

Fluctuación estacional del zooplancton en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia

John Jairo Ramírez R¹ & Abel Díaz C²

¹ Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, apartado aéreo 1226, Medellín, Colombia.

² Departamento de matemáticas, Universidad de Antioquia, apartado aéreo 1226, Medellín, Colombia.

(Rec. 8-II-1995, Rev. 30-VIII-1995, Acep. 14-XI-1995)

Abstract: From April 1991 to January 1992 nineteen samples of zooplankton and physico-chemical variables associated with them were measured each two weeks. These samples were carried out in surface and bottom in only one sampling station with a shower pipe specified for shallow environments. *Brachionus plicatilis* was the dominant organism with *Thermocyclops decipiens*, *Arctodiaptomus dorsalis* and *Moina* sp. The found taxonomic composition is very similar to another eutrophic tropical lakes with hard and alkaline waters. Community diversity showed small values and it was more associated with evenness in surface and bottom and it was affected by dominance of *B. plicatilis*. Width niche for this organism and *T. decipiens* was small in both depth. Directional overlap niche index between these two taxa were small too. Cluster analysis for samples showed four groups in surface and bottom organized in accordance with absolute abundance and influenced by *B. plicatilis* for representing of total zooplankton 56.6% in surface and 70.8% in bottom. For taxa were formed two groups: in first were joined those dominants and abundant taxa and in the second the rare taxa.

Key words: Tropical zooplankton, aquatic ecology, tropical limnology.

La estructura de una comunidad ha sido definida como la forma en que los organismos se distribuyen en el espacio para aprovechar las condiciones que ofrece el medio abiótico. Como consecuencia, se establecen relaciones referentes a la contribución relativa de las especies a causa de interacciones como la competencia, la depredación y el parasitismo, entre otras. El resultado final es una comunidad estructurada en el espacio (estratos) y en el tiempo (fenofases) que asume un patrón o serie definida. El patrón general consiste en una o unas pocas especies dominantes con un gran número de individuos, seguida por unas cuantas especies con abundancia baja e igualmente comunes y una gran cantidad de especies con pocos individuos (Lewis & Taylor 1968, Davigneaud 1981, Pianka 1982). Como consecuencia de

la eutroficación, en los ecosistemas lacustres se produce un desequilibrio que altera dicho patrón, acentuando la dominancia del o los individuos más abundantes del sistema y la desaparición de muchas de las especies de abundancia intermedia y baja. A este respecto y referente a la comunidad zooplanctónica, se considera que en los cuerpos de agua oligoproductivos dominan a menudo los calanoides y en los euproductivos los pequeños copépodos ciclopoideos, los rotíferos y los cladóceros (Mcnaught 1965, Gannon & Stemberger 1978, Pace 1986). Sin embargo, los trabajos realizados hasta ahora por investigadores brasileños evidencian ausencia de un patrón de distribución definido en relación al nivel trófico. Tundisi & Tundisi (1976) hallaron dominancia de rotíferos en un embalse oligoproductivo. Por otro lado,

Sendacz *et al.* (1985), investigando 17 embalses del Estado de São Paulo, muchos de ellos eutrofizados artificialmente, encontraron como dominante el mismo grupo en el zooplancton total.

Los objetivos del presente artículo consisten en establecer la estructura de la comunidad zooplanctónica y su patrón de variación espacio-temporal durante un período de diez meses de muestreo. Además establecer el grado de concordancia entre las condiciones tróficas del sistema y los Táxones zooplanctónicos dominantes y abundantes hallados.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Laguna del Parque Norte (6° 17' N., 75° 33.4' W.) es un cuerpo de agua endorreico, polimíctico y de origen natural, situado en el Municipio de Medellín, Departamento de Antioquia, Colombia. La región donde se localiza corresponde a la zona de vida bh-P-T, presenta clima ecuatorial con oscilaciones pequeñas de temperatura durante el año (media anual = 21°C) y dos máximas de lluvia. El período lluvioso más alto se presenta en mayo y octubre siendo la media anual de 1409 mm (Espinal 1992).

Las características morfométricas principales del cuerpo de agua son las siguientes:

Altitud	1480 msnm
Volumen	66198.51 m ³
Profundidad media	1.60 m
Profundidad máxima	2.10 m
Profundidad relativa	0.91
Area superficial	41424.97 m ²
Perímetro	945.00 m

Estudios limnológicos preliminares han mostrado un ecosistema eutrofizado, (Ramírez 1987), poco variable desde el punto de vista físico-químico (Estrada & Ramírez 1993) y limitado principalmente por la luz (Ramírez & Díaz 1994a). Se ha observado además que presenta un ciclo diario de mezcla influenciado por el viento y el enfriamiento nocturno al igual que en otros lagos tropicales de poca profundidad (Ramírez & Díaz 1994b).

Entre abril de 1991 y enero de 1992 se realizaron 19 muestreos en superficie y fondo de la Laguna del Parque Norte. Los muestreos fueron efectuados cada 15 días entre las 10:00 y las 12:00 horas en una sola estación de colecta. Esta estación presenta una profundidad aproximada de 1.60 m.

Las muestras de agua fueron extraídas con una botella Kemmerer de un litro de capacidad. Los métodos usados para la medición de las variables analizadas se citan en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Metodología utilizada para la medición de las variables físicas y químicas analizadas

Variable	Unidades	Material y/o método
Temperatura del aire	°C	Termómetro
Temperatura del agua	°C	Termistor digital
Conductividad	µm.cm ⁻¹	Potenciométrico
Transparencia	m	Disco Secchi
Turbidez	N.T.U	Nefelométrico
Pluviosidad	mm	Pluviómetro
pH	Unidades de pH	Potenciométrico
Alcalinidad total	mg.l ⁻¹ CaCO ₃	Potenciométrico
Dureza cálcica	mg.l ⁻¹ CaCO ₃	Titrimétrico del EDTA
Dureza magnésica	mg.l ⁻¹ CaCO ₃	Dur Total - Dur cálcica
Cloruros	mg.l ⁻¹	Mohr
N-NH ₄	µg.l ⁻¹	Nesslerización
N-NO ₃	µg.l ⁻¹	Ac. fenoldisulfónico
P-PO ₄	µg.l ⁻¹	Acido ascórbico
SO ₄	mg.l ⁻¹	Turbidimétrico
Clorofila a	µg.l ⁻¹	Solvente: metanol acetona (1:1 v/v) Acidificación: HCl 4M Talling & Driver (1969)

La fijación de los organismos se llevó a cabo con formalina al 4% y su determinación en un microscopio binocular utilizando las claves de Edmonson (1959), Rocha & Tundisi (1976), Pennak (1978), Sendacz & Kubo (1982) y Dusart (1984). Los tres táxones dominantes fueron identificados hasta el nivel específico por la Dra. Susana Sendacz de la Facultad de Salud Pública de la Universidad de São Paulo.

El zooplancton fue muestreado en superficie y fondo con un tufo de succión de 2 m de longitud y diámetro de 0.10 m. Fueron filtrados, en cada muestreo, volúmenes totales de 11.0 y 71.0 litros para superficie y fondo respectivamente. Este volumen fue filtrado a través de una red con poro de 64 μm y concentrado en un frasco de 0.30 litros, atado al final de la red. De este frasco, previa agitación, fue tomada con una pipeta de boca ancha, una submuestra de 1 ml. para ser contada en una cámara de Sedgwick-Rafter en un aumento total de 100X. En ella se contaron todos los individuos presentes, según lo propuesto por González (1988) Wetzel & Likens (1979) e Infante (1993). El resultado final se reporta como densidad absoluta en individuos. ml^{-1} .

