

**COMPOSICIÓN, DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN VERTICAL NICTEMERAL DE
ROTIFERA EN UN LAGO ARTIFICIAL POCO PROFUNDO.**

JUAN GUILLERMO GALVIS RUEDA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2006

**COMPOSICIÓN, DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN VERTICAL NICTEMERAL DE
ROTIFERA EN UN LAGO ARTIFICIAL POCO PROFUNDO.**

JUAN GUILLERMO GALVIS RUEDA

Trabajo de grado presentado para optar al título de Biólogo

DIRECTORA
ROSA AURA GAVILÁN DÍAZ
Bióloga, PHD.
UIS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2006

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
1. METODOLOGÍA	3
1.1 Área de estudio	3
1.2 Fase de campo	3
1.3 Fase de laboratorio	4
1.4 Análisis de los datos	4
2 RESULTADOS	6
2.1 Variables Físicas y Químicas	6
2.2 Composición de Rotifera	6
2.3 Distribución de Rotifera en la temporada de lluvias	7
2.4 Distribución de Rotifera en la temporada seca	7
2.5 Variación Espacio-Temporal	8
3. DISCUSIÓN	10
4. CONCLUSIÓN	14
5. AGRADECIMIENTOS	15
6. LITERATURA CITADA	16

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Lago Acuarela. Localización geográfica: a) Colombia 1:1 000 000, b) Santander 1: 600 000, c) Lago Acuarela, imagen LandSat 30 m 1:100 000, d) Estación de muestreo (E).	29
Figura 2	Lago Acuarela. Registro de la temperatura ambiente para cada ciclo nictemeral.	30
Figura 3	Lago Acuarela. Capa fótica de la columna de agua para los cuatro ciclos nictemerales.	31
Figura 4	Lago Acuarela. Perfiles verticales de temperatura (°C) correspondiente a los cuatro ciclos nictemerales.	32
Figura 5	Lago Acuarela. Perfiles verticales de oxígeno disuelto correspondiente a los cuatro ciclos nictemerales.	33
Figura 6	Lago Acuarela. Incremento de la densidad numérica total, a partir del primer ciclo nictemeral (13-14 octubre /04) al cuarto ciclo (25-26 mayo /05).	34
Figura 7	Lago Acuarela. Densidad numérica total de los rotíferos más abundantes encontrada para las dos temporadas de muestreo.	35
Figura 8	Lago Acuarela. Densidad numérica total de los rotíferos por m ³ en la temporada de lluvias.	36
Figura 9	Lago Acuarela. Densidad numérica total de los rotíferos por m ³ en la temporada seca.	37
Figura 10	Lago Acuarela. Distribución espacio-temporal de los rotíferos luego del Análisis de Componentes Principales para la temporada de lluvias.	38
Figura 11	Lago Acuarela. Distribución espacio-temporal de los rotíferos luego del Análisis de Componentes Principales para la temporada seca.	39

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Lago Acuarela. Valores máximos, mínimos y medidas de tendencia de las variables físicas y químicas para cada ciclo nictemeral en la temporada de lluvias.	23
Tabla 2	Lago Acuarela. Valores máximos, mínimos y medidas de tendencia para las variables físicas y químicas en cada ciclo nictemeral de la temporada seca.	24
Tabla 3	Lago Acuarela. Composición y abundancia Relativa (%) de Rotífera.	25
Tabla 4	Lago Acuarela. Valores máximos y mínimos de densidad numérica de los rotíferos para la temporada de lluvias.	26
Tabla 5	Lago Acuarela. Valores máximos y mínimos de densidad numérica de los rotíferos para la temporada seca.	27
Tabla 6	Lago Acuarela. Distribución espacio-temporal de las especies de rotíferos (Densidad numérica) para las dos temporadas de estudio.	28

RESUMEN

TÍTULO **COMPOSICIÓN, DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN VERTICAL NICTEMERAL DE ROTIFERA EN UN LAGO ARTIFICIAL POCO PROFUNDO.***

AUTOR: **JUAN GUILLERMO GALVIS RUEDA****

PALABRAS CLAVES: Composición, Densidad, Distribución vertical nictemeral, Rotifera, Temporada de lluvias y Temporada seca, Lago artificial Tropical.

DESCRIPCIÓN

En el Lago Acuarela, un sistema artificial poco profundo, ubicado a los 6°51'22"N y 73°4'19.5"W a 1685 m.s.n.m, en el Municipio de Los Santos, Santander, se analizó la composición, la densidad y la distribución vertical de los rotíferos más abundantes y su relación con algunas variables físicas y químicas en cuatro ciclos nictemerales; dos en la temporada de lluvias, I: 13-14 de octubre 2004 y II: 25-26 de mayo 2005 y dos en la temporada seca, I: 20-21 de enero 2005 y II 16-17 de marzo 2005, cada uno con intervalos de muestreo de tres horas y en una estación fija que corresponde a la zona más profunda. El Lago Acuarela presentó una estratificación térmica en la temporada de lluvias y en el primer ciclo de la temporada seca, además en esta última presentó estratificación física y química permanente en el ciclo II, el oxígeno presentó estratificación para las dos temporadas de muestreo y anoxia en todo el perfil vertical a partir de los 6 m de profundidad. Fueron determinadas trece especies de rotíferos (*Keratella americana*, *Brachionus falcatus*, *Lecane monostyla*, *Lecane hornemanni*, *Lecane signifera*, *Lecane bulla*, *Trichocerca similis*, *Trichocerca ruttneri*, *Ptygura c.f libera*, *Hexarthra intermedia braziliensis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Lepadella sp*, y *Anuraeopsis fissa*). *K. americana* presentó mayor densidad numérica seguida por *B. falcatus*, *L. distyla* y *P. c.f libera*, estas especies mostraron distribuciones distintas entre ciclos y en el perfil vertical para cada temporada. El análisis de componentes principales reveló lo siguiente: los factores que más aportaron a la variabilidad del sistema fueron el pH, el OD y la profundidad, además que la abundancia de *K. americana*, *P. c.f libera* está correlacionada con estos factores en el periodo de estudio, además las especies registradas para el Lago Acuarela tienen preferencias por las capas superficiales de la columna de agua.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Biología, Directora, Dra. Rosa Aura Gavilán Díaz.

ABSTRACT

TITLE: COMPOSITION, DENSITY AND VERTICAL DISTRIBUTION NICTEMERAL OF ROTIFERS IN AN ARTIFICIAL SHALLOW LAKE.*

AUTHOR: JUAN GUILLERMO GALVIS RUEDA**

KEY WORDS: Composition, Density, Nictemeral vertical distribution, Rotifera, Rainy season and Dry season, Artificial tropical lake.

