

## DINÁMICA DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA (EXCEPTO PROTOZOA) EN LAS ZONAS LIMNÉTICA Y LITORAL DE LA LAGUNA DEL PARQUE NORTE, MEDELLÍN (COLOMBIA)

### DYNAMICS OF ZOOPLANKTONIC COMMUNITY (EXCEPT PROTOZOA) IN LIMNETIC AND LITORAL ZONES OF PARQUE NORTE LAGOON, MEDELLÍN (COLOMBIA)

Jorge I. Sánchez<sup>1</sup> y John J. Ramírez<sup>2</sup>

#### Resumen

Entre el 26 de agosto de 1993 y el 27 de enero de 1994 se realizaron doce muestreos de organismos zooplanctónicos y variables climáticas, físicas, químicas y biológicas relacionadas con esta comunidad en las zonas limnética y litoral de la laguna del Parque Norte (06° 17' N y 75° 33.4' W). El taxón más abundante en ambas zonas fue *Brachionus plicatilis*. Se presentó mayor densidad de zooplancton en la zona limnética (1.669 org/l) que en la litoral (858 org/l) y diferencias significativas de esta variable entre zonas ( $F = 6.01$ ,  $p = 0.0322$ ), pero no entre muestreos ( $F = 1.76$ ,  $p = 0.1805$ ). Los valores de diversidad y equidad hallados fueron bajos y las dominancias relativamente altas (superiores a 0.50). Entre estaciones la diversidad no varió significativamente ( $F = 0.63$ ,  $p = 0.4526$ ), por lo que no hubo diferencias en la estructura numérica de la comunidad. Las diferencias temporales en la misma tampoco fueron significativas ( $F = 1.57$ ,  $p = 0.2317$ ). Las variaciones de densidad del zooplancton dependieron de la clorofila *a*, las temperaturas del aire y del agua y el pH.

*Palabras clave:* laguna tropical, zona litoral, zona limnética, zooplancton tropical.

#### Abstract

Zooplankton organisms were sampled twelve times between august 26 of 1993 and january 27 of 1994 in the limnetic and litoral zones of the Parque Norte lagoon (06° 17' N and 75° 33.4' W). Climatic, physical and chemical variables were measured as well. In both zones *Brachionus plicatilis* was the most abundant taxa. Greatest values of density were found in the limnetic zone (1.669 org/l) than in the litoral zone (858 org/l). Significant differences of density were found between zones ( $F = 6.01$ ,  $p = 0.0322$ ), but not along sampling period ( $F = 1.76$ ,  $p = 0.1805$ ). Values of diversity and evenness were low, but values of dominance were relatively high between zones (> 0.50). There was not significant differences of diversity among sampling stations ( $F = 0.63$ ,  $p = 0.4526$ ); as a consequence, were not found significant in the numerical structure of the zooplanktonic community. Diversity values along the sampling period were not significant ( $F = 1.57$ ,  $p = 0.2317$ ). The variations of zooplankton density were related to chlorophyll *a*, air and water temperatures and pH.

*Key words:* tropical lagoon, litoral zone, limnetic zone, tropical zooplankton.

## INTRODUCCIÓN

La zona litoral de los lagos es considerada una región ecotónica, un compartimiento autónomo que presenta todos los niveles tróficos gracias a la cantidad de nichos y cadenas alimentarias

(herbivoría y detritos) que posee. Esta zona cubre una parte considerable del espejo de agua y desempeña un importante papel en el ecosistema lacustre. En contraste, la zona limnética presenta

Recibido: noviembre de 1999; aprobado para duplicación: enero de 2000.

<sup>1</sup> Universidad de Antioquia, Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Apartado 1226, Medellín, Colombia. E-mail: jjram@matematicas.udea.edu.co.

mayor profundidad, menor complejidad estructural que la litoral, está habitada principalmente por el plancton y el necton y predomina en ella la cadena de la herbivoría. La alta producción de materia orgánica viviente, la acumulación de detritos y sedimentos y la colonización por parte de comunidades de plantas y animales hace que la zona litoral presente condiciones espaciales muy complejas, con abundantes hábitat que proveen refugios y recursos alimentarios a diferentes organismos, entre ellos los zooplanctónicos, los cuales son muy diferentes a las formas que viven en aguas abiertas (Wetzel y Likens, 1990).

En comparación con las investigaciones realizadas en zonas templadas y en otros países del trópico suramericano, hay pocos trabajos sobre la taxonomía y ecología de esta taxocenosis en aguas continentales colombianas. Los estudios taxonómicos comenzaron con Thiébaud en 1914 y han sido continuados por diversos autores, entre ellos Gaviria (1989, 1993a, 1994), Herrera (1993), Aranguren (1998) y Gaviria y Aranguren (1998). En la limnología colombiana el zooplancton es considerado como una variable más y como tal ha sido tratado en los trabajos de Uribe y Roldán (1975), Alvarado y Pinilla (1977), Páez (1977), Flórez (1978), Ruiz *et al.* (1984), Saavedra (1984), Ramírez (1986, 1987), Gaviria (1993b), Jaramillo (1994), entre otros. Las investigaciones sobre autecología de integrantes de esta biocenosis son pocas, contándose entre ellas las de Estrada (1995) y Buitrago (1998). Sobre la comunidad zooplanctónica presente en la laguna del Parque Norte se registra la investigación de Ramírez y Díaz (1996-1997).

Para esta investigación se plantean las siguientes preguntas: ¿Existe alguna diferencia en la estructura numérica de la comunidad zooplanctónica entre las zonas limnética y litoral? ¿Varía la densidad numérica durante el tiempo de muestreo en cada zona? ¿Qué factores climáticos, físicos, químicos y biológicos se asocian a los cambios en la densidad? Se plantea además la hipótesis siguiente: si la zona litoral representa un hábitat más heterogéneo que la

limnética, entonces la comunidad zooplanctónica asentada en ella muestra densidad y diversidad mayores, más alta variabilidad temporal, y una estructura numérica diferente de la hallada en la zona lacustre de la laguna del Parque Norte.

**Descripción del área.** La laguna del Parque Norte se localiza en el municipio de Medellín, departamento de Antioquia, Colombia, a 06° 17' N y 75° 33.4' W (figura 1). La región donde está situada es de clima ecuatorial y corresponde a la zona de vida bosque húmedo premontano tropical (bh-PM-T) (Holdridge, 1978). Los periodos lluviosos se presentan en los meses de mayo y octubre (Espinal, 1992). Mayores datos pueden hallarse en Ramírez (1987, 1996) y Ramírez y Díaz (1994, 1995, 1996-1997).

## METODOLOGÍA

Entre el 26 de agosto de 1993 y el 27 de enero de 1994 se realizaron doce muestreos en dos estaciones de colecta. Una de las estaciones se situó en la zona limnética y la otra en la zona litoral del lago (figura 2). En ambas estaciones, los muestreos se realizaron entre las 08:00 y las 09:00 horas.

Las muestras de las variables físicas, químicas y biológicas descritas a continuación fueron extraídas a la profundidad de la zona fótica, que osciló entre 0.52 y 0.74 m.

**Variables climáticas.** Dado que no se cuenta con una estación pluviométrica en las inmediaciones del cuerpo de agua estudiado se reportan, además de los datos de pluviosidad total mensual del semestre de estudio y del año en que se realizó el muestreo, los registros de pluviosidad media mensual de los últimos 37 años (1954-1991), suministrados por la Sección de Hidrometría de las Empresas Públicas de Medellín (EPM-ESP) y obtenidos en la estación pluviométrica situada en el edificio Miguel de Aguinaga.

La temperatura ambiente fue medida *in situ* con un termómetro de escala centígrada y la dirección del viento con un encendedor.