Se estableció además el número de huevos de *Brachionus plicatilis* y *Thermocyclops decipiens* (por ser los organismos más abundantes) y el número de machos y hembras de este último taxón. Como criterio para establecer los táxones dominantes y abundantes se tomó el presentado por Lobo & Leighton (1986).

Para establecer la estructura de la comunidad se determinó la diversidad (Shannon & Weaver 1949), la equidad como razón de Hill (citada en Ludwig & Reynolds 1988), la riqueza numérica de táxones y la dominancia de Simpson (1949). Igualmente se establecieron los índices de amplitud y solapamiento direccional de nicho planteados por Levins (1968). Como medida de asociación entre profundidades para *B. plicatilis* y *Th. decipiens*, fue usado el índice de correlación de Pearson. Se efectuó un análisis aglomerativo mediante la técnica de ligamiento promedio. Dicho análisis se realizó entre muestreos y táxones, tanto en superficie como en fondo, con base en el índice de similitud de Bray & Curtis (1957). La matriz ecológica de datos constó de 10 descriptores (táxones) y 19 objetos (muestreos) en la superficie y 11 descriptores y 19 objetos en el fondo.

Para evidenciar si existían diferencias significativas entre profundidades para la densidad del zooplancton total, la diversidad, la equidad, la riqueza numérica, la dominancia, la densidad de *B. plicatilis*, *Th. decipiens* y nauplios de copépodos, se efectuó un análisis de varianza de un factor, modelo I. El nivel de asociación con las variables físico-químicas de interés se chequeó con análisis de correlación lineal simple. Este último análisis fue efectuado sólo para *B. plicatilis* por ser la especie dominante. Para el análisis de correlación lineal mencionado se tuvieron en cuenta sólo 18 muestreos, ya que el valor de densidad de *B. plicatilis* del quinto muestreo fue eliminado tanto de superficie como de fondo por ser considerado un "outlier" por el paquete estadístico Statgraphics versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura de la comunidad y características ecológicas: La composición del zooplancton de la laguna del Parque Norte es similar a la de otros lagos neotropicales. El grupo dominante fue Rotatoria, representado principalmente por *B. plicatilis*. Otros rotíferos fueron *Colurella* sp, *Lecane* sp, *Monostyla* sp de un rotífero de la Familia Notommatidae (Cuadro 2). *B. plicatilis* fue siempre más abundante que los demás rotíferos, los cuales aparecieron esporádicamente durante el año (Fig. 1). Esta especie constituyó el 56.6% del zooplancton total en superficie y el 70.8% en fondo.

B. plicatilis es un habitante cosmopolita de aguas salinas y salobres. Es considerado una especie eurioica que en cuerpos de agua alcalinos y de aguas duras (como el presente) puede alcanzar altas densidades, de ahí su valor significativo de correlación con la alcalinidad y el bicarbonato en esta investigación (Fig. 2). El alto coeficiente de variación hallado para esta especie (113.9%) implica una estrategia de multiplicación de tipo r, característica de organismos que habitan en ambientes inciertos, poseen ciclos de vida cortos y a veces abreviados, densidades y tasas de crecimiento poblacional inclinadas a mostrar variaciones marcadas y tasas de mortalidad a menudo catastróficas. Según Pejler (1977) (citado en Sládeček 1983) el género *Brachionus* aumenta su importancia a medida que se aproxima al ecuador geográfico, excepto en el caso de aguas ácidas tropicales.

CUADRO 2

Lista de los taxones zooplanctónicos hallados en orden de densidad (individuos.ml⁻¹)

Superficie	Fondo
1. <i>Brachionus plicatilis</i>	1. <i>Brachionus plicatilis</i>
2. <i>Thermocyclops decipiens</i>	2. <i>Thermocyclops decipiens</i>
3. Nauplios	3. Nauplios
4. <i>Arctodiaptomus dorsalis</i>	4. <i>Arctodiaptomus dorsalis</i>
5. Ciliado	5. Ciliado
6. Notomnatidae	6. Estatoblasto de <i>Plumatella</i> sp.
7. <i>Moina</i> sp.	7. <i>Moina</i> sp.
8. Estatoblasto de <i>Plumatella</i> sp.	8. Notomnatidae
9. <i>Colurella</i> sp.	9. <i>Lecane</i> sp.
10. <i>Monostyla</i> sp.	10. <i>Arcella</i> sp.
	11. <i>Colurella</i> sp.

Es considerado junto con *Lecane* y *Keratella* uno de los táxones pertenecientes a las asociaciones zooplanctónicas típicamente tropicales (Fernando 1980). Es además tipificado como de aguas eutróficas (Gannon & Stemberger 1978), excepto *B. sericus* que es típicamente acidofílico y *B. plicatilis* de aguas salobres (Sládeček 1983).

Los crustáceos estuvieron representados por Cladocera y Copepoda. *Moina* fue el único taxón representante del Orden Cladocera y su presencia fue bastante ocasional. Este género ha sido frecuentemente registrado en regiones tropicales (Infante 1980, Collado *et al.* 1984, Cisneros *et al.* 1991). Hutchinson (1967) considera que este organismo está adaptado a vivir en aguas con mucho seston, pero su poca abundancia y su baja frecuencia relativas en este ecosistema muestran, como plantean Sendacz *et al.* (1985), que en realidad su adaptabilidad para vivir en sitios con abundante material en suspensión (como el estudiado aquí, por su alta condición polimíctica) es baja. Pennak (1978) plantea que este organismo también se presenta en aguas de salinidad variable y Dussart *et al.* (1984) lo consideran una especie limnética y euritópica característica de la composición tropical de los Cladocera. Algunos autores, como Hutchinson (1967), consideran a *Moina* como un taxón heleopláctico que ocurre generalmente en lagunas pequeñas, pudiendo ser también eupláctico en cuerpos de agua alcalinos y salinos (como el estudiado) en donde tiene menos competencia de otros cladóceros y menor riesgo de predación por peces. El bajo número de cladóceros responde más a lo planteado por Pennák (1978) en lo referente a su mayor abun-

dancia en sitios oligotróficos donde no hay variaciones bruscas de oxígeno (las cuales son mejor toleradas por copépodos y rotíferos) y se presentan en el fitoplancton partículas disponibles de tamaño adecuado para ser filtradas. Vale la pena resaltar que la proporción relativa de fitoplancton de red inedible se incrementa con la eutrofía, sugiriendo que los lagos más eutróficos soportarían mayores concentraciones de detritos que favorecerían más la presencia de rotíferos (Pace 1986, Payne 1986)

Los copépodos tuvieron como representante al ciclopoide *Thermocyclops decipiens* y al calanoide *Arctodiaptomus dorsalis*. *Th. decipiens* fue el segundo taxón dominante, siendo más notoria su presencia en el fondo (Fig. 4). Los Ciclopoideos son considerados poco diversos, pero bastante abundantes en forma individual. Igual sucede con los Calanoideos, de los que se ha hallado que el número de especies disminuye notablemente hacia el ecuador, muy especialmente en aguas ácidas (Dussart *et al.* 1984). Los organismos de la Familia Diaptomidae parecen poseer tolerancias amplias a aguas blandas y moderadamente duras (Pennak 1978), pero su presencia en cantidades considerables en este cuerpo de agua muestra que poseen una tolerancia alta a este factor y a los asociados con él. Puede decirse además que la presencia de los calanoideos en esta laguna, no está de acuerdo con lo planteado por autores como Gannon & Stemberger (1978) y Pace (1986) quienes colocan este grupo como indicador de aguas oligotróficas, el cual no es el estado trófico de este ecosistema (Ramírez 1987, Ramírez & Díaz 1994a, 1994b). *Arctodiaptomus dorsalis* es una especie que ha sido registrada princi-