DESCRIPTION

The composition, density and vertical distribution of the most abundant rotifers were analyzed in the Acuarela Lake, an artificial low depth system. constructed at the end of the 80's and located at 6°51 ' 22 " N and 73°4 ' 19.5 " W, 1685 altitude, in the Municipality of Los Santos, Santander. There was analyzed also their relationship with some physical and chemical variables in four nictemeral cycles; two in the rainy season I: October 13-14, 2004. II: May 25-26 2005 and two in the dry season I: 20-21 de January 2005 y II: 16-17 de Mar 2005 with intervals of three hours and on a fixed station that corresponds to the deepest zone of the system. The lake exhibited a thermal stratification during the rainy season and in the first cycle of the dry season. In the latter cycle II it presented a permanent physical and chemical stratification, the oxygen presented stratification for both seasons of sampling and anoxia in the whole vertical profile was observed from 6 m of depth. Thirteen rotifer species were determined *Keratella americana*, *Brachionus falcatus*, *Lecane monostyla*, *Lecane hornemanni*, *Lecane signifera*, *Lecane bulla*, *Trichocerca similis*, *Trichocerca ruttneri*, *Ptygura c.f libera*, *Hexarthra intermedia braziliensis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Lepadella* sp, and *Anuraeopsis fissa*. *K. americana* had the most numerical density followed for *B. falcatus*, *L. distyla* y *P. c.f libera*. These species showed different distributions among cycles and in the vertical profile for every season of sampling. The component principal analyses showed: the factors that more reached to the variability of the system were pH, OD and depth, besides, the abundance of *K. americana*, *P. c.f libera* in the period of study was correlated to these factors and the species registered for the lake had preferences to the superficial layers of the water column.

*Work of Degree

** Faculty of Sciences, Biology School, Directora, Dra. Rosa Aura Gavilán Díaz.

INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de rotíferos presentan diversas asociaciones en escalas de tiempo y espacio diferentes, lo cual le imprime dinamismo a los ecosistemas. La heterogeneidad vertical durante la estratificación promueve un incremento en la diversidad en cada capa de la columna de agua, aun cuando se realiza un muestreo en cortos intervalos de profundidad (Armengol *et al.* 1998). En el trabajo realizado por Baiao & Boavida (2000), se plantea que en los lagos estratificados, los rotíferos presentan un modelo de distribución vertical en el cual muestran preferencia por el metalimnio y capas cercanas, sin embargo estas migraciones en la columna de agua están acompañadas de fuerte disminución en la transparencia y aumento en la productividad primaria.

La distribución vertical de los rotíferos en los lagos esta influenciada por numerosos factores como la transparencia del agua, el contenido de oxígeno disuelto y la temperatura en la columna de agua (Miracle & Vicente 1983) y el pH (Mikschi 1989). Según Berzins & Pejler (1989) estos factores representan una barrera física y química que restringe directamente su aparición, estableciéndose un tipo particular de especies para cada ambiente. Además a los rotíferos se les atribuye una función muy importante en los ecosistemas acuáticos y es controlar el estado trófico de los mismos (Sladeczek 1983), sirviendo de intermediarios entre los productores primarios y secundarios, dada su habilidad para colonizar rápidamente diferentes hábitat - Reproducción partenogénica-(Gilbert *et al.*1983) y producción de huevos de resistencia durante la reproducción sexual (Ricci 2001, Rougier *et al.* 2005); por estas y otras razones han sido considerados como organismos oportunistas cuya abundancia esta relacionada con el origen y naturaleza del cuerpo de agua y con las interacciones biológicas (Rodríguez & Matsumura-Tundisi 2000).

Dadas las características de las poblaciones de rotíferos, principalmente su abundancia en relación con los otros componentes del zooplancton y las interacciones con otras variables ambientales, este trabajo, además de enriquecer la información de los rotíferos en Santander, Colombia, tuvo como finalidad determinar la composición, las variaciones en la densidad y la distribución vertical de los rotíferos con relación a las variables físicas y químicas en cuatro ciclos nictemerales correspondientes a la temporada seca y de lluvias en un lago artificial Neotropical.

1. METODOLOGÍA

1.1 Área de Estudio

El Lago Acuarela es un sistema artificial, construido a finales de la década de los 80's situado en la Mesa de los Santos, Municipio de los Santos al Noreste del Departamento de Santander, Colombia (6°51'22"N; 73°4'19.5"W) a 1685 m.s.n.m (Figura 1). El lago pertenece al club náutico Acuarela. Por su posición altitudinal y sus características climáticas, geográficas y biológicas, pertenece a la provincia de Humedad subhúmedo (IGAC 1977), se clasifica como un lago andino poco profundo (Donato 1991) y por su ubicación pertenece a la zona de vida de bosque seco premontano (Holdridge 2000). La precipitación anual total alcanza los 1000 mm y presenta un ciclo bimodal, con picos de pluviosidad en abril - mayo y septiembre - octubre y mínimos de diciembre - enero. (Ideam 2003, Estación Guayaacanal 2004).

El lago tiene una profundidad máxima de 10.5 m, un área superficial de 19 Ha y un perímetro de 3625 m. Se construyó sobre un terreno con vegetación nativa, el cual fue dragado para formar el vaso del lago; posteriormente fue inundado sin remover esta capa vegetal. El volumen se mantiene por nivel freático, escorrentías y por una pequeña quebrada, además reboza por una de las paredes laterales (Barrera Nororiental). Las características limnológicas del lago se han estudiado desde el año 2003 (Gavilán-Díaz et al. Datos no publ.) así como la migración vertical nictemeral de los microcrustáceos (Villabona-González et al. Datos no publ.)

1.2 Fase de campo

En el punto más profundo del lago (10.5 m, 6° 51' 17.9" N, 73° 04' 21.1" W); se efectuaron cuatro ciclos nictemerales en una estación fija, dos en la temporada de lluvias Ciclo I: 13-14 de octubre 2004 y Ciclo II: 25-26 de mayo 2005 y dos en la

temporada seca Ciclo I: 20-21 de enero 2005 y Ciclo II 16-17 de marzo 2005. El zooplancton se colectó a intervalos de tres horas durante 24 h, iniciando a las 10:00 h. Los datos de temperatura ambiente, temperatura del agua, conductividad eléctrica (CE) y pH de la columna de agua fueron medidos simultáneamente *in situ* utilizando una sonda multiparámetro marca Horiba U-10 y el oxígeno disuelto (OD) con oxímetro YSI. A través de la profundidad del Disco de Secchi fue calculada la extensión de la capa fótica como medida indirecta de la penetración de luz (Margalef 1983).