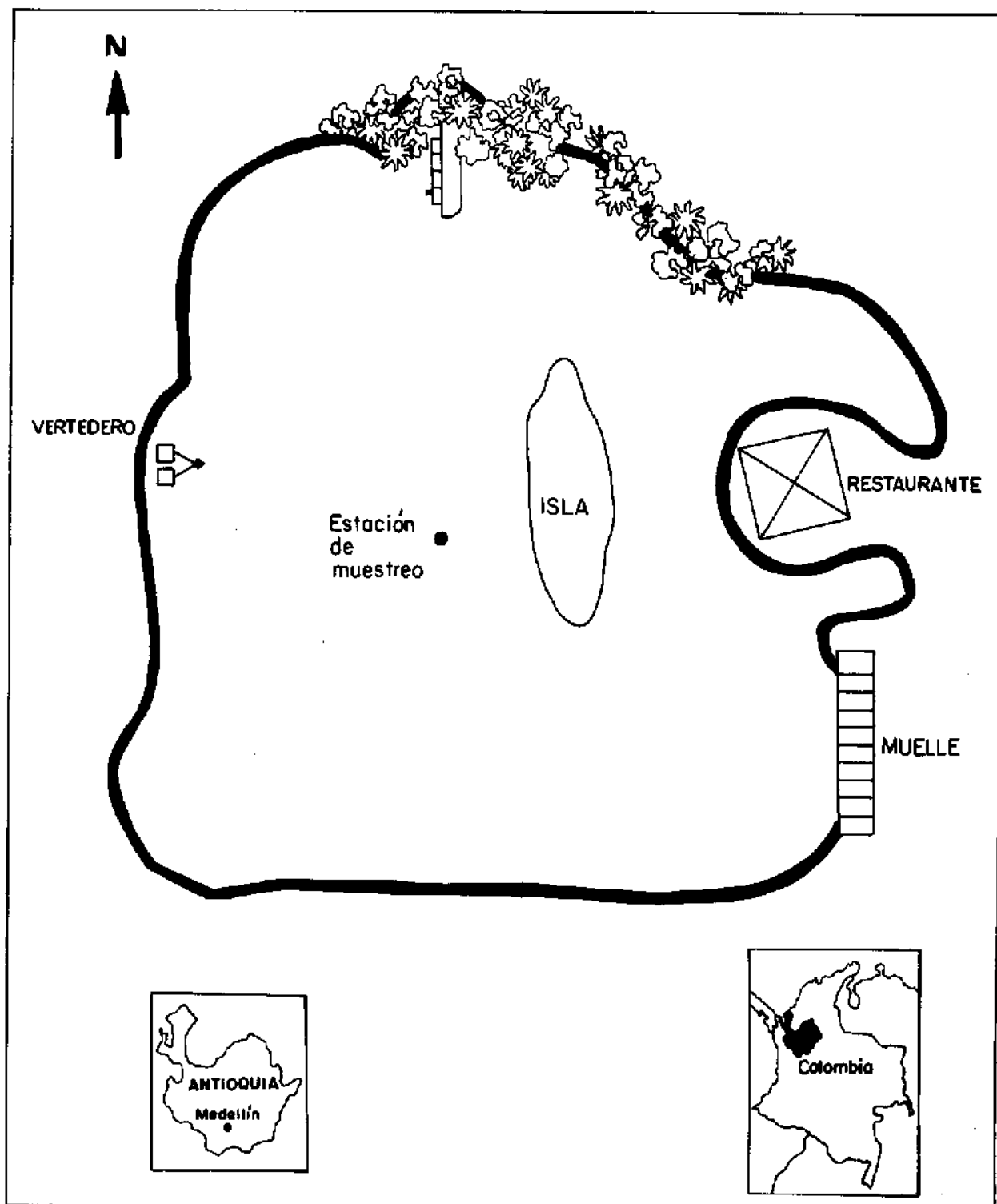


Figura 1. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Ubicación de las zonas de muestreo

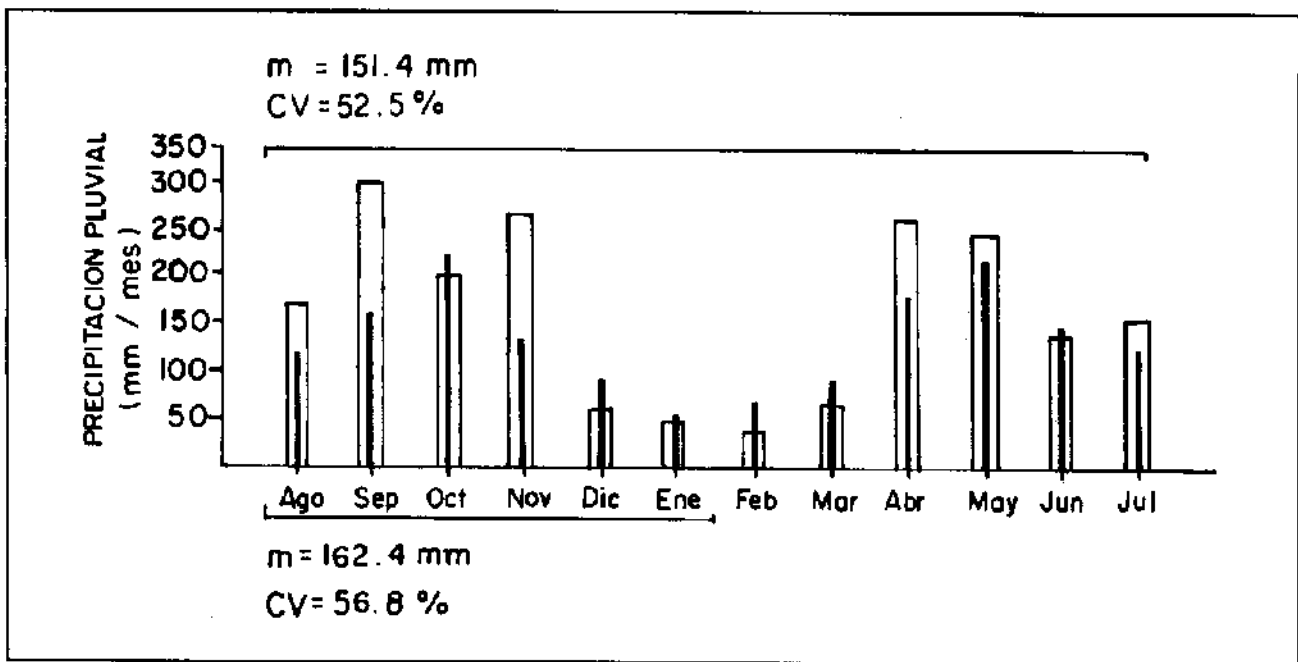


Figura 2. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Comportamiento medio de la precipitación durante los 37 años anteriores (□) y durante el período de muestreo (—)

**Variables físicas.** La temperatura del agua se midió con un termómetro de escala centígrada, la transparencia con un disco Secchi de 0.20 m de diámetro, y la conductividad eléctrica con un conductímetro Cole-Parmer.

**Variables químicas.** El oxígeno disuelto se midió por el método de Winkler, mientras que su porcentaje de saturación se calculó según lo estipulado en Golterman *et al.* (1978). El pH se midió con un peachímetro Schött. La alcalinidad se estimó por el método potenciométrico, usando como titulante  $H_2SO_4$  0.02N. El  $CO_2$  libre fue estimado a partir de la alcalinidad y el pH según lo propuesto en Cole (1983). Los cloruros se midieron por el método argentométrico y las durezas cálcica y total se determinaron por el método titrimétrico del EDTA. La dureza magnésica se obtuvo por diferencia entre las durezas total y cálcica.

**Variables biológicas.** Para estimar la densidad zooplancónica a la profundidad mencionada, fueron extraídas muestras de agua con un tubo

muestreador de 2.0 m de longitud y 20 l de capacidad. La muestra obtenida fue de 8.0 l, que fueron concentrados a través de una red de plancton con poro de 60  $\mu m$ . En el extremo de la red se puso un vial de 15.0 ml. Los organismos obtenidos se fijaron con una solución de formalina al 4%. Para su determinación se utilizó un microscopio Karl Zeiss Jena y las claves de Edmonson (1959), Pennak (1978) y Kosté (1987). El conteo se realizó en una cámara de Sedgwick-Rafter que fue contada en su totalidad; por ello, los resultados se reportan en número de organismos por mililitro (org/ml).

Para la estimación de la biomasa fitoplanctónica se utilizó el método de la clorofila *a*. Para ello se filtraron al vacío entre 20 y 50 ml de agua del lago en un filtro de celulosa de 0.45  $\mu m$ . Como solvente extractor fue utilizada una mezcla de metanol-acetona (1:1 v/v). Las absorbancias se midieron a 665 y 750 nm antes y después de acidificar el extracto con dos gotas de HCl 4N (Ramírez, 1991) en un espectrofotómetro Beckman DU-6. La concentración de clorofila

$a$  en mg/l se estimó con base en la ecuación monocromática de Talling y Driver (1963).

**Tratamiento de los datos.** Todos los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis exploratorio utilizando la media aritmética muestral ( $m$ ) como medida de tendencia central y el coeficiente de variación de Pearson (CV) como medida de dispersión relativa.

Como evaluadores de la estructura de la comunidad zooplanctónica se utilizaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (1949), de equidad (Pielou, 1975), de riqueza numérica de taxa y dominancia (Simpson, 1949). La variación de la densidad poblacional por muestreo y por estación se representó mediante curvas de importancia numérica de taxa, que a su vez proporcionan una estimación gráfica de la estructura numérica de la comunidad.

La asociación entre taxa se estableció con el índice de Bray y Curtis (1957). El análisis de agrupamiento se efectuó sobre los datos brutos utilizando la técnica de ligamiento promedio (UPGMA). La matriz básica para el agrupamiento de los taxa constó de cinco o seis descriptores (densidad de cada taxa) y de doce objetos (fechas de muestreo) en cada zona.