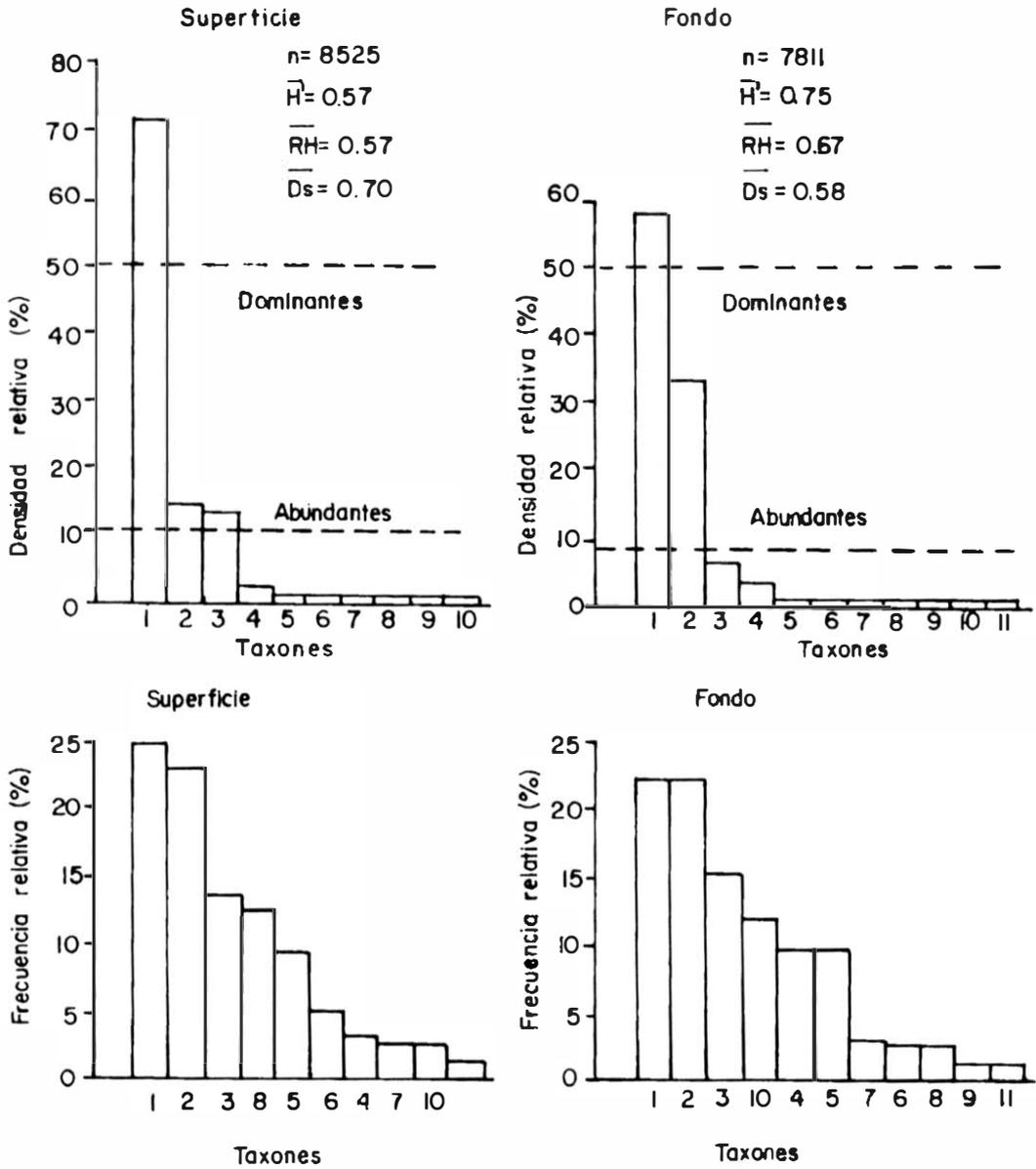


Fig. 1. Histogramas de densidad y frecuencia relativas para los organismos zooplanctónicos encontrados. Los números en el eje X corresponden a los especificados en el Cuadro 2.

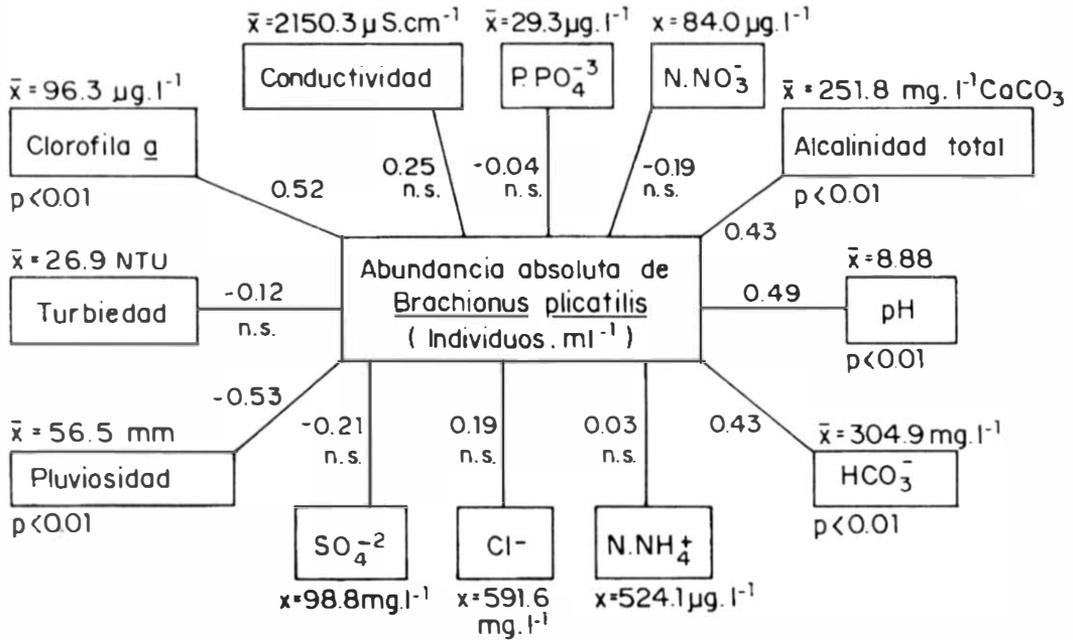


Fig. 2. Valores de asociación de *Brachionus plicatilis* con respecto a los valores medios de las variables físicas y químicas medidas. Los números sobre las líneas corresponden al valor del coeficiente de correlación (r).

palmente en Centroamérica (México, Nicaragua, Costa Rica y Cuba) (Dussart & Fernando 1985).

Vale la pena resaltar que aunque *B. plicatilis* fue más abundante que *Th. decipiens*, ambos mostraron prácticamente la misma frecuencia relativa (Fig. 1), lo cual implica que la probabilidad de encontrar ambos zoopláncteres en cualquier muestreo es bastante alta. Implica además una óptima adaptación a las condiciones variables del tiempo de muestreo y una alta constancia y presencia de ambas especies (100% para *B. plicatilis* en ambas profundidades, 94% para *Th. decipiens* en superficie y 100% en fondo).