Las muestras para el análisis biológico se colectaron con una garrafa tipo Van Dorn de 6 litros de capacidad en las siguientes profundidades: superficie, límite de la capa fótica y fondo para los ciclos nictemerales de octubre y enero; para marzo y mayo se adicionó una cuarta profundidad correspondiente a la oxiclina. Se tomó un volumen total de 24 litros, el cual se concentró utilizando una red para plancton de 68 μm y fue almacenado en frascos de 35 ml con formol 4% como fijador y glucosa 8% (Haney & Hall 1973)

1.3 Fase de laboratorio

Los Rotíferos fueron determinados a nivel de especie, basados en las claves taxonómicas de Koste (1978), Koste & Shiel (1987, 1989, 1992,1993), Nogrady *et al.* (1993), Seger (1995), Fernando (2002). El tropho de los rotíferos fue un importante carácter diagnóstico y su preparación para la observación al microscopio de luz, se realizó según metodología de De Smet (1998). Las densidades numéricas fueron determinadas por conteo total de organismos de cada muestreo en la cámara Sedgwick-Rafter de 0.5 ml, en un microscopio óptico compuesto (Olimpus CH30). Las densidades fueron expresadas en número de organismos por m^3 . Las muestras

colectadas ingresaron a formar parte de la colección Limnológica en el Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander. LM/ UIS

1.4 Análisis de Datos

Se realizaron perfiles verticales de la temperatura del agua y oxígeno disuelto determinando el comportamiento de éstas para cada intervalo durante las 24 h del muestreo.

Como medida de tendencia central de los datos se empleó la media aritmética y la dispersión se calculó usando la desviación estándar y el coeficiente de variación de Pearson (CV). Con el fin de evidenciar diferencias significativas de la distribución de los rotíferos entre temporadas, horas y profundidades, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis. El nivel de asociación entre el componente biótico y abiótico se determinó por medio del Análisis de Componentes Principales, transformando en log 2, los valores de densidad numérica de los rotíferos que presentaron abundancias relativas >1. Las densidades numéricas de *L. hornemanni* y *L. signifera*, se trabajaron como una sola especie *L. distyla*. El análisis de Correlación Canónica también fue utilizado con las mismas transformaciones excepto para el pH (Armengol *et al.*1998, Wolfenbarger 1999). Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa R y SPSS Inc (2005).

2. RESULTADOS

2.1 Variables Físicas y Químicas:

Las variables físicas y químicas registradas durante los cuatro ciclos nictemerales mostraron un gradiente marcado en el perfil vertical; una estabilidad en la temperatura ambiente (Tabla 1, 2 y Figura 2). Los datos de la profundidad de la capa fótica en las dos temporadas de muestreo fluctuaron muy poco, con valores medios de 1.2 m (Figura 3); los valores máximos y mínimos de la T° de agua(°C), OD, pH y Conductividad Eléctrica, se registraron en las tablas 1 para la temporada de lluvias y en la tabla 2 para la temporada seca; los perfiles verticales de temperatura y de oxígeno disuelto se muestran en las figuras 4 y 5 respectivamente.

Según el análisis de las variables a través de K-W, se presentaron diferencias significativas entre temporadas de muestreo y no entre ciclos nictemerales; en el análisis gráfico de los perfiles verticales, se observó una estratificación térmica en la temporada de lluvias y en el primer ciclo de la temporada seca, además en el ciclo II de la temporada seca se verificó una estratificación física y química permanente. El OD presentó estratificación en las dos temporadas de muestreo y anoxia en todo el perfil vertical a partir de los 6 m de profundidad.

2.2 Composición de Rotífera:

En el análisis total de las muestras biológicas correspondientes al estudio realizado, se determinaron trece especies de Rotífera distribuidas en nueve géneros (Tabla 3). Durante el periodo de estudio, la densidad numérica total de las especies fue aumentando desde el primer ciclo nictemeral (13-14 octubre/04) hasta el cuarto ciclo nictemeral (25-26 mayo/05), donde se registró el máximo número de individuos por m³

(26 586 583) (Figura 6); además se observó que la mayor densidad numérica total de rotíferos encontrada durante los cuatro ciclos nictemerales para el lago Acuarela, correspondió a *P. c.f libera* seguida por *K. americana*, *B. falcatus*, y *L. distyla* (Figura 7).

2.3 Distribución de Rotifera en la temporada de lluvias.

De la figura 8, se destaca que la densidad numérica total de individuos en la columna de agua fue similar para la capa superficial (0 m) y para la profundidad de capa fótica, en la cual se presentó el máximo de 740 250 ind/m³; mientras que para la capa del fondo mostró prácticamente una disminución del 50% en la densidad numérica (30 6250 ind/m³). Por otro lado en el ciclo II, se observó una disminución a medida que se descende en el perfil vertical, sin embargo solo se observaron diferencias significativas entre la densidad numérica de la capa superficial y el fondo. Además, los rotíferos encontrados presentaron una tendencia a desarrollar picos de abundancia en la capa superficial. De igual manera, los valores máximos como mínimos de las densidades numéricas muestran a *P. c.f libera*, *K. americana* y *L. distyla* como las más abundantes para esta temporada (Tabla 4).

2.4 Distribución de Rotifera en la temporada seca.

En la figura 9 para el ciclo I, se observa que la capa superficial muestra la máxima densidad numérica de la columna (1 775 375 ind/m³), y la densidad mínima correspondió a la capa del fondo, manteniendo la misma tendencia observada para la temporada de lluvias. Por otra parte en el ciclo II, la densidad numérica total en la columna de agua presentó una distribución espacial muy distinta a la mostrada en los ciclos nictemerales anteriores; registró valores máximos a una profundidad de 4 m, que corresponde a la capa de oxiclina para este ciclo (4 417 875 ind/m³), seguida por

la capa superficial y la capa fótica; los valores mínimos se registraron en la capa del fondo y correspondieron al 25% de la abundancia total para este ciclo nictemeral (1 141 000 ind/m³). Las especies más abundantes para esta temporada (Tabla 5) fueron *K. americana*, *L. distyla*, *P. c.f libera* y *B. falcatus*.

2.5 Variación Espacio-Temporal.

Los rotíferos presentaron diferencias significativas en su distribución espacio-temporal durante las dos campañas de muestreo, siendo heterogénea para todo el perfil vertical (Tabla 6); se observa en esta tabla que *A. fissa* se presentó únicamente en la capa de oxiclina y el fondo de la columna; por otro lado *L. bulla* fue exclusiva para la temporada de lluvias y registrada hasta el límite de la capa fótica; *L. hornemanni* y *L. signifera* registraron datos de densidad numérica muy similares para toda la columna en los dos periodos de estudio. Para la temporada de lluvias se encontró la dominancia de dos especies *K. americana* (86%) del total de los rotíferos y *P. cf libera* (31.7 %), en la temporada seca las especies dominantes fueron *B. falcatus* (24.7 %) y *K. americana* (20.5 %).