Para establecer los taxa más abundantes se consideraron como organismos dominantes aquellos cuya densidad fue mayor al 50% de la densidad total presentada en el muestreo o en la estación respectiva (Lobo y Leighton, 1986).

La significancia de las diferencias entre estaciones para la densidad y para la diversidad fue establecida usando un diseño de bloques, considerando los muestreos como variable de bloqueo. Las asunciones requeridas para este tipo de Anova fueron chequeadas para el factor estaciones.

La variabilidad temporal de la densidad y la diversidad se determinó por medio del coeficiente de variación relativa. Para encontrar la significancia de las diferencias entre los

coeficientes de variación de las dos zonas, es decir, de su variación temporal, se utilizó la prueba de Dawkins, consistente en hallar un valor  $t$  calculado ( $t_c$ ) con la fórmula:

$$t_c = \frac{|CV_1 - CV_2|}{(EE_{CV1} + EE_{CV2})^{0.5}}$$

En la que:

$EE_{CV}$  = error estándar del coeficiente de variación =  $CV / (2n)^{0.5}$

$n$  = tamaño de la muestra (12)

Para determinar la significancia de las diferencias en las densidades absolutas de los taxa zooplanctónicos comunes a ambas estaciones se utilizó la prueba  $t$  de Student.

Mediante análisis de regresión lineal simple se estableció la relación entre las variables físicas, químicas y biológicas y la densidad del zooplancton. Utilizando el mismo tipo de análisis se encontró la asociación existente entre la diversidad y los índices de equidad, riqueza numérica y dominancia. En todos los casos se revisó la normalidad de las variables involucradas en el análisis.

El Anova planteado, la prueba  $t$  de Student y los análisis de correlación y regresión se realizaron con el paquete estadístico Statgraphics versión 5.0.

## RESULTADOS

Los valores medios y de dispersión de las variables climáticas, físicas, químicas y biológicas evaluadas se presentan en la tabla 1.

La riqueza numérica encontrada fue de seis taxa en la zona litoral y de cinco en la zona limnética. El taxón más abundante fue *Brachionus plicatilis* Müller, 1786, con una densidad de 1.425 org/l y 701 org/l en las zonas limnética y litoral, respectivamente.

**Tabla 1.** Valores de los estadísticos de tendencia central y dispersión relativa utilizados para el análisis descriptivo de las variables físicas, químicas y biológicas medidas

| Variable                 | Unidad                 | Estación | Media   | CV(%) |
|--------------------------|------------------------|----------|---------|-------|
| Temperatura del aire     | °C                     | I        | 21.25   | 9.6   |
|                          |                        | II       | 22.79   | 8.9   |
| Pluviosidad              | mm                     |          | 151.40  | 52.5  |
| Transparencia            | cm                     | I        | 23.35   | 7.3   |
|                          |                        | II       | 23.25   | 7.3   |
| Conductividad eléctrica  | μS/cm                  | I        | 3140.83 | 18.1  |
|                          |                        | II       | 3134.17 | 19.5  |
| Temperatura del agua     | °C                     | I        | 23.15   | 3.0   |
|                          |                        | II       | 23.42   | 2.7   |
| Alcalinidad total        | mgCaCO <sub>3</sub> /l | I        | 260.25  | 8.2   |
|                          |                        | II       | 256.58  | 5.5   |
| Dureza de calcio         | mgCaCO <sub>3</sub> /l | I        | 42.71   | 31.7  |
|                          |                        | II       | 37.00   | 42.3  |
| Dureza de magnesio       | mgCaCO <sub>3</sub> /l | I        | 57.29   | 42.1  |
|                          |                        | II       | 62.00   | 34.5  |
| Cloruros                 | mg/l                   | I        | 360.83  | 10.0  |
|                          |                        | II       | 359.17  | 8.2   |
| Oxígeno disuelto         | mgO <sub>2</sub>       | I        | 6.37    | 21.1  |
|                          |                        | II       | 6.55    | 29.1  |
| Porcentaje de saturación | %                      | I        | 88.25   | 19.7  |
|                          |                        | II       | 90.08   | 19.8  |
| CO <sub>2</sub>          | mgCO <sub>2</sub> /l   | I        | 0.57    | 35.8  |
|                          |                        | II       | 0.56    | 29.9  |
| pH                       |                        | I        | 8.68    | 0.03  |
|                          |                        | II       | 8.69    | 0.04  |
| Clorofila <i>a</i>       | mg/l                   | I        | 139.75  | 15.2  |
|                          |                        | II       | 135.67  | 14.8  |

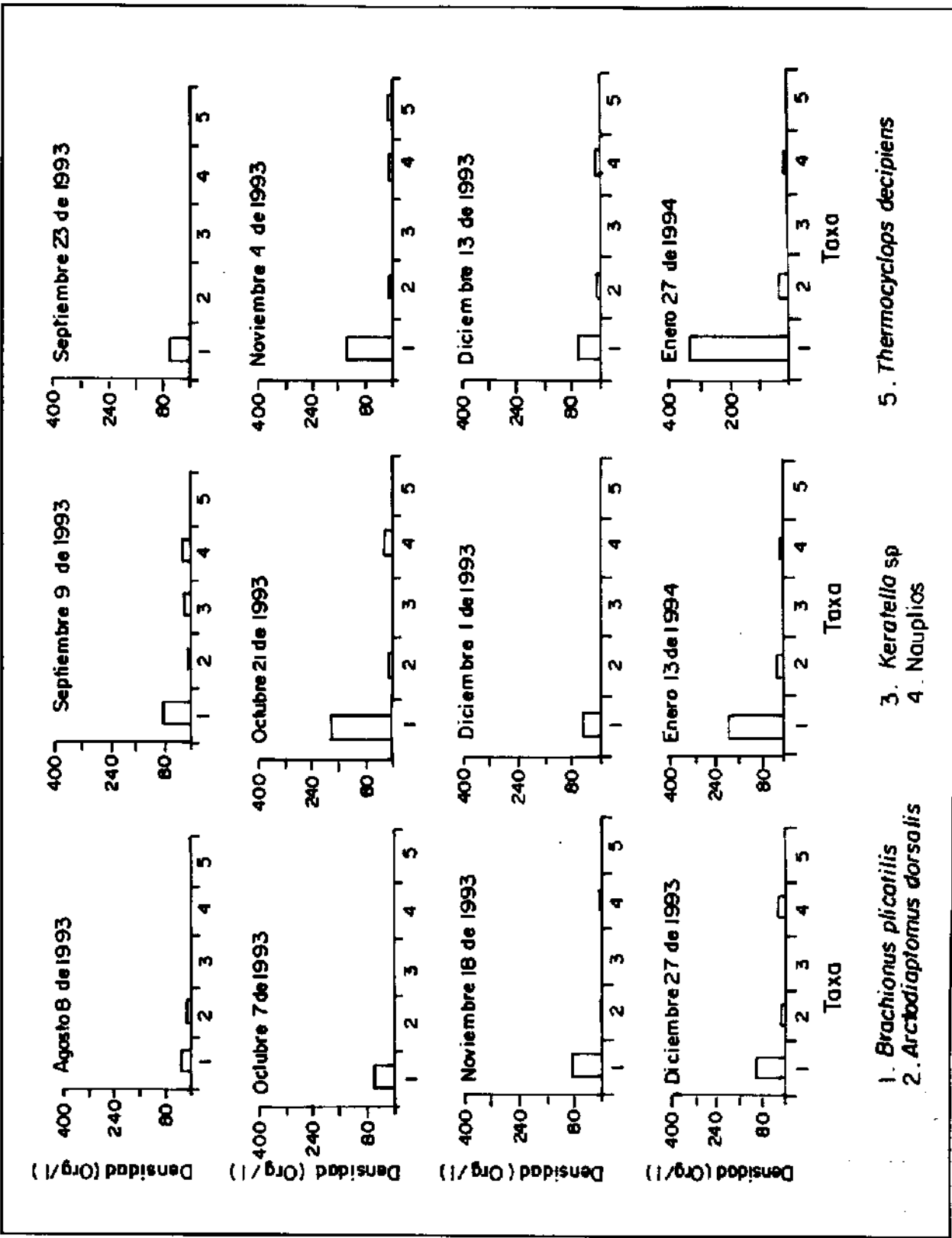
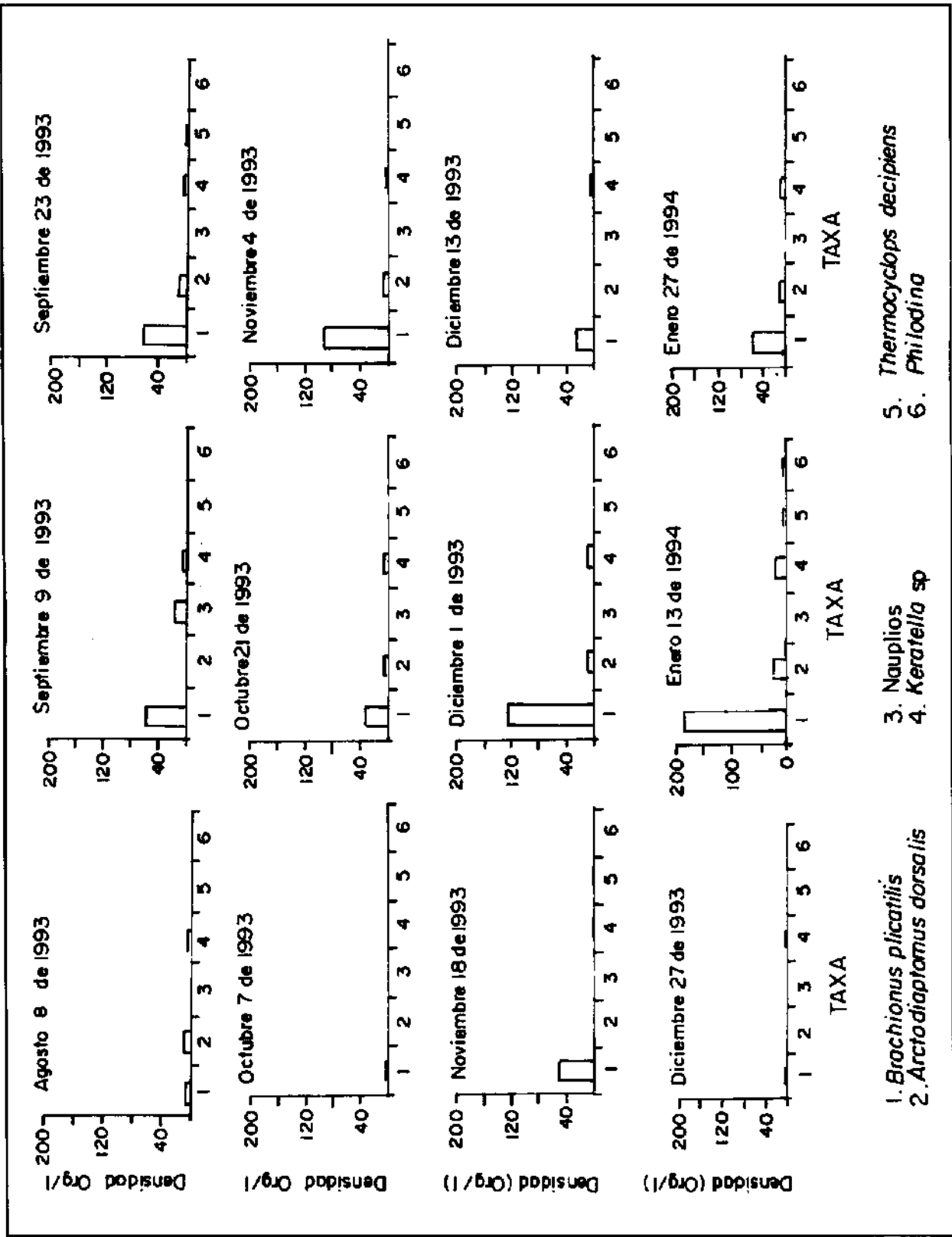