La diferencia de abundancia de hembras de *Th. decipiens* entre superficie y fondo fue hallada significativa ($F = 5.72$, $p < 0.05$). Del total de la población de *Thermocyclops* en el fondo (2559 individuos. ml⁻¹ entre machos y hembras), las hembras presentes correspondieron al 84.5%, lo cual permite explicar la razón por la cual se presentó un mayor número de huevos a esta profundidad (1330 huevos. ml⁻¹ comparados con 248 huevos. ml⁻¹ en superficie) y ade-

más, el por qué la diferencia en el número de huevos entre ambos niveles fue hallada significativa ($F = 4.69$, $p < 0.05$).

El número de huevos de *B. plicatilis* no fue hallado diferente entre profundidades ($F = 0.35$, $p > 0.05$) debido quizás a la poca diferencia de temperatura entre superficie y fondo y a la alta disponibilidad de alimento. Esto concuerda con la alta tasa de aumento de *B. plicatilis* y con el hecho de que muchas de las hembras portaban dos huevos, lo cual ocurre cuando la población crece rápidamente y las condiciones del medio se acercan al óptimo (Walker 1981).

Se encontraron diferencias significativas para los valores de diversidad ($F = 7.61$, $p < 0.05$), equidad ($F = 5.16$, $p < 0.05$) y dominancia ($F = 7.47$, $p < 0.05$) entre profundidades, pero no para el número de táxones hallados ($F = 1.31$, $p > 0.05$) ni para la densidad ($F = 1.06$, $p > 0.05$). La diversidad y la equidad mostraron valores medios bajos en ambas profundidades, pero mayores en el fondo, mientras que la dominancia operó en forma contraria y presentó valores relativamente altos (Figs. 1 y 6). Esto

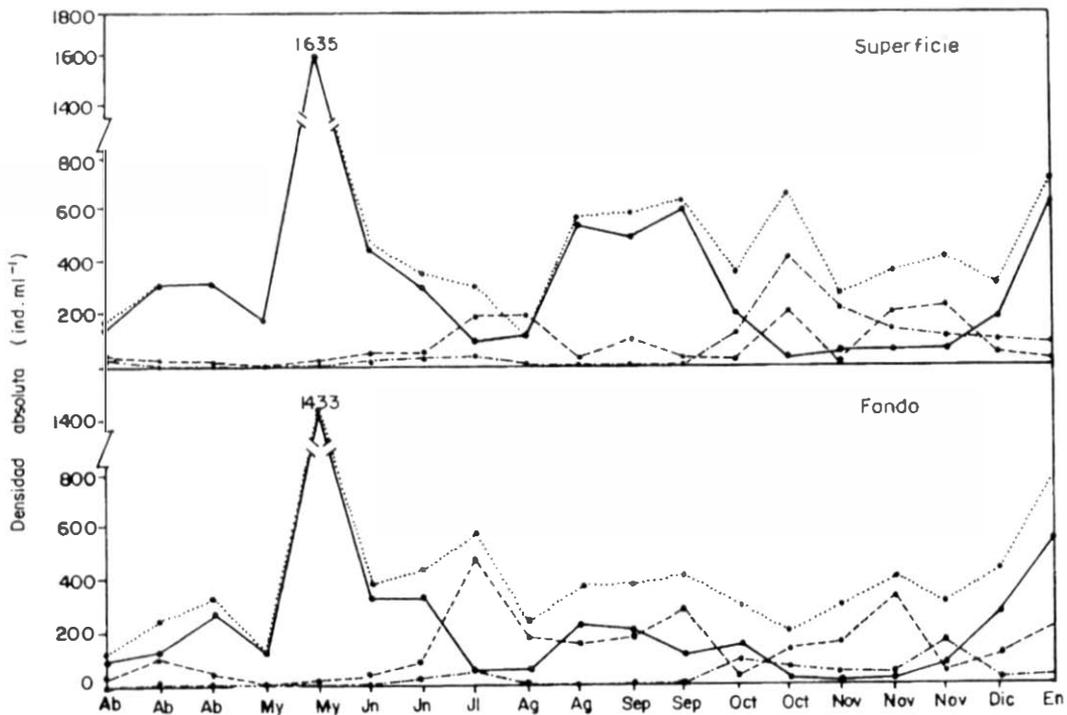


Fig. 3. Curvas poblacionales de *Brachionus plicatilis* (—) *Thermocyclops decipiens* (---), nauplios (.....) y zooplancton total (-.-.-) en superficie y fondo.

muestra que la comunidad es similar en cuanto al número y tipo de táxones que la conforman en las dos profundidades, pero no en lo que se refiere a la contribución relativa de los mismos a su estructura.

La diversidad en ambos niveles de profundidad se presentó más asociada a la equidad, mostrando mayor grado de asociación en la superficie ($r = 0.92$, $p < 0.001$, Fig. 5A). Al observar la Fig. 6 puede verse que las variaciones de diversidad y equidad fueron bastante similares, tanto en superficie como en fondo, no ocurriendo así con la riqueza numérica, la cual fue poco variable entre muestreos. Por ello, en la Fig. 5B los valores de asociación de riqueza de táxones-diversidad fueron bastante bajos ($r = 0.43$, $p > 0.05$ en superficie, $r = 0.21$, $p > 0.36$ en fondo). La Fig. 6 muestra además una fuerte disminución de diversidad y equidad y un aumento de la dominancia hacia el mes de mayo (5^o muestreo) en ambas profundidades. Hacia el final del período de muestreo, sucedió lo contrario para las variables mencionadas. Di-

chos cambios estuvieron altamente influenciados por el comportamiento de *B. plicatilis*, pues en los períodos citados incrementó o disminuyó su densidad (Fig. 3), ocasionando los efectos mencionados sobre la diversidad, equidad y dominancia.

A pesar de que la ecología del zooplancton lacustre continental en los trópicos permanece aún poco conocida, se considera que su diversidad disminuye cuando se avanza hacia el Ecuador geográfico (Fernando 1980). En el sitio de muestreo, la baja diversidad puede explicarse por la poca variedad de hábitats y por el avanzado estado de eutroficación del ecosistema (Ramírez & Díaz 1994a, 1994b).

La amplitud de nicho de las especies dominantes en las dos profundidades fue relativamente baja. Para *Brachionus* en la superficie la amplitud fue mayor (0.41) y menor en el fondo (0.37). Para *Thermocyclops*, ocurrió lo contrario, pues el valor fue mayor en el fondo (0.56) y menor en la superficie (0.25). Estos valores bajos pueden presentarse por el hecho de que el