El análisis de componentes principales realizado para la temporada de lluvias (Figura 10), explicó el 63.6% de la varianza total de los datos, se observó que el factor 1 está determinado por el pH, la T°, la profundidad(-) y la temporada de muestreo(-); el factor 2 está determinado por la conductividad eléctrica CE (-) y el OD; estos componentes generaron un nivel de asociación con la densidad numérica de *K. americana*, *P. c.f libera* y *B. falcatus*, mientras que *L. distyla* fue ubicado en el espacio opuesto, indicando una distribución heterogénea espacio-temporal en el perfil vertical para la temporada de lluvias. Según la contribución de las variables basadas en las correlaciones, el cambio al sistema es aportado por las componentes del factor 1.

Por otro lado, el análisis de componentes principales realizado para la temporada seca (Figura 11), explicó el 59.1% de la varianza de los datos, el factor 1 está determinado por el pH, OD y CE (-), el factor 2 está determinado por el ciclo nictemeral; los componentes establecieron un nivel de asociación entre la densidad de *K. americana* y *P. c.f libera*, Sin embargo *B. falcatus* y *L. distyla*, fueron ubicadas en otros espacios, observándose una distribución espacio temporal similar a la temporada de lluvias.

Luego del Análisis de Correspondencia Canónica, la posición relativa en el espacio de los rotíferos es la misma, los factores ambientales que están más estrechamente relacionados con la distribución de los rotíferos son el pH, la concentración de OD y la profundidad de muestreo; en cuanto al factor biótico, esta relación canónica está explicada por la densidad numérica de *P. c.f libera*.

3. DISCUSIÓN

La fluctuación de la temperatura del agua que se registró para el ciclo I de la temporada de lluvias, posiblemente es causada por las altas temperaturas que se presentaron en las primeras horas del ciclo nictemeral, estableciendo una diferencia entre la capa superficial y el fondo, la cual se reduce a medida que la columna de agua se enfría en las horas de la noche y la madrugada, originando la estatificación inversa. Este comportamiento térmico fue comprobado también para la represa de Barra Bonita (São Paulo, Brasil) por Gavilán-Díaz (1990). Para el ciclo II, esta inestabilidad térmica de la columna fue más evidente en casi todas las horas de muestreo y a medida que aumentó la profundidad en el perfil vertical, se registraron estratificaciones marcadas, especialmente en el hipolimnio. Según Payne (1986), la ausencia de estabilidad térmica en la columna de agua es común para los sistemas lénticos tropicales.

En estudios como el de Miracle & Vicente (1983) y Easton & Gophen (2003) se encontró que los factores ambientales y las fuerzas físicas de convección controlan la agregación espacial de los organismos planctónicos; en el Lago Acquarela, la densidad en las poblaciones de rotíferos mostró diferencias significativas, generando un alto grado de agregación, sugiriendo una reducida circulación del agua. Los procesos de estratificación térmica y química pueden representar una barrera que explica la distribución de los rotíferos en el perfil vertical. Registros similares se han obtenido en lagos someros brasileros como el Lago Guaraná (Bini *et al.* 2001). Adicionalmente se puede observar una tendencia de distribución espacial de especies pero no un patrón de sucesión de las mismas (Rodríguez & Matsumura-Tundisi 2000) debido a características intrínsecas del grupo como el ser ectodermos, lo que hace que su

metabolismo dependa de la temperatura del medio (Stelzer 1998) y a adaptaciones rápidas a las condiciones adversas causadas por factores climáticos. Al igual que para el Lago Acuarela, en la represa del Lobo - Broa (Rodríguez & Matsumura-Tundisi, 2000) se presentó dominancia de más de una población gracias a la segregación de poblaciones en el espacio – tiempo, a la distribución de los organismos en el periodo de estratificación (temporada seca) y a su persistencia en el periodo de mezcla (temporada de lluvias), obteniéndose las diferencias significativas en la columna de agua, reflejadas en las asociaciones estratificadas de los rotíferos (Armengol *et al.* 1998).

En Barra Bonita Matsumura-Tundisi (1990), encontró que durante la estratificación térmica, se presentó segregación en la distribución de especies dominantes en varias capas de la columna; *P. libera*, presentó máximas abundancias poblacionales en el epilimnio y *K. americana*, *H. intermedia*, presentaron máximas abundancias en el fondo; similar a lo encontrado para el Lago Acuarela, donde *P. cf libera* presenta una tendencia a formar picos de abundancia en la oxiclina, registrado igualmente por Armengol *et al.* (1998), ya que el pico de abundancia de *K. americana* se da en la capa superficial. Se ha encontrado que la capa de oxiclina, presenta una serie de características particulares tales como: el bajo contenido de oxígeno, baja temperatura y baja intensidad lumínica, las cuales la convierten en una barrera fuerte para la distribución de las especies, en el estudio se encontró que *A. fissa* se registró únicamente para la capa del fondo; también ha sido reportada por Armengol & Miracle (2000), soportando la hipótesis de ser una especie bien adaptada a las condiciones del fondo de la columna o de tener un nicho específico (Keppeler & Hardy (2004).

La distribución espacio temporal que registró *H. intermedia braziliensis* fue reducida durante todo el periodo de estudio, esto podría explicarse por sus características morfológicas, ésta posee una serie de apéndices que incrementan la respuesta ante

cualquier depredador, es posible que detecten las trampas de captura antes que ellas se activen y puedan huir. En el lago La Cruz, Armengol & Miracle (2000), igualmente reportaron densidades bajas de esta especie.

En lagos estratificados los rotíferos se distribuyen en el perfil vertical cerca del metalimnio (Baiao & Boavida 2000), se observó una distribución similar para el Lago Acuarela donde los rotíferos tuvieron preferencia por las capas superficiales, posiblemente relacionada con mayores niveles de oxígeno y con una reducida transparencia, 0.4 m durante las dos temporadas de muestreo; ésta última influye directamente en la producción de fitoplancton (alimento), ambos factores pueden ser limitantes (Bosque *et al.* 2001, Weithoff 2004) y pueden generar cambios en las densidades numéricas de los rotíferos en las distintas profundidades (Armengol & Miracle 2000).