Figura 3. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Variación de la densidad por muestreo en la zona limnética



- 1. *Brachionus plicatilis*
- 2. *Arctodiaptomus dorsalis*
- 3. Nauplios
- 4. *Keratella* sp
- 5. *Thermocyclops decipiens*
- 6. *Philodina*

Figura 4. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Variación de la densidad por muestreo en la zona litoral



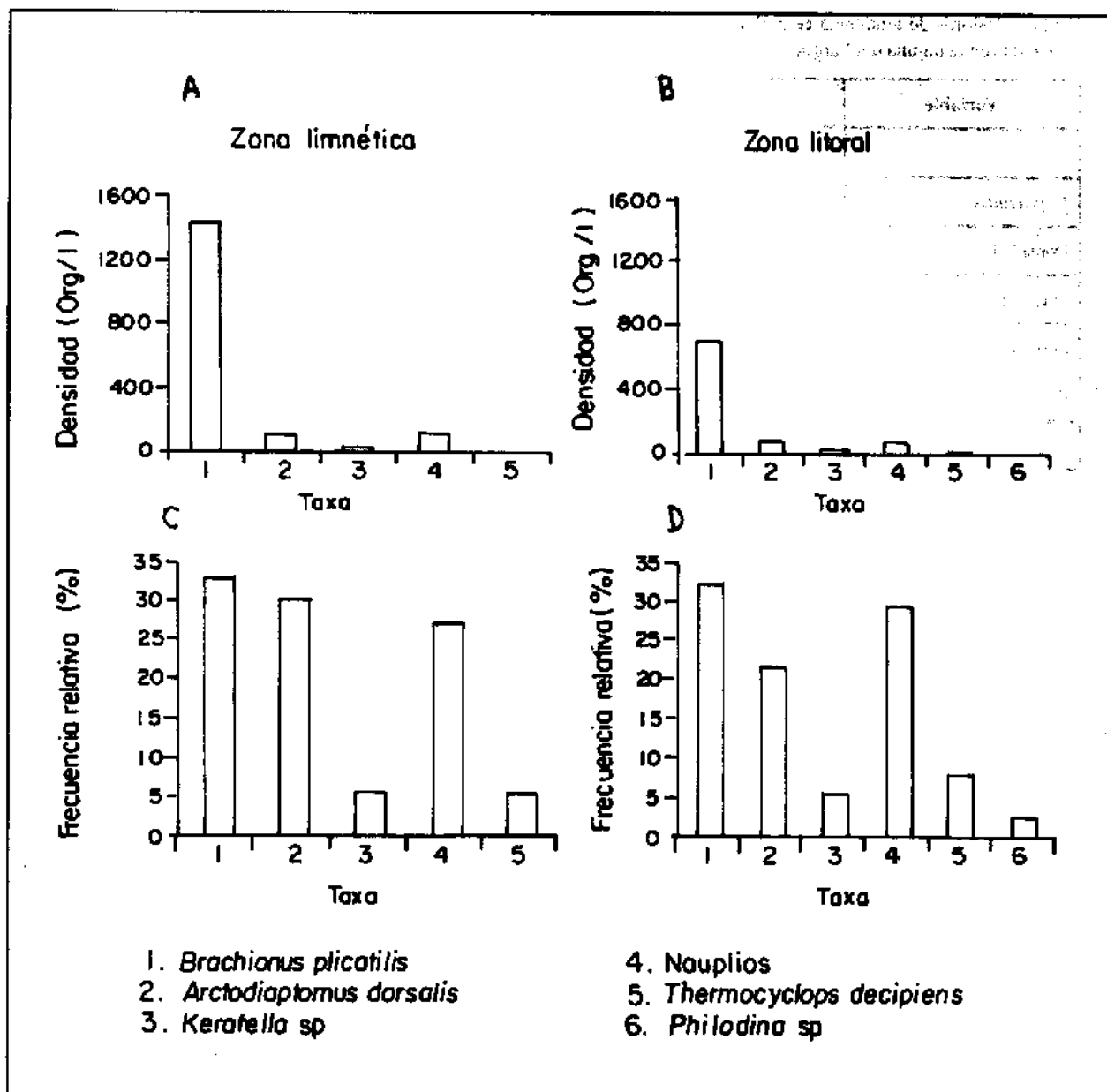


Figura 5. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Curvas de importancia numérica y frecuencia relativa de la comunidad zooplanktónica en las zonas limnética y litoral

En las figuras 3, 4 y 6 se muestra el comportamiento temporal de la densidad numérica en ambas estaciones. Se observa que las mayores variaciones entre los días de muestreo fueron presentadas por la densidad y la diversidad (tabla 2). La densidad numérica media en la zona limnética fue 1.89 veces mayor que la hallada en la zona litoral; por ello, las diferencias encontradas fueron consideradas estadísticamente significativas ( $F = 6.01$ ,  $p = 0.0322$ ).

Los valores de equidad y diversidad obtenidos en ambas zonas fueron bajos, por lo que en la mayoría de los casos los valores de dominancia presentaron valores superiores a 0.50 (tabla 2).