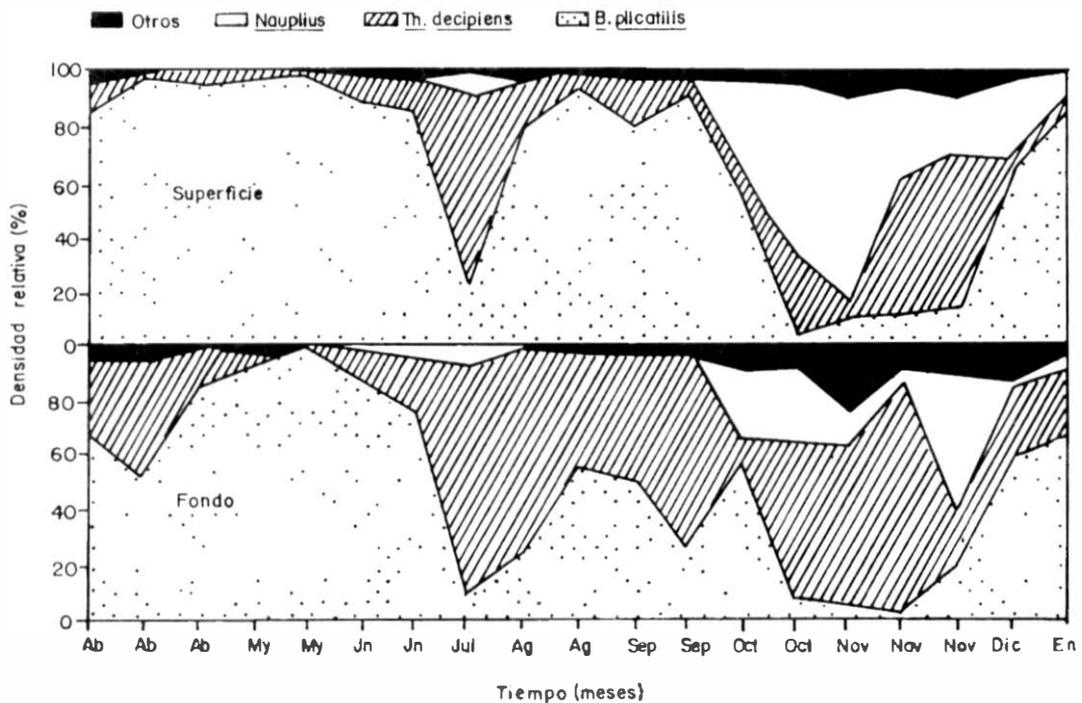


Fig. 4. Variación de la densidad relativa del zooplancton en superficie y fondo de la Laguna del Parque Norte.

ecosistema posee una alta oferta alimenticia, lo que no justifica ampliar el nicho para buscar recursos. Por razones similares el solapamiento direccional de nicho de *Brachionus* hacia *Thermocyclops* (0.17 en superficie y fondo) y viceversa (0.15 en superficie y 0.33 en fondo), también fue bajo. Sobre estos resultados incidió además la no exclusión competitiva por las razones mencionadas posteriormente en este artículo.

El valor de asociación para *B. plicatilis* entre profundidades fue alto y significativo ($r = 0.93$, $p < 0.001$, $n = 19$), lo cual sugiere una alta interacción intraespecífica entre los organismos de esta población. Dada la alta oferta alimenticia para estos organismos, dicho valor de asociación se debe más al alto número de encuentros interespecíficos que a la competencia. Estos encuentros se incrementan por la mezcla permanente del agua, dado el carácter polimíctico de este ecosistema (Ramírez & Díaz 1994b).

Para *Th. decipiens*, el valor de asociación fue menor y no significativo ($r = 0.47$, $p > 0.05$, $n = 19$) debido a que a pesar de la polimixis se hallaron diferencias de densidad entre profundidades (1052 indiv. ml^{-1} en superficie y 2559 individuos. ml^{-1} en fondo, Cuadro 3), lo que

disminuye el número de encuentros y con ello el valor de r .

Puede concluirse entonces que a pesar de la poca profundidad y la composición taxonómica similar, la estructura de la comunidad mostró ser diferente entre superficie y fondo, siendo dominada principalmente por *B. plicatilis* seguido de *Th. decipiens*. Estas diferencias en la estructura de la comunidad fueron debidas básicamente a la desigualdad en los valores de equidad y dominancia, entre profundidades. Esto muestra que no existe una representatividad relativa similar para los diferentes táxones en los dos niveles de profundidad medidos. Lo anterior puede verse en la Fig. 1, donde la dominancia ejercida por *B. plicatilis* en superficie fue mayor que aquella de fondo. Además, en la superficie el número de táxones abundantes fue mayor (*B. plicatilis*, *Th. decipiens*, nauplios y *A. dorsalis*) en comparación con el de fondo (sólo *B. plicatilis* y *Th. decipiens*). Este dominio de rotíferos podría ser debido a la mayor tasa de renovación de este grupo frente a los crustáceos, ya que al tener un ciclo de vida más corto, no se verán tan afectados por la inestabilidad del sistema. Además, debe considerarse

A

Superficie

$$H' = -0.69 + 2.24 R-H$$

$$r = 0.92$$

$$n = 19$$

$$p < 0.001$$

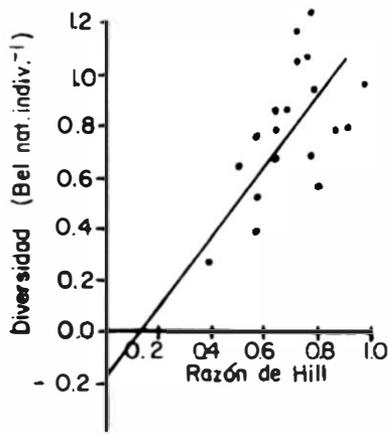
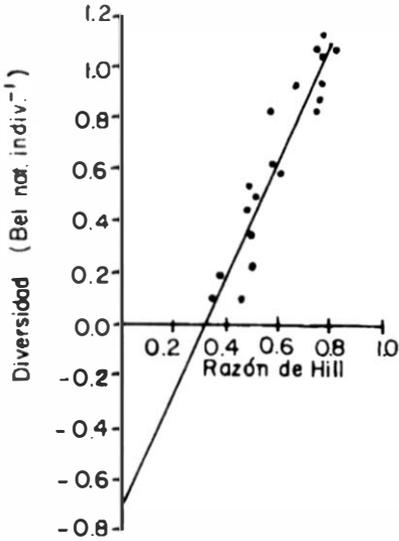
Fondo

$$H' = -0.16 + 1.37 R-H$$

$$r = 0.70$$

$$n = 19$$

$$p < 0.001$$



B

Superficie

$$H' = -0.08 + 0.165 S$$

$$r = 0.46$$

$$n = 19$$

$$p > 0.05$$

Fondo

$$H' = 0.52 + 0.055 S$$

$$r = 0.21$$

$$n = 19$$

$$p > 0.36$$

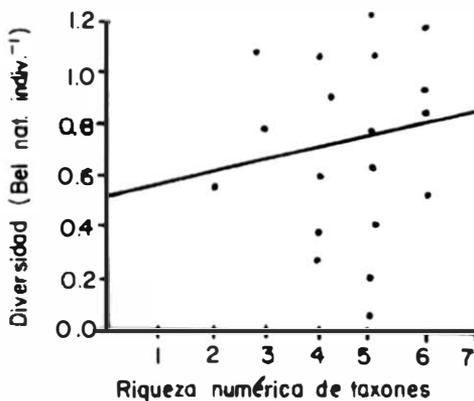
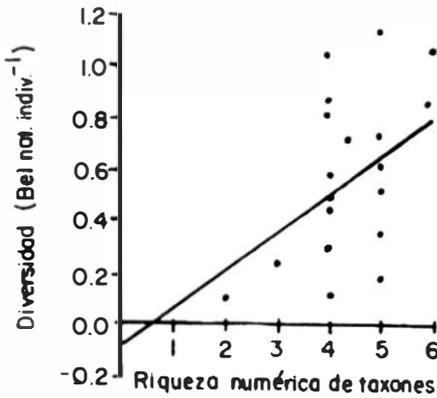


Fig. 5. Análisis de correlación y regresión lineal simples para (A) diversidad-equidad y (B) diversidad-riqueza numérica de zooplancton en superficie y fondo.