La distribución de los rotíferos también puede estar influenciada por la presencia de depredadores (Devetter 1998) bien sea depredadores invertebrados como Cladóceros (González 1998), Copepodos (Lapesa *et al.* 2002) y otros como peces (estadios juveniles) (Kuezynska-Kippen 2001). En el Lago Acuarela existen peces plantófagos como (*Cicla ocellari*, *Geophagus steindachneri*, *Oreochromis niloticus*, *Poecilia reticulata* y *Rhamdia quelen*) los cuales fueron observados nadando en las capas superficiales durante el estudio, sin embargo los rotíferos *T. similis*, *P. dolichoptera* son especies limnéticas que han desarrollado características morfológicas especiales para reducir la probabilidad de ser depredadas (Pejler 1995).

Según Berzins & Pejler (1989), los rotíferos se establecen en sistemas acuáticos ácidos, nunca o raramente en ambientes de pH 7.0; aunque se observaron picos de

pH básicos, este mantuvo un comportamiento ácido a lo largo de todo el periodo de estudio en las capas superficiales, donde se registraron los máximos de abundancia de los rotíferos. Estrada (1995) reportó a *Brachionus* con la misma tendencia y González (1998) encontró que en el Lago Warner la especie *B. falcatus*, tiene preferencia por este tipo de ambientes y *P. dolichoptera* ha sido reportada como una especie que permanece en las zonas profundas de la columna, sin embargo en este estudio fue registrada en mayor densidad en la capa superficial para la temporada de lluvias.

Las macrófitas acuáticas también influyen en las poblaciones de rotíferos porque les brindan diferentes hábitat, refugio y alimento (Nogrady *et al.* 1993), la estación de muestreo se encuentra en la zona de aguas abiertas y carece de éstas, sin embargo se registraron especies típicas de la zona litoral o asociadas a éstas como *T. similis*, *Lepadella* sp y *Lecane* sp, (Serafim *et al.* 2003, Sharma & Sharma 2001, Keppeler & Hardy 2004), posiblemente causado por las fuertes precipitaciones y el viento que se presentó en gran parte del periodo de estudio.

La temporada de muestreo fue el principal factor que influyó en la variación de las poblaciones de rotíferos del Lago Cuarela, tanto cualitativa como cuantitativamente; en lluvias *K. americana* fue dominante, mientras que para la seca fue *P. cf libera*. Según Vega-Cendejas & Arreguin-Sanchez (2001), estas especies pueden ser dominantes debido a la condición de ser micrófagas, con la capacidad de consumir bacterias y detritos, los cuales tienen alta significancia en la nutrición del zooplancton.

4. CONCLUSIÓN

En conclusión, la distribución temporal y espacial de los rotíferos en el Lago Cuarela están controladas, particularmente, por la dinámica de variación del oxígeno disuelto, el pH y por las condiciones fluctuantes de cada temporada de muestreo que implican, la existencia de nichos específicos para cada especie dependiendo de sus características adaptativas, la evasión a condiciones químicas desfavorables y a la búsqueda de alimento, ocasionando que las densidades de las trece especies de rotíferos encontradas evidenciaran una distribución heterogénea en la columna de agua.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ana Lucia Estrada por su colaboración en la confirmación de especies, a Jhon Jairo Ramírez y al personal del Laboratorio de Limnología de la Universidad de Antioquia, al personal del Laboratorio de Limnología de la Universidad Industrial de Santander por su colaboración, a Mauricio Torres por la determinación de la ictiofauna, a Leonidas Gómez y al personal del Club Náutico Acuarela, por el préstamo de sus instalaciones y permitir el desarrollo del presente estudio; a Germán Camargo por suministrar los datos climáticos de la Estación Guaya canal; a la CAS por el permiso de colecta, a Wilmer Cardenas, Yira Jimenez, Federico Rangel y Pamela Rueda por su colaboración en el trabajo de campo.

6. LITERATURA CITADA

ARMENGOL, X. ESPARCIA, A. & MIRACLE, M.R. 1998. Rotifer vertical distribution in a strongly stratified lake: a multivariate analysis. *Hydrobiología*. 387/388: 161-170.

ARMENGOL, X. & MIRACLE, M.R. 2000. Diel vertical movements of zooplankton in Lake La Cruz (Cuenca, Spain). *Journal of Plankton Research*. 22(9): 1683-1703.

BAIÃO, C. & BOAVIDA, M. 2000. Environmental factors determining the structure of rotifer communities in a river-shed reservoir. *Aquatic Ecology*. 34: 369-377.

BERZINS, B. & PEJLER, B. 1989. Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiología* 110: 107-116.

BINI, L.M. BONECKER, C.C. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2001. Vertical Distribution of Rotifer on the Upper Paraná River Floodplain: the Role of Thermal Stratification and Chlorophyll-a. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 36: (3). 241-246.

BOSQUE, T. HERNÁNDEZ, R. PÉREZ, R. TODOLÍ, R. OLTRA, R. 2001. Effects of salinity, temperature and food level on the demographic characteristics of the seawater rotifer *Synchaeta littoralis* Rousselet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 258. 55-64.

DE SMET, W.H. 1998. Preparation of rotifer trophy for light and scanning electron microscopy. *Hydrobiología*. 387/388: 117-121.

DEVETTER, M. 1998. Influence of environment factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. *Hydrobiologia*. 387/388: 171-178.

DONATO, J. 1991. Los sistemas acuáticos de Colombia. Síntesis y revisión. Contribución del programa de investigaciones para el desarrollo de la ecología y sistemática en la Universidad Javeriana. Cuadro divulgativo N° 4. Bogotá.

EASTON, J. & GOPHEN, M. 2003. Diel variation in the vertical distribution of fish and plankton in Lake Kinneret: a 24-h study of ecological overlap. *Hydrobiologia*. 491: 91-100.

ESTACION GUAYACANAL. 2004. Datos históricos de precipitación. Lago Acuarela.

ESTACIÓN GUAYACANAL. 2005. Datos diarios de precipitación, años 2004 y 2005. Lago Acuarela.

ESTRADA, A. L. 1995. Disposición vertical y horizontal del rotífero *Brachionus plicatilis* (Muller 1.786) en la laguna del Parque Norte, Medellín-Colombia. Tesis de grado. Universidad de Antioquia.

GAVILÁN-DÍAZ, R. 1990. Flutuações Nictemerais dos Fatores Ecológicos na Represa de Barra Bonita – Médio Tietê –SP. Dissertação de Mestre, Universidade Federal de São Carlos. Brasil. 157 pp.

GILBERT, J. & WILLIAMSON, C. 1983. Sexual dimorphism in zooplankton (Copepoda, Cladocera, Rotifera). *Ecol. Syst.* 14: 1-33.