Entre estaciones la diversidad no mostró diferencias significativas ( $F = 0.63$ ,  $p = 0.4526$ ). La variación temporal de la misma fue similar en

**Tabla 2.** Valores de tendencia central y dispersión relativa correspondientes a *B. plicatilis* y a las variables ecológicas analizadas en la laguna del Parque Norte

| Variable             | Zona limnética |        |              | Zona litoral |        |              |
|----------------------|----------------|--------|--------------|--------------|--------|--------------|
|                      | Media          | CV (%) | Total        | Media        | CV (%) | Total        |
| <i>B. plicatilis</i> | 118.67 org/l   | 96.0   | 1.425 org/l  | 58.40 org/l  | 93.5   | 701 org/l    |
| Densidad             | 139.17 org/l   | 65.9   | 1.669 org/l  | 71.5 org/l   | 91.0   | 858 org/l    |
| Diversidad           | 0.48 nat/ind   | 57.5   | 0.57 nat/ind | 0.56 nat/ind | 50.4   | 0.69 nat/ind |
| Equidad              | 0.50           | 42.5   | 0.35         | 0.56         | 46.2   | 0.33         |
| Riqueza              | 3.08           | 29.2   | 5 taxa       | 3.08         | 37.8   | 6 taxa       |
| Dominancia           | 0.74           | 21.4   | 0.74         | 0.68         | 27.5   | 0.68         |

ambas zonas ( $F = 1.57$ ,  $p = 0.2317$ ), como lo muestra el valor de los coeficientes de variación en la tabla 2; como resultado, la comparación de los mismos no presentó diferencias significativas ( $t_c = 0.44$ ,  $p > 0.05$ ).

Entre muestreos la variabilidad de la densidad fue mayor en la zona litoral (tabla 2). La prueba de Dawkins para establecer la significancia de las diferencias en la variación temporal de la densidad numérica entre estaciones no mostró valores significativos ( $t_c = 0.78$ ,  $p > 0.05$ ).

Los taxa *B. plicatilis*, *Arctodiaptomus dorsalis* Marsh, 1907, y nauplios presentaron las frecuencias más altas, lo que indica que estuvieron presentes en la mayoría de los muestreos en ambas estaciones (figuras 5C y 5D). Sólo las diferencias de densidad de *B. plicatilis* entre estaciones fueron significativas ( $t_c = 2.08$ ,  $p = 0.0495$ ).

La diversidad se mostró más relacionada con la equidad que con la riqueza numérica. Sin embargo, la mayor relación con la diversidad la presentó la dominancia en ambas zonas (figuras 6 y 7).

El índice de Bray y Curtis (1957) agrupó los taxa en tres colectivos en la estación I y en cuatro en

la estación II, ordenándolos en categorías decrecientes de densidad en ambas estaciones (figuras 8 y 9).

Las variaciones de densidad del zooplancton no presentaron asociación significativa con los periodos de lluvia y estiaje (zona limnética:  $r^2 = 5.8\%$ ,  $p > 0.05$ ; zona litoral:  $r^2 = 4.8\%$ ,  $p > 0.05$ ). En la zona limnética la densidad zoopláctónica estuvo asociada en forma significativa pero leve a la clorofila *a* ( $r^2 = 22.1\%$ ,  $p < 0.05$ ), mientras que en la litoral la misma variable se asoció de igual forma a los cambios de temperatura del agua ( $r^2 = 34.8\%$ ,  $p < 0.05$ ), temperatura del aire ( $r^2 = 17.6\%$ ,  $p < 0.05$ ) y pH ( $r^2 = 31.4\%$ ,  $p < 0.05$ ). Las demás variables no mostraron asociación significativa con la densidad.

## DISCUSIÓN

**Caracterización limnológica.** Como se observa en la tabla 1, los valores de los coeficientes de variación de cada una de las características físicas, químicas y biológicas estudiadas fueron relativamente bajos y muy similares entre las zonas limnética y litoral. Esto demuestra que desde el punto de vista físico y químico la laguna del Parque Norte se comportó de manera bastante uniforme a través del tiempo de muestreo, no incidiendo en el resultado las variaciones

climáticas ocurridas durante este intervalo. La mencionada uniformidad es ocasionada por el carácter polimético del cuerpo de agua, debida a su vez a su poca protección contra el viento, uniformidad morfométrica y poca profundidad.

Los valores altos de alcalinidad, dureza, conductividad eléctrica y pH originan un sistema altamente tamponado, de aguas duras y con una reserva alcalina considerable (Ramírez y Díaz, 1994).

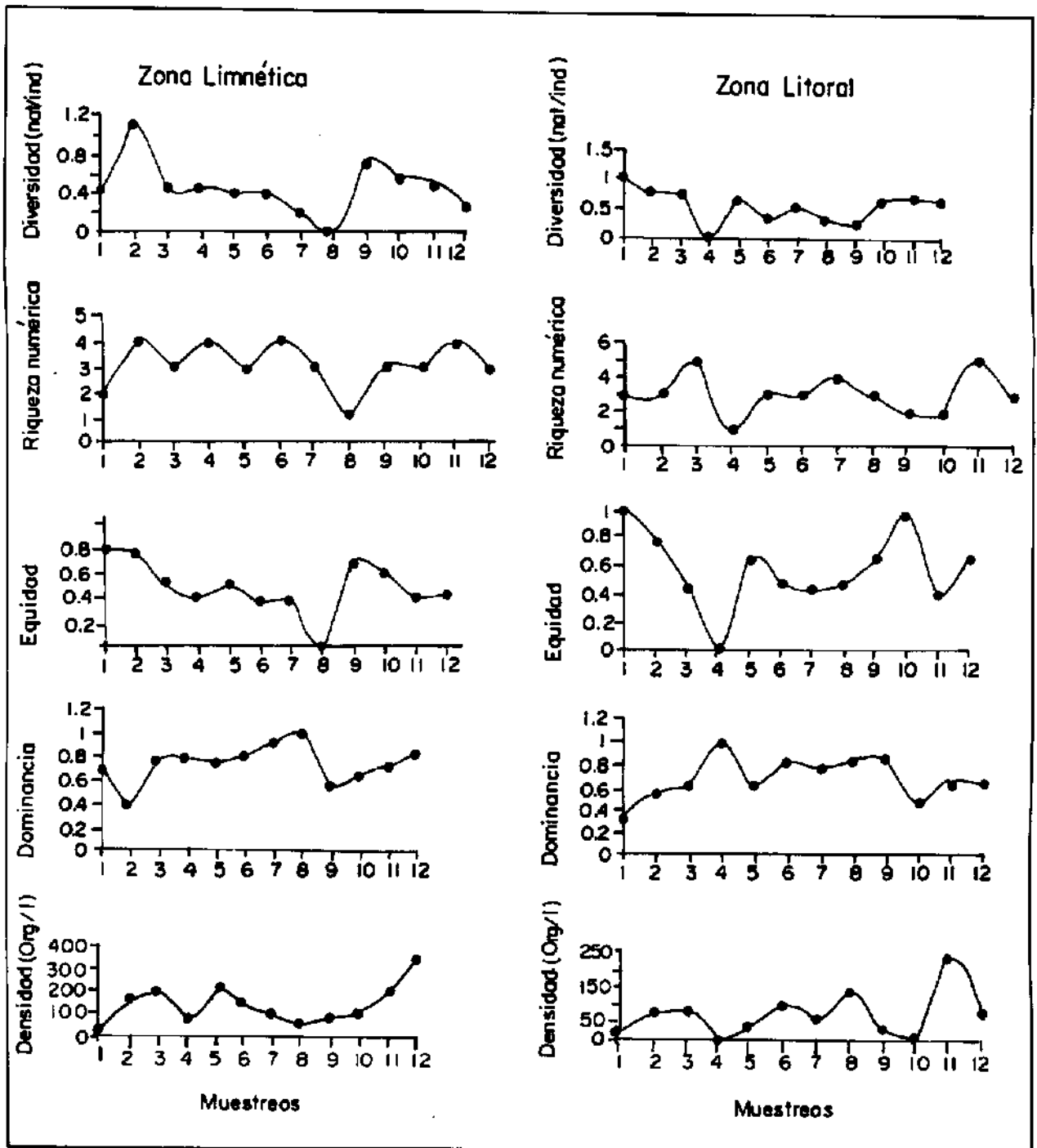


Figura 6. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Variación temporal de densidad absoluta, la riqueza numérica, la diversidad, la equidad y la dominancia en las zonas limnética y litoral