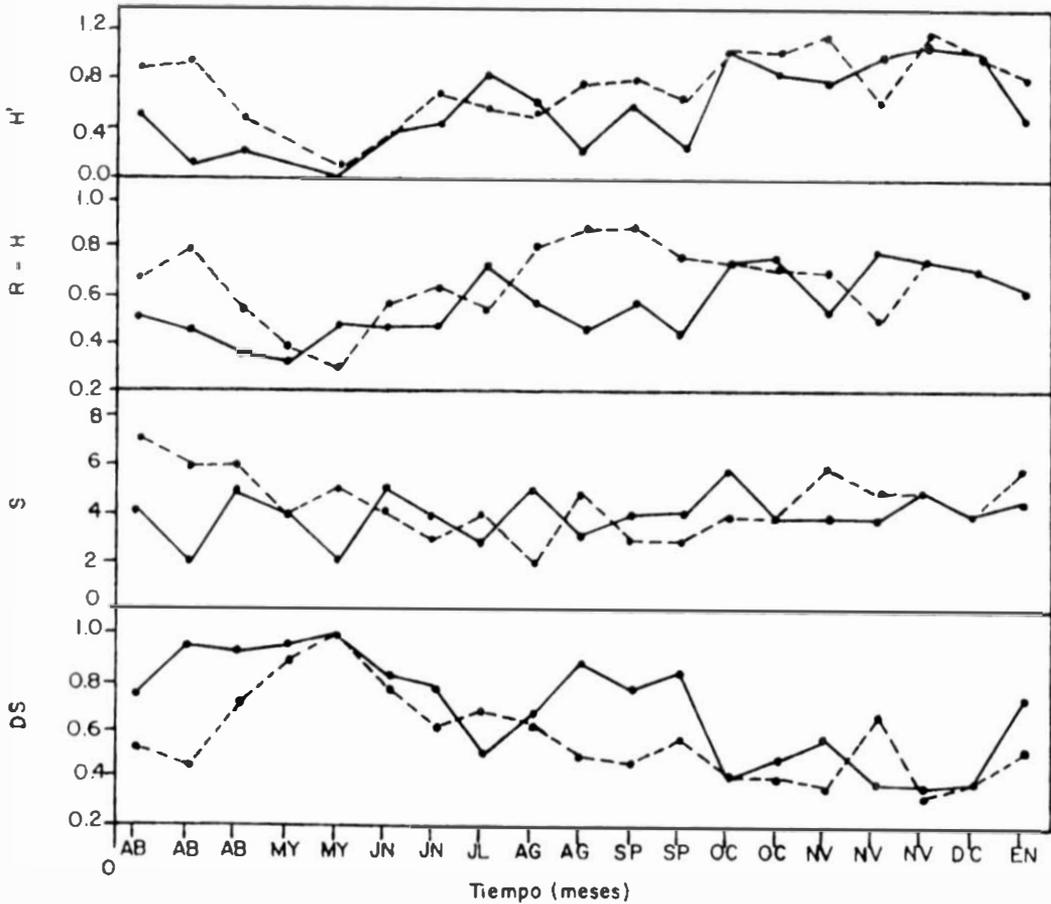


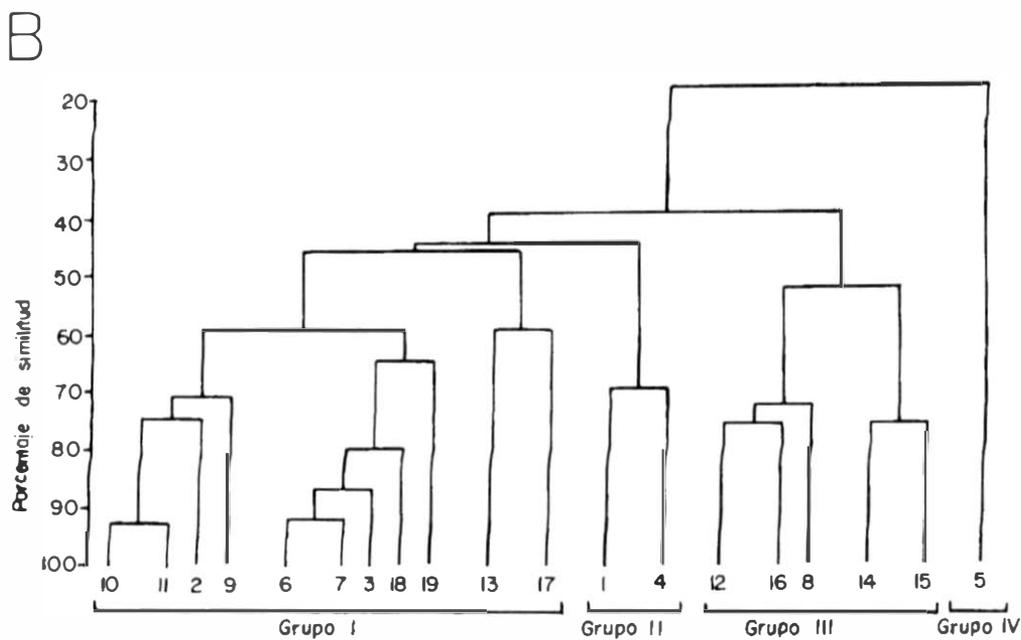
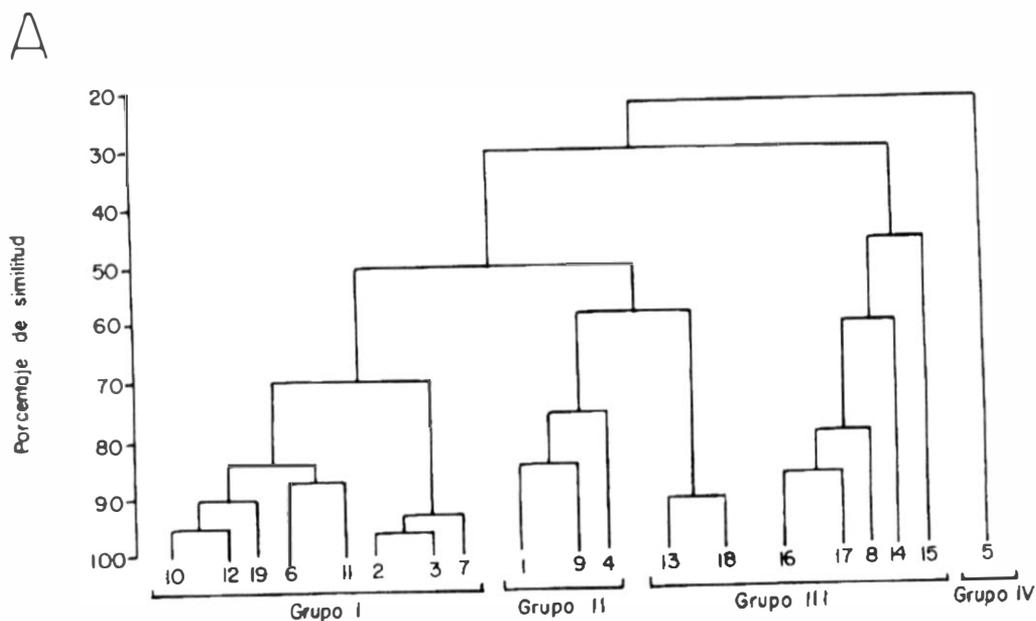
Fig. 6. Variación temporal de los índices asociados con la diversidad en superficie (—) y fondo (-----) de la Laguna del Parque Norte. (H' = índice de diversidad, $R-H$ = equidad, S = riqueza numérica de taxones, D_s = dominancia).

que bajo condiciones de riqueza de nutrientes el tamaño medio de los zoopláncteres tiende a disminuir, presentándose como dominantes aquellos con ciclos de vida simples y tasas de reproducción más rápidas (estrategas r), que están relacionados con los requerimientos alimenticios (Pace 1986).