GONZÁLEZ MARIA J. 1998. Spatial segregation between rotifers and cladocerans mediated by *Chaoborus*. *Hydrobiología*. 387/388: 427-436.

FERNANDO, C.H. 2002. A guide to tropical freshwater Zooplankton. Backhuys Publishers. Países Bajos. 23-68.

HANEY, J. & HALL, D. 1973. Sugar-coated Daphnia: a preservation technique for Cladocera. *Limnol. Oceanogr.* 18: 331-339.

HOLDRIDGE, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. II CA, San José de Costa Rica.

IDEAM. 2003. Datos Históricos de precipitación. Estación 2406005. La Mesa.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1977. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Vol. XIII. No 11. Bogotá.

KEPPELER, E.C. & HARDY, E.R. 2004. Abundance and composition of Rotifera in an abandoned meander lake (Lago Amapá) in Rio Branco, Acre, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21(2): 233-241.

KOSTE, W. 1978. Rotatoria Die Rädertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. Berlin. Gebrüder Borntraeger. 2: 248

KOSTE, W. & SHIEL, R.J. 1987. Rotifera from Australian Inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). Transactions of the Royal Society of South Australia.7: 949-1021.

KOSTE, W. & SHIEL, R.J. 1989. Rotifera from Australian Inland waters. III. Euchlanidae, Mytilinidae and Trichotriidae (Rotifera: Monogononta). Transactions of the Royal Society of South Australia.113: 85-114.

KOSTE, W. & SHIEL, R.J. 1992. Rotifera from Australian Inland waters. VIII. Trichocercidae (Rotifera: Monogononta). Transactions of the Royal Society of South Australia.116(1):1-27, 29

KOSTE, W. & SHIEL, R.J. 1993. Rotifera from Australian Inland waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). Transactions of the Royal Society of South Australia.117(3):111-139.

KUCZYNSKA-KIPPEN, N. 2001. Diurnal vertical distribution of rotifer (Rotifera) in the *Chara* zone of Budzynskie Lake, Poland. Hydrobiologia. 446/447: 195-201.

LAPESA, S. SNELL, T.W. FIELDS, D.M. & SERRA, M. 2002. Predatory interactions between a cyclopoid copepod and three sibling rotifer species. *Freshwater Biology*. 47: 1685-1695.

MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Barcelona. Ed. Omega.

MATSUMURA-TUNDISI, T. LEITAO, S. AGUENA, L. MIYAHARA, J. 1990. Eutrofização da represa Barra Bonita: estrutura y organização da comunidade de Rotifera. *Rev. Brasil. Biol.* 50(4): 923-935.

MIKSCHI, E. 1989. Rotifer distribution in relation to temperature and oxigen content. *Hydrobiología*. 186/ 187: 209-214.

MIRACLE, M. & VICENTE, E. 1983. Vertical distribution and rotifer concentration in the chemocline of meromictic lakes. *Hydrobiological* 104: 259-267.

NOGRADY, T. WALLACE, R. & SNELL, T.1993. *Rotifera. Biology, Ecology and Systematics*. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. The Hague, Países Baixos: SBP Academic. 1: 142

RODRÍGUEZ, M & MATSUMURA – TUNDISI, T. 2000. Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa Reserviir, SP, Brasil) in a short scale time. *Rev. Brasil. Biol.*, 60(1): 1-9.

PAGGI, S & KOSTE, W. 1995. Additions to checklist of rotifers of superorder monogonta recorded from Neotropis. *Hydrobiological* 80. 133-140.

PAYNE, A. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. Wiley, Nueva York.

RODRÍGUEZ, M.P. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 1990. Variation of density, species composition and dominance of rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa Reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. *Rev. Brasil. Biol.*, 60(1): 1-9.

ROUGIER, C. POURRIOT, R. LAM-HOAI, T. & GUIRAL, D. 2005. Ecological patterns of the rotifer communities in the Kaw River estuary (French Guiana). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 63: 83-91.

RICCI, C. 2001. Dormancy patterns in rotifers. *Hydrobiología*. 446/447: 1-11

SEGER, H. 1995. *Rotifera. The Lecanidae (Monogononta) Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world*. The Hague, Países Bajos: SBP Academic. 2: 226

SERAFIM, M. JR. BONECKER, C.C. ROSSA, D. C. LANSAC-TÔHA, F.A. & COSTA, C.L. 2003. Rotifer of the upper Parana River floodplain: addition to the checklist. *Braz. J. Biol.* 63(2): 207-212.

SHARMA, B.K. & SHARMA, S. 2001. Biodiversity of rotifera in some tropical floodplain lakes of the Brahmaputra River basin, Assam (n.E. India). *Hydrobiologia*. 446/447: 305-313.

SLADECEK, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiological* 100:169-201.

SNELL, T.W. 1998. Chemical ecology of rotifers. *Hydrobiología*. 387/388: 267-276.

SPSS 13.0. Copyright 1989–2005. SPSS Inc., U.S.A.

STELZER, C.P. 1998. Population growth in planktonic rotifers. Does temperature shift the competitive advantage for different species? *Hydrobiología*. 387/388: 349-353.

VEGA- CENDEJAS, M.E. & ARREGUIN-SANCHEZ, F. 2001. Energy fluyes in a mangrove ecosystem from a coastal lagoon in Tucatan Península, Mexico. *Ecological Modelling*. 137:119-133.

VILLABONA-GONZÁLEZ, S. GAVILÁN-DÍAZ, ROSA A. ESTRADA-POSADA ANA L. En Imprenta. Cambios nictemerales en la distribución vertical de Cladocera y Copepoda en un lago artificial del Neotrópico (Colombia). *Limnética*.

WEITHOFF, G. 2004. Vertical niche separation of two consumers (Rotatoria) in an extreme habitat. *Oecologia*. 139: 594-603.

WOLFINBARGER, W.C. 1999. Influences of biotic and abiotic factor son seasonal sucesión of zooplankton in Hugo Reservoir. Oklahoma, U.S.A. *Hydrobiologia*. 400: 13-31.

Tabla 1. Lago Acuarela. Valores máximos, mínimos y medidas de tendencia de las variables físicas y químicas para cada ciclo nictemeral en la temporada de lluvias.