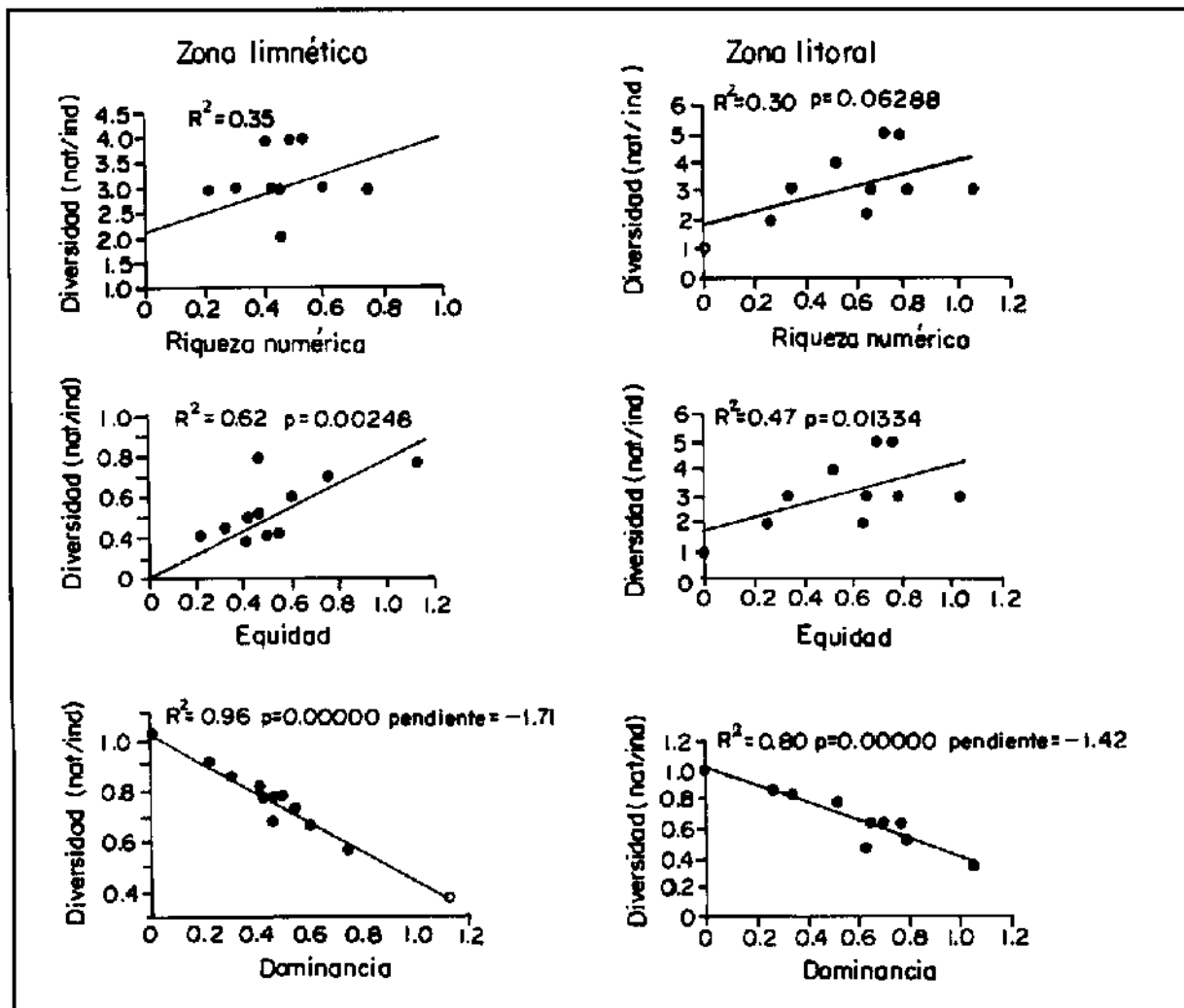


Figura 7. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Rectas de mejor ajuste para las regresiones lineales entre la diversidad y los índices de equidad, dominancia y riqueza en las zonas limnética y litoral

**Caracterización climática.** La pluviosidad del año de muestreo presentó un patrón bimodal similar al de los 37 años anteriores, con una variación anual alta (CV = 52.5%). Durante el semestre de estudio se presentaron incrementos de lluviosidad hacia septiembre y posterior disminución hacia el último mes de muestreo (enero), acordes también con los registros históricos (figura 2).

La pluviosidad en el semestre de estudio (CV medio = 9.2%) presentó variaciones 6.2 veces mayores que las de la temperatura del aire en el

mismo periodo, como es de esperar en la zona tropical donde se reconoce que la pluviosidad y el viento presentan estacionalidad marcada.

La dirección del viento fue predominante en el sentido norte-sur en ambas estaciones. Esta dirección representó el 83.3% del total de muestreos efectuados.

**Estructura numérica de la comunidad zooplanctónica.** La estructura de la comunidad, evaluada a través de la diversidad, no mostró diferencias significativas entre estaciones, al

contrario del consenso general en lo referente a la existencia de grandes diferencias en la estructura biológica entre las zonas limnética y litoral (Odum, 1972; Margalef, 1983; González, 1988; Esteves, 1988). En la presente investigación dichas diferencias no se presentaron, debido posiblemente a lo siguiente:

1. Al patrón de vientos dominante durante el tiempo de muestreo en la dirección norte-sur (figura 1), es decir, en sentido zona limnética-zona litoral, que mezcla completamente las capas de agua en ambas zonas y en la laguna como un todo y no permite diferenciar claramente estas zonas. Este comportamiento se evidencia en lo

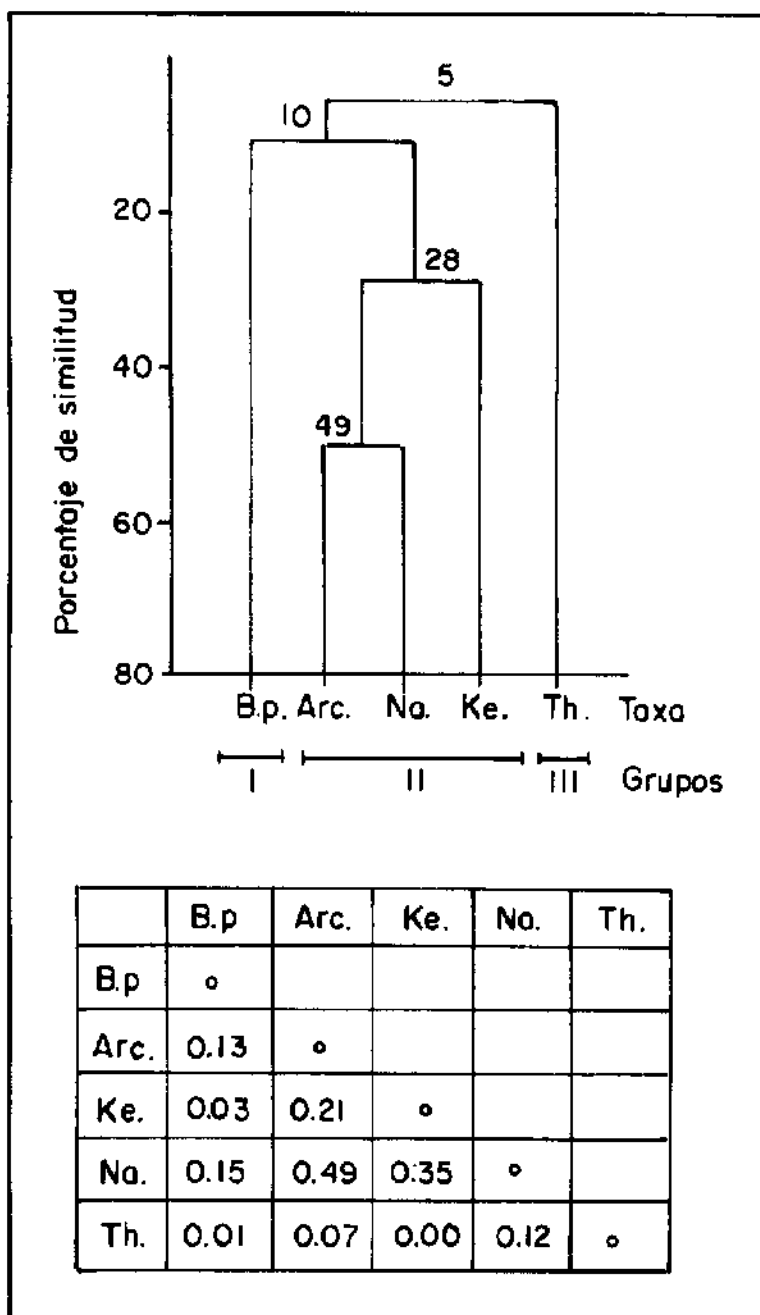


Figura 8. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Análisis de agrupamiento y matriz básica de valores de similitud para los taxones hallados en la zona limnética

que Pieczynska (1990) denomina 'efecto de las márgenes', que consiste en la presencia de organismos que son empujados por el viento hacia esa zona. Además, en la zona litoral se observa generalmente disminución en los valores de abundancia, biomasa y producción fitoplanctónica debido a factores como el

sombreamiento, la competición por nutrientes o la producción de inhibidores (Hasler y Jones, 1949; Goulde, 1969; Brammer, 1979).