Fluctuación espacio-temporal: La misma es presentada en las Figs. 3 y 4, mostrando estar ampliamente influenciada por el comportamiento de *B. plicatilis*. En la Fig. 3 se observa que este organismo mostró tres picos principales, uno de los cuales fue mayor que los demás. Se observa además (Fig. 4) que esta especie de rotífero fue más abundante en la superficie, lo

cual concuerda ampliamente con lo reportado por Payne (1986) referente a la permanencia de los organismos de este grupo a este nivel, aún durante la noche. A pesar de ello, las diferencias de densidad de *B. plicatilis* entre profundidades no fueron estadísticamente significativas ($F = 0.59$, $p > 0.05$).

Para el presente trabajo, el mayor pico de *B. plicatilis* coincidió con la época lluviosa de mayo (pluviosidad = 117.4mm), mostrando disminución hacia la época seca. Para el segundo pico de lluvias (octubre, pluviosidad = 150.7mm), este mismo organismo mostró una disminución drástica. En general, la pluviosidad influyó negativamente sobre la población de *B. plicatilis* ($r = -0.53$, $p < 0.01$, n



g. 7. Análisis de agrupamiento para los muestreos efectuados en (A) superficie y (B) fondo con base en el índice de similitud de Bray & Curtis. Los números de los muestreos en cada grupo corresponden a los colocados al lado izquierdo de los muestreos en el Cuadro 3.

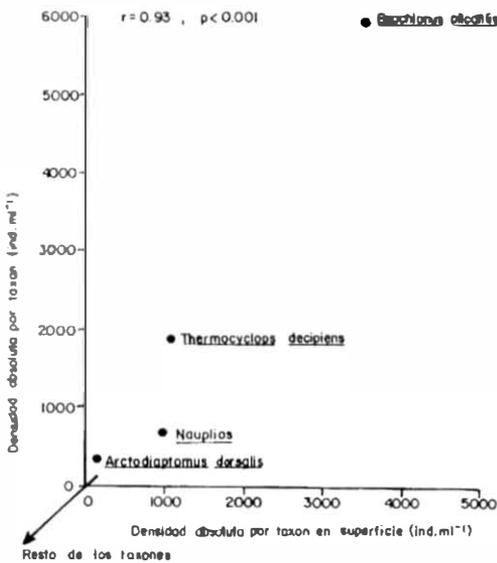


Fig. 8. Diagrama de dispersión superficie-fondo para los taxones de zooplancton encontrados.

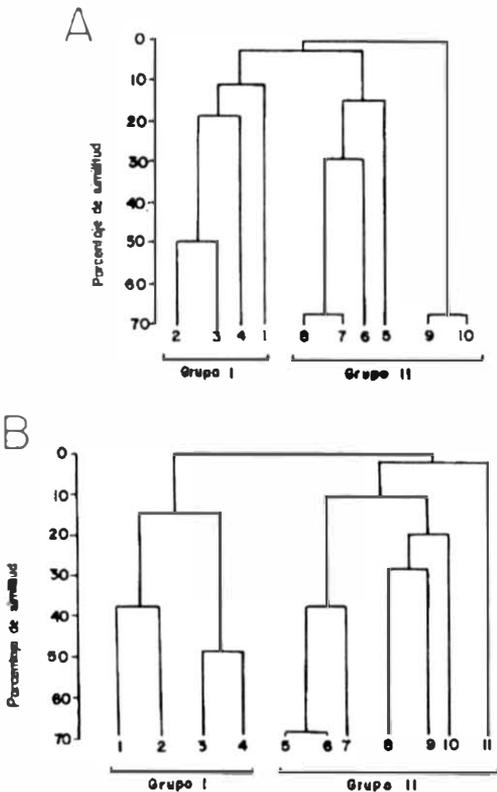


Fig. 9. Análisis de agrupamiento para los taxones hallados en (A) superficie y (B) fondo con base en el índice de similitud de Bray & Curtis. Los números colocados en cada grupo corresponden a los del Cuadro 2.

= 19, Fig. 2), lo que confirma lo planteado por Hutchinson (1967) y Walker (1981) en el sentido de que los menores valores de rotíferos se presentan en la época húmeda y los mayores inmediatamente después de dicho período, en verano.

Se observa también en las Figs. 3 y 4 que *Th. decipiens* mostró una mayor fluctuación que *Brachionus plicatilis* tanto en superficie como en fondo, presentando una mayor densidad a este segundo nivel de profundidad (Cuadro 3). Las diferencias de densidad de este taxón fueron halladas significativas ($F = 4.93, p < 0.05$). Estas fluctuaciones fueron influidas positivamente por la pluviosidad en la superficie y negativamente en fondo, aunque los valores de correlación no fueron significativos ($r = 0.39$ en superficie y $r = -0.20$ en fondo, con $p > 0.05$ en ambos niveles de profundidad). La mayor densidad de este taxón en el fondo talvés podría explicarse por su alimentación de tipo raptorial y detritívora, por lo que le sería más conveniente permanecer cerca del fondo (Payne 1986) o por la búsqueda de un lugar donde escapar de la predación ejercida por los peces, pues siendo estos últimos depredadores visuales y dada la poca penetración de luz, es más fácil ser menos visibles a esta profundidad.

Es importante recalcar que los picos de *Th. decipiens* mostrados en la Fig. 3 no ocurren simultáneamente con los de *B. plicatilis* ($r = -0.36$ en superficie y -0.32 en fondo, con $p > 0.05$ en ambos niveles), por lo que no se presenta una exclusión competitiva propiamente dicha. Esta no acontece porque la polimixis del sistema coloca constantemente las poblaciones a diferentes niveles. También por la no limitación de nutrientes ya mencionada, la que disminuye el grado de competencia. Debido a las causas anteriores, los organismos están en contacto con alimento suficiente casi en forma permanente. Además, las dos poblaciones seleccionan partículas de distinto tamaño como alimento, pues mientras el rotífero es un comedor de suspensión, el ciclopoide es un detritívoro o raptorial que puede aún ejercer el canibalismo como alternativa alimenticia (Pennak 1975, González 1988).

Nivel de asociación entre meses de muestreo y entre taxones: El nivel de asociación entre los meses de muestreo para ambas pro-

funcionalidades es mostrada en la Fig. 7. Ambos dendrogramas son bastante abiertos y similares, mostrando con ello la existencia de diferencias evidentes de densidad entre las colecciones realizadas. Tanto en superficie como en fondo se constituyeron cuatro grupos: en el primero de ellos están aquellos muestreos con los mayores valores de densidad y en los que *B. plicatilis* predominó claramente en el zooplankton total. Los muestreos en donde están los menores valores de densidad y en que *B. plicatilis* disminuyó, conformaron el segundo grupo. En el tercer grupo se sitúan los muestreos con valores intermedios de densidad. Vale la pena resaltar que en este grupo están localizadas las colecciones 8, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 en donde la densidad de *Th. decipiens* o la de los nauplios de copépodos fue mayor que la de *B. plicatilis*, bien sea en superficie o en fondo. Finalmente, el cuarto grupo estuvo formado sólo por el muestreo de mayo 30 (quinto muestreo) cuando la densidad de *B. plicatilis* alcanzó su valor máximo (Figs. 3 y 4).