Variable	CICLO I 15-16 Octubre/04				CICLO II 25-26 Mayo/05			
	Máximo	Mínimo	Media	Cv(%)	Máximo	Mínimo	Media	Cv(%)
T° ambiente°C			21.9				21.6	
T° agua (°C)	25.0	23.0	23.7	2.0	24.9	22.4	23.4	2.5
OD (mg.l ⁻¹)	8.22	0.16	3.9	81.0	7.4	0.2	3.7	65.4
pH	9.3	4.9	6.9	21.1	8.4	5.2	5.8	13.3
(Unidades)								
C.E(μS.cm ⁻¹)	38.0	19.0	25.5	25.3	34.0	22.0	24.4	34.6

Tabla 2. Lago Acuarela. Valores máximos, mínimos y medidas de tendencia para las variables físicas y químicas en cada ciclo nictemeral de la temporada seca.

Variable	CICLO I 20-21 Enero/05				CICLO II 16-17 Marzo/05			
	Máximo	Mínimo	Media	Cv(%)	Máximo	Mínimo	Media	Cv(%)
T° ambiente°C			20.1				21.2	
T° agua (°C)	24.3	21.8	22.4	2.4	25.5	21.4	23.3	6.1
OD (mg.l ⁻¹)	5.5	0.18	2.4	68.4	8.1	0.17	3.9	87.3
pH(Unidades)	6.6	4.8	5.2	5.7	8.6	3.0	6.5	22.5
C.E(μS.cm ⁻¹)	28.0	22.0	23.6	5.7	32.0	16.0	24.1	23.0

Tabla 3. Lago Acuarela. Composición y abundancia Relativa (%) de Rotifera.

Especie		A. Relativa (%)
<i>Keratella americana</i>	(Carlin 1943)	46.19
<i>Ptygura c.f libera</i>	(Myers 1934)	45.31
<i>Brachionus falcatus</i>	(Zacharias 1898)	5.48
<i>Lecane hornemanni</i>	(Ehrenberg 1834)	1.77
<i>Lecane signifera</i>	(Jennings 1896)	1.23
<i>Trichocerca similis</i>	(Wierzejski 1893)	0.54
<i>Anuraeopsis fissa</i>	(Gosse 1851)	0.41
<i>Trichocerca ruttneri</i>	(Hauer 1938)	0.36
<i>Lepadella sp</i>	(Bory de St.Vincent 1826)	0.11
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	(Idelson 1925)	0.09
<i>Lecane monostyla</i>	(Daday 1897)	0.09
<i>Hexarthra intermedia braziliensis</i>	(Hauer 1953)	0.06
<i>Lecane bulla</i>	(Gosse 1851)	0.01

Tabla 4. Lago Acuarela. Valores máximos y mínimos de densidad numérica de los rotíferos para la temporada de lluvias.

Especie	Temporada Lluvias		25-26 Mayo/05	
	Máx (ind/m ³)	Min (ind/m ³)	Máx (ind/m ³)	Min (ind/m ³)
<i>Keratella americana</i>	192 500	7875	445 958	23 917
<i>Brachionus falcatus</i>	4483	146	16 042	583
<i>Lecane distyla</i>	126 000	146	11 958	292
<i>Trichocerca ruttneri</i>	1167	146	4958	292
<i>Ptygura c.f libera</i>	9917	583	1 485 458	30 042
<i>Trichocerca similis</i>	583	292	122 833	292
<i>Hexarthra intermedia braziliensis</i>	583	146	2917	292
<i>Lepadella sp</i>	292	146	2625	583
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	146	146	5250	292
<i>Lecane monostyla</i>			4667	583
<i>Lecane bulla</i>			875	583
<i>Anuraeopsis fissa</i>	583	292		

Tabla 5. Lago Acuarela. Valores máximos y mínimos de densidad numérica de los rotíferos para la temporada seca.

Especie	Temporada Seca			
	20-21 Enero/05		16-17 Marzo/05	
	Máx (ind/m ³)	Min (ind/m ³)	Máx (ind/m ³)	Min (ind/m ³)
<i>Keratella americana</i>	95 083	4667	220 500	12 833
<i>Brachionus falcatus</i>	103 542	4375	14 875	1167
<i>Lecane distyla</i>	117 396	292	34 417	583
<i>Trichocerca ruttneri</i>	2042	292	1750	292
<i>Ptygura c.f libera</i>	3792	292	135 917	2917
<i>Trichocerca similis</i>	583	292	1750	292
<i>Hexarthra intermedia</i>	1167	292	1167	292
<i>braziliensis</i>				
<i>Lepadella sp</i>	292	292	875	292
<i>Polyarthra dolichoptera</i>			3500	292
<i>Lecane monostyla</i>			875	583
<i>Lecane bulla</i>				
<i>Anuraeopsis fissa</i>	146	146		

Tabla 6. Lago Acuarela. Distribución espacio-temporal de las especies de rotíferos (Densidad numérica) para las dos temporadas de estudio.

Especie	Temporada LLuvias				Temporada Seca			
	Superficie	C.F	Oxiclina	Fondo	Superficie	C.F	Oxiclina	Fondo
<i>Keratella americana</i>	1 913 188	1 614 375	1 462 708	590 917	1 577 042	1 321 542	1 462 708	422 625
<i>Brachionus falcatus</i>	36 313	59 792	62 708	37 625	462 292	428 750	72 917	114 333
<i>Lecane hornemanni</i>	38 156	75 520	923	11 150	81 226	3251	445	5110
<i>Lecane signifera</i>	35 657	67 105	535	8975	78 607	3166	430	4807
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0	0	146	875	0	0	0	146
<i>Trichocerca ruttneri</i>	16479	18958	15167	6125	13417	7875	4667	2042
<i>Ptygura c.f libera</i>	3 531 354	3 192 583	1 343 708	408 917	608125	594 708	659 750	207 375
<i>Trichocerca similis</i>	45 792	41 417	18 667	10 792	2333	2333	3063	583
<i>Hexarthra intermedia braziliensis</i>	2917	4375	0	875	1458	1750	1167	2333
<i>Lepadella sp</i>	4667	10500	4667	1750	292	1167	875	292
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	7875	1750	583	875	6125	1750	583	583
<i>Lecane monostyla</i>	9042	5250	1458	2042	0	0	2333	0
<i>Lecane bulla</i>	875	583	0	0	0	0	0	0

Figura 1. Lago Acuarela. Localización geográfica: a) Colombia 1:1 000 000, b) Santander 1: 600 000, c) Lago Acuarela, imagen LandSat 30 m 1:100 000, d) Estación de muestreo (E).