2. A la no existencia de una zona litoral bien desarrollada, lo cual se debe a que en el área correspondiente a la misma se presentan

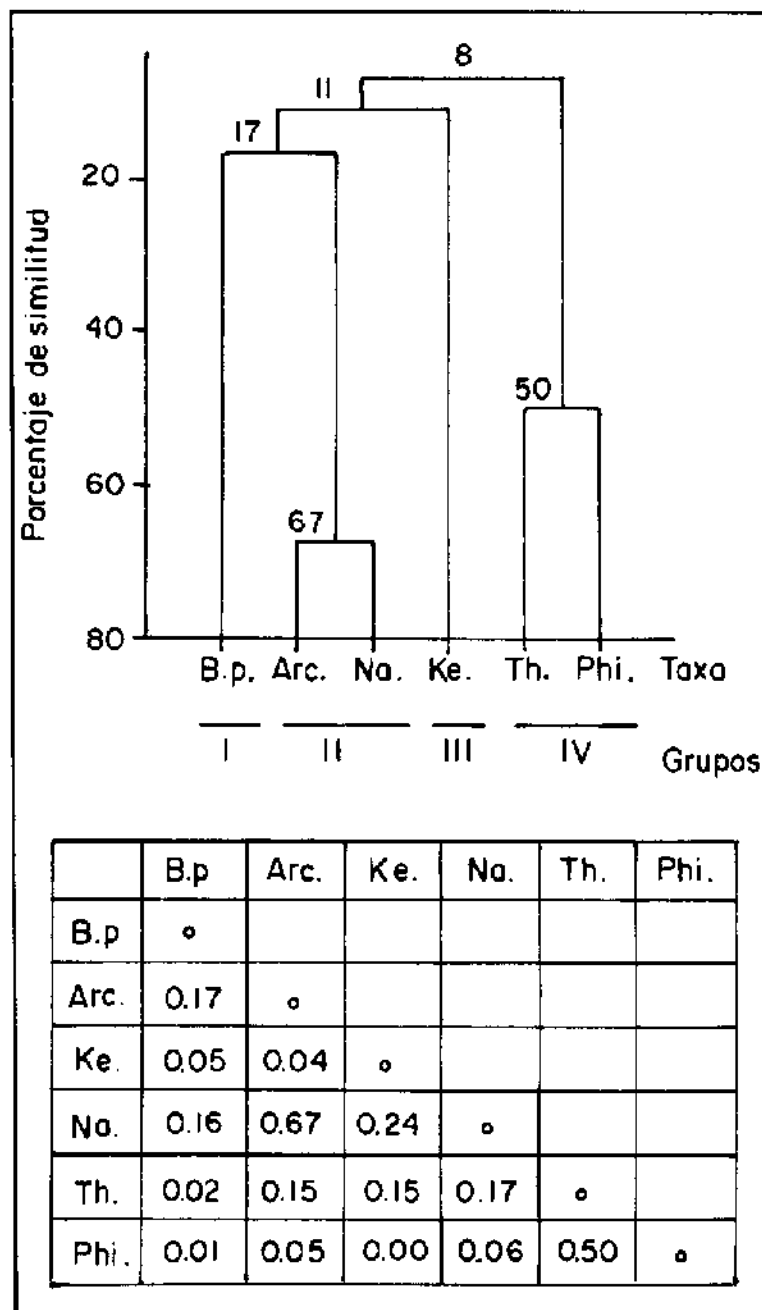


Figura 9. Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Análisis de agrupamiento y matriz básica de valores de similitud para los taxones hallados en la zona litoral

inclinaciones pronunciadas, que no permiten amplio desarrollo de la misma. Duarte y Kalff (1986), basados en el estudio de 139 lagos, concluyeron que la extensión de la zona litoral está fuertemente correlacionada con la morfometría lacustre y, en particular, con su pendiente media. Para Pieczynska (1990), el incremento de la eutroficación elimina de la zona litoral un considerable número de macrófitas y organismos asociados a ellas, tornándola más estrecha y menos variada.

3. A que la diferencia de profundidad entre las dos zonas no es muy contrastante (1.70 m en la zona limnética y 1.00 m en la zona litoral). Como consecuencia, los organismos zooplanctónicos que tienden a rechazar las orillas no lo hacen, ya que en la zona litoral de esta laguna, por las razones expuestas, las limitaciones para los movimientos ascendentes son débiles.

La variación temporal de la densidad fue alta en cada estación y aproximadamente 1.4 veces mayor en la zona litoral, por lo que se presentaron diferencias significativas ( $t_c = 4.16$ ,  $p < 0.01$ ). Los altos valores del coeficiente de variación en la zona litoral se deben a la presencia de mayores fluctuaciones por su mayor heterogeneidad.

En ambos casos las variaciones de la diversidad se mostraron más asociadas a las de la equidad y dominancia que a las de riqueza (figura 7). Obsérvese en esta figura que la inclinación de la recta en la relación  $H'-D$  es más pronunciada en la zona limnética que en la litoral. Esto significa que las disminuciones de diversidad debidas a la dominancia de *B. plicatilis* se alcanzan más rápidamente en esta zona. Por ello, la densidad de este organismo entre zonas fue considerada significativamente diferente ( $t_c = 2.08$ ,  $p = 0.0495$ ). Esto lleva a concluir que *B. plicatilis* compete mejor en la zona limnética que en la litoral, siendo, por ello, mayores los valores de la densidad de la comunidad total y el de la dominancia media en esta zona (tabla 2). Según (Whittaker, 1972), los valores del índice de dominancia de Simpson (1949) equivalen a la pendiente de las curvas de

importancia numérica de la comunidad, y son mayores en las comunidades donde se presentan dominancias altas.

Como ya se mencionó, el comportamiento del taxón más abundante y frecuente (*B. plicatilis*) incrementó los valores de dominancia y disminuyó los de equidad y diversidad en ambas zonas (figuras 5A, 5B, 5C y 5D). Estos resultados fueron influenciados por factores como los valores altos de conductividad eléctrica y alcalinidad total (tabla 1), además de las condiciones de eutrofia, favorables para la adaptación y permanencia de este organismo (Ramírez, 1987; Ramírez y Díaz, 1996-1997). Es de anotar que tanto los muestreos como los taxa se agruparon con base en la influencia de este organismo en la comunidad, que como puede verse fue definitiva.

**Agrupamiento de taxa.** El dendrograma de la figura 8 muestra que en la zona limnética *B. plicatilis* y *T. decipiens* constituyeron grupos aislados. *T. decipiens* conformó este grupo debido a su baja densidad. El valor bajo de similitud de *B. plicatilis* (10%) implica que su comportamiento ecológico también fue diferente debido a sus altos valores de densidad, los cuales muestran este organismo dominando ampliamente en esta zona (figura 5A).

En la zona litoral ocurrió algo similar (figura 9). El cuarto grupo, formado por *T. decipiens* y *Phylodina*, fue poco similar al resto (8%) debido a la baja densidad de los mismos. Igual sucedió con *Keratella*. Dado el alto valor de similitud de *A. dorsalis* y los nauplios (67%, segundo grupo), podría suponerse que compiten por recursos similares. *B. plicatilis* nuevamente presentó valores bajos de similitud con el resto de la comunidad, por las razones anteriormente expuestas.

**Asociación entre variables.** Para la zona limnética, la clorofila *a* se presentó levemente asociada con el incremento de la densidad zooplanctónica ( $r^2 = 22.1\%$ ,  $p < 0.05$ ), lo que indica que esta última depende posiblemente de

la cantidad de fitoplancton presente en el ecosistema, lo cual es un hecho referenciado rutinariamente en los trabajos sobre esta comunidad, en especial en esta zona, en donde la cadena de la herbivoría es predominante. Sin embargo, los bajos valores del coeficiente de determinación no permiten aseverar esta dependencia. La ausencia de relación con esta variable en la zona litoral ( $r^2 = 6.8\%$ ,  $p > 0.05$ ) implica quizás la existencia de otras fuentes de energía de mayor importancia que el fitoplancton (detritos), debido a la mayor heterogeneidad de esta zona en comparación con la limnética.

Para la zona litoral, la temperatura del agua, el pH y la temperatura ambiente mostraron una influencia negativa sobre la densidad del zooplancton. La temperatura ha sido reconocida como uno de los factores primarios que influencia la dinámica poblacional del plancton. Sin embargo, esta relación próxima no necesariamente es de tipo causal, pues puede ocultar el efecto de otras variables complejas como la abundancia del seston, su distribución de tamaños y su composición bioquímica, o la magnitud y selectividad de la predación, que no son tan fáciles de medir como la temperatura *per se* (Hart, 1985). Estas variables desempeñan un importante papel en la dinámica del zooplancton en esta zona y no fue posible evaluarlas en esta investigación.

La diferencia en las densidades numéricas de los taxa hallados en las comunidades presentes en ambas zonas fue considerada estadísticamente significativa por la prueba t de Student. Es importante distinguir entre el comportamiento de la comunidad y el de los taxa que la conforman (Chutter, 1985), y describirlo. Esta aseveración

cobra mayor importancia cuando se trata de zonas distintas, donde los factores de fuerza que dirigen la comunidad pueden también ser diferentes o ser similares, pero de mayor magnitud en una que en otra.