El diagrama de dispersión (Fig. 8) muestra un valor de asociación alto ($r = 0.93$, $p < 0.001$) que implica que los grupos conformados en ambos niveles de profundidad son bastante similares. En la misma Fig., aparecen sólo los táxones que conformarían un primer grupo por ser estos los Táxones dominantes, abundantes y más frecuentes. Aquellos táxones caracterizados como raros, cuya probabilidad de hallarse juntos en los muestreos es bastante baja y que no aparecen en esta Fig., conformarían el segundo grupo. Los dendrogramas de la Fig. 9, que especifican el grado de asociación, corroboran la formación de los dos grupos mencionados tanto en superficie como en fondo. Debido a que los cuatro primeros táxones conformaron el 99.7% de la densidad total en superficie y el 99.4% en fondo, se presentó un valor de asociación cercano a cero entre los dos grupos formados en cada dendrograma.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte de la investigación "Estudio limnológico de la Laguna del Parque Norte", financiada por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia (CIEN) (Proyecto n° IN 36CE). Fue terminado durante

una beca concedida al primer autor por la Red Latinoamericana de Botánica para la realización de estudios de doctorado en la Universidad de São Paulo, Brasil. Los autores agradecen la identificación de los táxones dominantes llevada a cabo por Susana Sendacz de la Facultad de Salud Pública de la Universidad de São Paulo.

RESUMEN

Se efectuaron 19 muestreos de zooplankton y de variables físicas y químicas asociadas a ellos entre abril de 1991 y enero de 1992. Dichos muestreos se realizaron en la superficie y el fondo de una sola estación con ayuda de un tubo muestreador de 2 metros de longitud. La comunidad estuvo conformada por rotíferos, copépodos y cladóceros. *Brachionus plicatilis* fue el organismo dominante, seguido por *Thermocyclops decipiens* y *Arctodiaptomus dorsalis*. Esta composición taxonómica es similar a la de otros lagos tropicales y corresponde a la de muchos cuerpos de agua eutróficos de aguas duras y alcalinas. La diversidad de la comunidad fue baja, asociada principalmente a la equidad en superficie y fondo y afectada por la dominancia de *B. plicatilis*. La amplitud de nicho de este organismo fue baja en ambos niveles, al igual que la de *Th. decipiens*. Los valores del índice de solapamiento direccional de nicho entre estas dos especies también fueron bajos. El análisis de agrupamiento para los muestreos mostró cuatro grupos organizados de acuerdo a la densidad absoluta e influidos grandemente por la densidad de *B. plicatilis* tanto en superficie como en fondo, pues este taxón representó el 56.6% del zooplankton total en superficie y el 70.8% en fondo. Para los táxones se conformaron dos grupos: en el primero se unieron los táxones dominantes y abundantes y en el segundo los raros.

REFERENCIAS

- Bray, J. R. & J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*. 27: 325-349.
- Cisneros, R., E. I. Mangas & M. Van Maren. 1991. Qualitative and quantitative structure, diversity and fluctuations in abundance of zooplankton in Lake Xolotlán (Managua). *Hydrobiol. Bull.* 25: 151-166.
- Collado, C.; C. H. Fernando & Dawn Sephton. 1984. The freshwater zooplankton of Central America and the Caribbean. *Hydrobiologia* 113: 105-119.
- Davigneaud, P. 1981. La síntesis ecológica. Alhambra. Madrid 306p.
- Dussart, B. H. 1984. Some Crustacea Copepoda from Venezuela. *Hydrobiologia* 113: 25-67.
- Dussart, B. H.; C. H. Fernando, T. Matsumura-Tundisi & R. J. Shiel. 1984. A review of systematics, distribution and ecology of tropical freshwater zooplankton. *Hydrobiologia* 113: 77-91.

- Dussart, B. H. & C. H. Fernando. 1985. Tropical freshwater Copepoda from Papua, New Guinea, Burma and Costa Rica, including a new species of *Mesocyclops* from Burma. *Can. J. Zool.* 63: 202-206.
- Edmonson, W. T. 1959. *Freshwater Biology*. Wiley, Nueva York. 1248p.
- Espinal, S. 1992. Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Lealon. 146p.
- Estrada, A. L. & J. J. Ramírez. 1993. Disposición espacial del rotífero *Brachionus plicatilis* en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Tesis de grado, Univ. de Antioquia, Dpto. de Biología, Medellín.
- Fernando, C. H. 1980. The freshwater zooplankton of Sri Lanka, with a discussion of tropical freshwater zooplankton composition. *Int. Rev. ges. Hydrobiologia* 65: 85-125.
- Gannon, J. E. & R. S. Stemberger. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 97: 16-35.
- González de I., A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, DC. 125p.
- Hutchinson, G. E. 1967. *A treatise on Limnology*. Vol II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. Wiley, Nueva York. 1115p.
- Infante, A. 1980. El zooplancton del Lago de Valencia. Informe Científico. CONICIT, Caracas. p 1-203.
- Infante, A. G. 1993. Vertical and horizontal distribution of zooplankton in Lake Valencia. *Acta Limnol. Brasil.* 6: 97-105.
- Levins, R. 1968. Evolution in changing environments: some theoretical explanations. Princeton University. Nueva Jersey. 115p.
- Lewis, T. & L. R. Taylor. 1968. *Introduction to experimental ecology*. Academic, Inc. Nueva York. 245p.
- Lobo, E. & G. Leighton. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocadura de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 22: 1-19.
- Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. Wiley, Nueva York. 339p.
- Mcnaught, D. C. 1975. A hypothesis to explain succession from calanoids to cladocerans during eutrophication. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.* 19: 724-731.
- Payne, A. I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. Wiley, Nueva York. 301p.
- Pace, M. L. 1986. An empirical analysis of zooplankton community size across lake trophic gradients. *Limnol. Oceanogr.* 31: 45-55.
- Pennak, R. 1978. *Freshwater invertebrates of the United States*. Wiley, Nueva York. 803p.
- Pianka, E. 1982. *Ecología evolutiva*. Omega, S. A., Barcelona. 320p.
- Ramírez, J. J. 1987. Contribución al conocimiento de las condiciones limnológicas de la Laguna del Parque Norte. *Actual. Biol.* 16: 12-30.
- Ramírez, J. J. & A. Díaz. 1994a. Caracterización limnológica y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. *Hoehnea* 21: 9-29.
- Ramírez, J. J. & A. Díaz. 1994b. Cambios diarios de temperatura y variables físicas y químicas en dos épocas del año en la laguna del Parque Norte, Colombia. *Acta Limnol. Brasil.* 7: 23-34.
- Rocha, O. & M. Tundisi. 1976. Atlas do zooplankton (Reserva de Broa, São Carlos). Vol I. Copepoda. Univ. Federal de São Carlos, São Carlos. 153p.
- Sendacz, S. & E. Kubo. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca.* 9: 51-89.
- Sendacz, S., E. Kubo & M. A. Cestaroli. 1985. Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplankton. *Bol. Inst. Pesca.* 12: 187-207.
- Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. University Illinois, Urbana. 125p.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature.* 163: 688.
- Sládeček, V. 1983. Rotifers as indicator of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-201.
- D. Talling, J. & Driver. 1969. Some problems in the estimation of chlorophyll-*a* in phytoplankton. Proceedings, conference of primary productivity measurement, marine and fresh-water, Hawaii, 1961. U.S. Atomic Energy Comm. TID-7633, 142-146.
- Tundisi, M. T. & J. G. Tundisi. 1976. Planktonic studies in a lacustrine environment. I. Preliminary data on zooplankton ecology of Broa reservoir. *Oecologia* 25: 265-270.
- Walker, K. F. 1981. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* Müller 1786. *Hydrobiologia* 81: 159-167.
- Wetzel, R. & G. E. Likens. 1979. *Limnological analyses*. W. B Saunders Company, Philadelphia. 357p.