay *in*: Washington, H. G. (ed). 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water research. 18 (6): 653-694. J. Mar. Res. 20: 57-75.
- Pennak, R. 1978. Freshwater invertebrates of the United States. 2a. ed. John Wiley sons, Inc. New York.
- Pielou, E. C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *in*: Washington, H. G. (ed). 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water research. 18 (6): 653-694. J. Theor. Biol. 10: 370-383.
- . 1975. Ecological Diversity. 165 pp. Wiley, New York. *in*: Washington, H. G. (ed). 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water research. 18 (6): 653-694.
- Prescott, G. W. 1970. How to know the fresh-water algae. Brown Co. publishers. Dubuque, Iowa.
- Rocha, O. y M. Tundisi. 1976. Atlas do zooplankton (Represa do Broa, São Carlos). Vol. I. Copepoda. Univ. Federal de São Carlos. Dept. de Ciências Biológicas.
- Ros, J. 1979. Prácticas de ecología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Russell-Hunter, W. D. 1973. Productividad acuática. Edit. Acribia. España.
- Scendacz, S. y E. Kubo. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatorios do Estado de São Paulo. Bol. Inst. Pesca 9 (único): 51-89.
- Scendacz, S., E. Kubo y M. A. Cestaroli. 1985. Limnología de reservatorios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplankton. Bol. Inst. Pesca 12 (1): 187-207.
- Schwöerbel, J. 1975. Métodos de Hidrobiología. Ediciones H. Blume, Madrid.
- Shannon, C. E. y W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. pp. 19-27, 82-83, 104-107. The University of Illinois press, Urbana. II. *in*: Washington, H. G. (ed). 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water research. 18 (6): 653-694.
- Uribe, F. 1983. Botánica general. Centro de Duplicación, Univ. de Antioquia. Medellín.
- Washington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water research. 18 (6): 653-694.
- Wilhm, J. L. y T.C. Dorris. 1968. Biological parameters for water quality criteria. *in*: Washington, H. G. (ed). 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water research. 18 (6): 653-694. Bioscience 18: 477-481.
- Yacubson, S. 1969. Algas de ambientes acuáticos continentales nuevos para Venezuela (Cyanophyta, Chlorophyta). Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia. No. 3. Venezuela.
- . 1972. Catálogo e iconografía de las Cyanophyta de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia. No. 5. Venezuela.
- . 1974a. Iconografía de las Chlorophyta de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia. No. 11. Venezuela.
- . 1974b. El fitoplancton de la laguna de San Javier del Valle (Estado Mérida), Venezuela. (Extrait de la Revue Algologique, nouvelle serie, tome XI, fascicule 1-2, pages 91-131). Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Univ. de Zulia. Venezuela.