## CONCLUSIONES

1. La hipótesis propuesta no fue aceptada.
2. Los resultados obtenidos muestran que aunque se hallaron diferencias significativas de densidad entre las zonas limnética y litoral, la estructura numérica de la comunidad no las presentó.
3. Los valores de densidad y diversidad fueron mayores en la zona limnética (aunque la diferencia de diversidad no fue considerada significativa).
4. La densidad mostró mayor variabilidad temporal en la zona litoral, mientras que la diversidad presentó variación temporal similar en ambas zonas.
5. En general, los factores que incidieron en la estructura numérica hallada fueron las temperaturas del aire y del agua, el pH y la biomasa fitoplanctónica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo logístico del Departamento de Biología de la Universidad de Antioquia por permitir el uso de las instalaciones y equipos del Laboratorio de Limnología Alexander von Humboldt. Igualmente agradecen a Ana L. Estrada P. y a las autoridades del Parque Norte por su colaboración.

## REFERENCIAS

Alvarado O, Pinilla L. 1977. Distribución estacional, constitución y abundancia relativa del zooplancton en el lago de La Tota (Boyacá), durante el periodo comprendido desde septiembre de 1974 a agosto de 1975. Tesis de grado. Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.

Aranguren N. 1998. Estudio de los copépodos planctónicos (Crustacea) de la ciénaga de Guarinocito, Magdalena Medio. Tesis de maestría. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá DC.



- Brammer ES.** 1979. Exclusion of phytoplankton in the proximity of dominant water-soldier (*Stratiotes aloides*). *Freshwat Biol* 9:233-248.
- Bray JR y Curtis JT.** 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27:325-349.
- Buitrago LF.** 1998. Dinámica poblacional de *Arctodiaptomus dorsalis* en un ecosistema tropical raso: laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Disertación de maestría en recursos hidrobiológicos. Universidad del Cauca. Popayán.
- Chutter FM.** 1985. Seasonality/seasonality: chairman's summary. En: Davies BR, Walmsley RD (eds.). *Perspectives in southern hemisphere limnology*. DR W. Junk Publishers, Dordrecht. *Hydrobiologia* 125:191-194.
- Cole G.** 1983. *Textbook of limnology*. C. V. Mosby Co, St Louis.
- Duarte CM, Kalf J.** 1986. Litoral slope as a predictor of the maximum biomass of submersed macrophytes. *Limnol Oceanogr* 31:1.072-1.080.
- Edmonson GW.** 1959. *Freshwater biology*. Wiley, New York.
- Espinal LS.** 1992. *Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida*. Ed. J. Lealon. Medellín.
- Esteves FA.** 1988. *Fundamentos de limnología*. Editora Interciencia/Finep, Rio de Janeiro.
- Estrada AL.** 1995. Disposición vertical y horizontal del rotífero *Brachionus plicatilis* (Müller 1786) en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. Tesis de grado. Universidad de Antioquia, Departamento de Biología. Medellín.
- Flórez F.** 1978. Contribución al estudio ecológico de la laguna de La Tota. Revisión bibliográfica. Universidad Nacional-Fonade-Colciencias, Bogotá.
- Gaviria S.** 1989. The calanoid fauna (Crustacea, Copepoda) of the cordillera Oriental of the Colombian Andes. *Hydrobiologia* 178:113-134.
- Gaviria S.** 1993a. Zwei Canthocamptidae (Copepoda, Harpacticoida) aus kolumbianischen Adergewässern. *An. Naturhist Mus Wien* 94/95, B:361-375.
- Gaviria S.** 1993b. Aspectos limnológicos de las lagunas de Chingaza. En: Andrade GI. "Carpanta". *Ecología y conservación de un ecosistema altoandino*. Fundación Natura Colombia/The Nature Conservancy/Empr. Acued. Alcant. de Bogotá, 189-203.
- Gaviria S.** 1994. Los copépodos (Arthropoda, Crustacea) de vida libre de las aguas continentales colombianas. *Rev Acad Colomb Cienc* 19: 361-385.
- Gaviria S, Aranguren M.** 1998. *Guía general de laboratorio de Copepoda*. Curso Sistemática de Zooplankton de Aguas Continentales de Colombia. Universidad Nacional-Imani.
- Golterman HL, Clymo RS, Ohnstadt MAM.** 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Scientific Publications, London.
- González A.** 1988. *El plancton de las aguas continentales*. OEA. Monografía No. 33, Serie Biología. Washington, DC.
- Goulde R.** 1969. Interaction between the rates of production of a freshwater macrophyte and phytoplankton in a pond. *Oikos* 20:300-309.
- Hart RC.** 1985. Seasonality of aquatic invertebrates in low-latitude and southern hemisphere inland waters. En: Davies BR, Walmsley RD (eds.). *Perspectives in southern hemisphere limnology*. DR W. Junk Publishers. Dordrecht. *Hydrobiologia* 125:151-178.
- Hasler AD, Jones E.** 1949. Demonstration of the antagonist action of large aquatic plants algae and rotifers. *Ecology* 30:359-364.
- Herrera J.** 1993. Estudio del zooplankton en el embalse de Betania. (Huila, Colombia). Tesis Biología. Universidad Nacional, Bogotá.
- Holdridge L.** 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.
- Jaramillo JC.** 1994. Ecología del zooplankton en la represa La Fe, El Retiro, Antioquia. Tesis de grado. Universidad de Antioquia, Departamento de Biología, Medellín.
- Kosté W.** 1987. Rotifera from australian inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogonta). *Invert Taxon* 7:949-1021.
- Lobo EA, Leighton G.** 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de ríos de la zona central de Chile. *Revista Biol Mar* 22:1-29.
- Ludwig JA, Reynolds JF.** 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley and Sons, New York.
- Margalef R.** 1983. *Limnología*. Edic. Omega, SA, Barcelona.
- Odum EP.** 1972. *Ecología*. 3<sup>a</sup> ed. Interamericana, México.
- Páez C.** 1977. Contribución al conocimiento del zooplankton de las aguas del altiplano andino-oriental. Tesis de grado. Universidad Nacional, Bogotá.
- Pennak R.** 1978. *Freshwater invertebrates of the United States*. 2<sup>nd</sup> ed. Wiley, New York.

- Piecynzka E.** 1990. Litoral habitats and communities. En: Jørgensen SE, Löffler H (eds.). *Guidelines of lake management. Vol. 3. Lake shore management.* International Lake Environment Committee, Japan.
- Pielou EC.** 1975. *Ecological diversity.* Wiley, New York.
- Ramírez JJ.** 1991. Determinación de biomasa por clorofila. *Rev Ainsa* 1:53-63.
- Ramírez JJ.** 1986. Algunos organismos zooplanctónicos del embalse El Peñol. *Actual Biol* 15:14-25.
- Ramírez JJ.** 1987. Contribución al conocimiento de las condiciones limnológicas de la laguna del Parque Norte. *Actual Biol* 16:12-30.
- Ramírez JJ.** 1996. Autecology of *Cyanocatena bicudoii* sp. Nova, a new Cyanophyceae from Parque Norte lagoon, Colombia. *Algal Stud* 80:21-34.
- Ramírez JJ, Díaz A.** 1994. Caracterización limnológica y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna del Parque Norte, Colombia. *Hoehnea* 21: 9-29.
- Ramírez JJ, Díaz A.** 1995. Cambios diurnos 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.
- Ramírez, JJ, Díaz A.** 1996-1997. Fluctuación estacional del zooplancton en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. *Rev Biol Trop* 44/45: 549-563.
- Ruiz JE, Molina JA, Saavedra GE, Contreras M, Mojica JI.** 1984. Incidencia de la precipitación, eutroficación y calidad bacteriológica en la composición planctónica del lago de Tota. Himat, División de Hidrología, Bogotá.
- Saavedra GE.** 1984. Contribución al conocimiento del zooplancton de aguas continentales frías. Embalse de Sisga. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Shannon CE, Weaver W.** 1949. *The mathematical theory of information.* The University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson EH.** 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.
- Talling JF, Driver D.** 1963. Some problems in the estimation of chlorophyll a in phytoplankton. *Proc Conf Prim Prod Meas Mar and Fresh Hawaii* 1961:142-146.
- Thiébaud M.** 1914. Copépodes de Colombie et des Cordillères de Mendoza. En: Fuhrmann O y Mayor E (eds.). *Voyage d'exploration scientifique en Colombie. Mem Soc Neuchâtel Sc Nat* 5:160-175.
- Uribe A, Roldán G.** 1975. Estudio comparativo de algunas características físicoquímicas y biológicas del embalse El Peñol. (Nare). *Actual Biol* 4:2-12.
- Wetzel R, Likens GE.** 1990. *Limnological analyses.* 2<sup>nd</sup> ed. W. B. Saunders Company, Philadelphia.
- Whittaker R.** 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251.