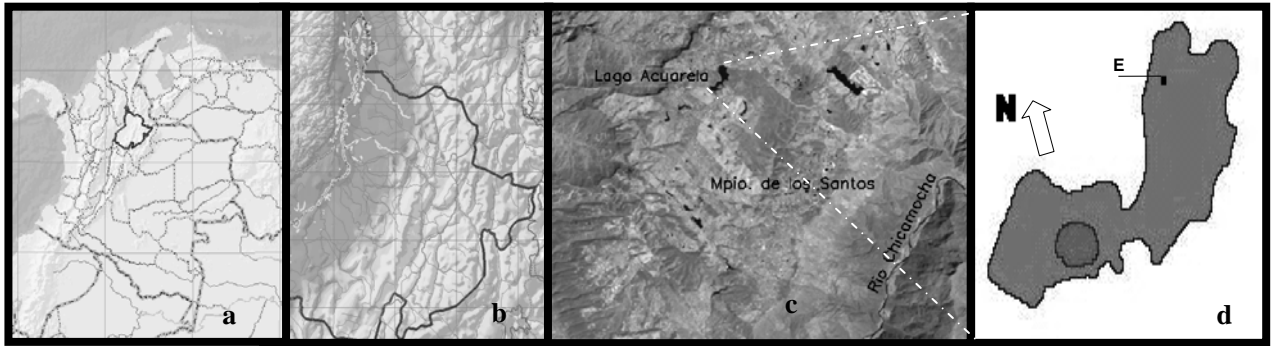


Figura 2. Lago Acuarela. Registro de la temperatura ambiente para cada ciclo nictemeral.

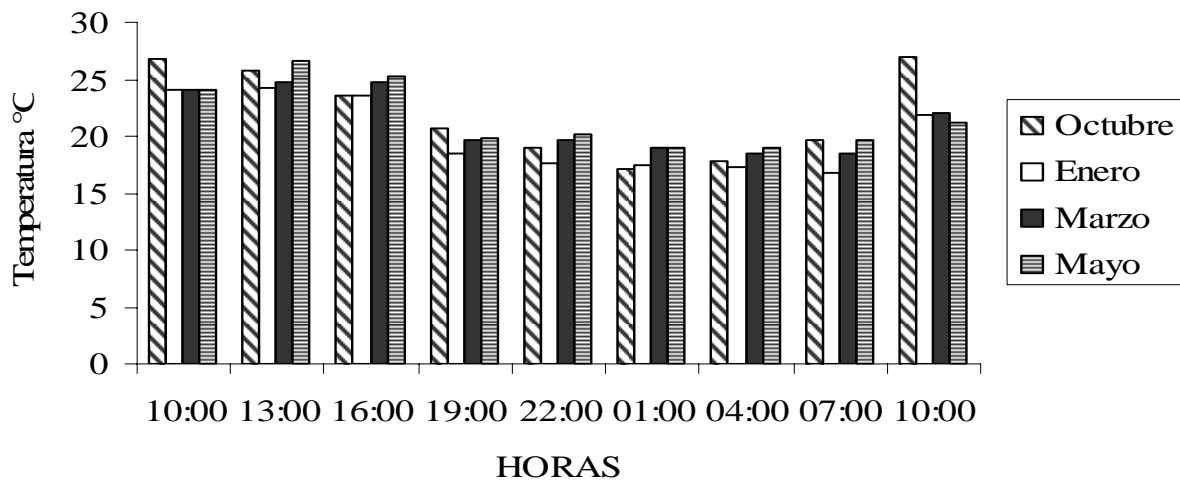


Figura 3. Lago Acuarela. Capa fónica de la columna de agua para los cuatro ciclos nictemerales.

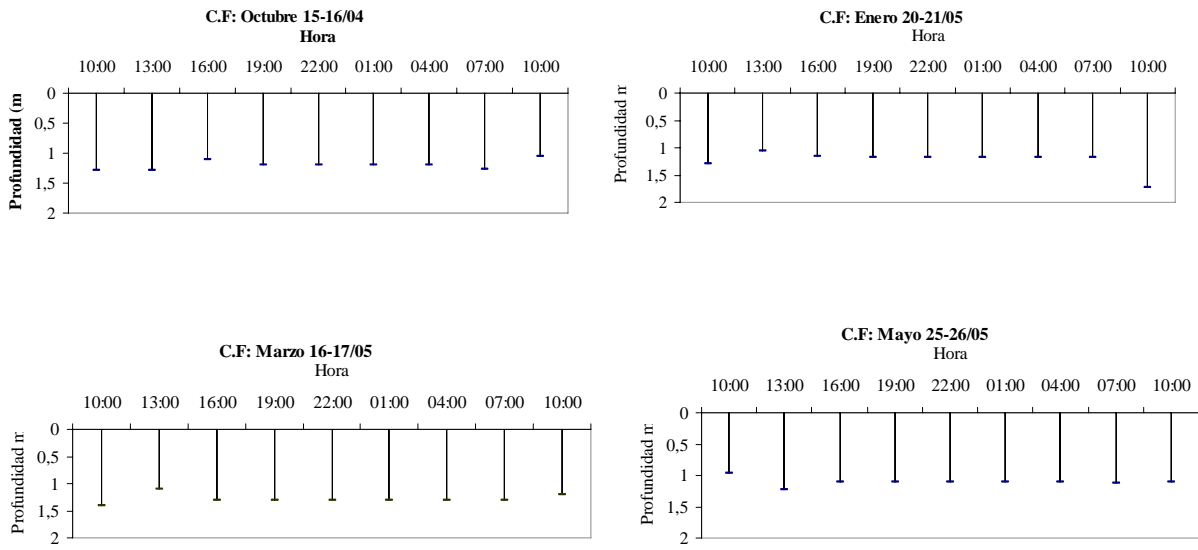
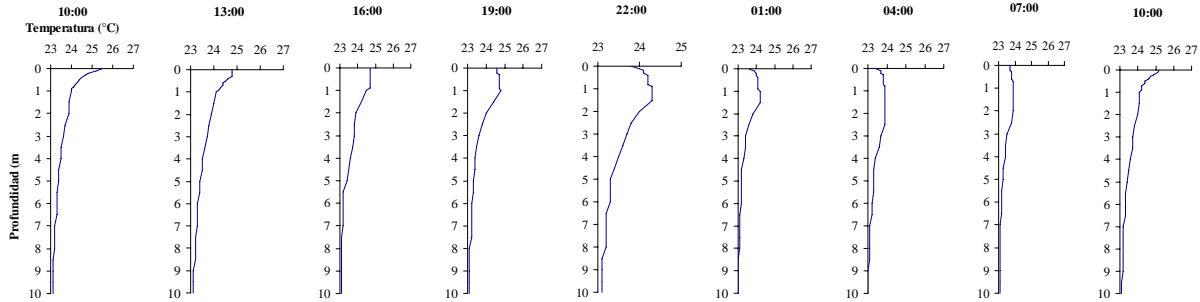
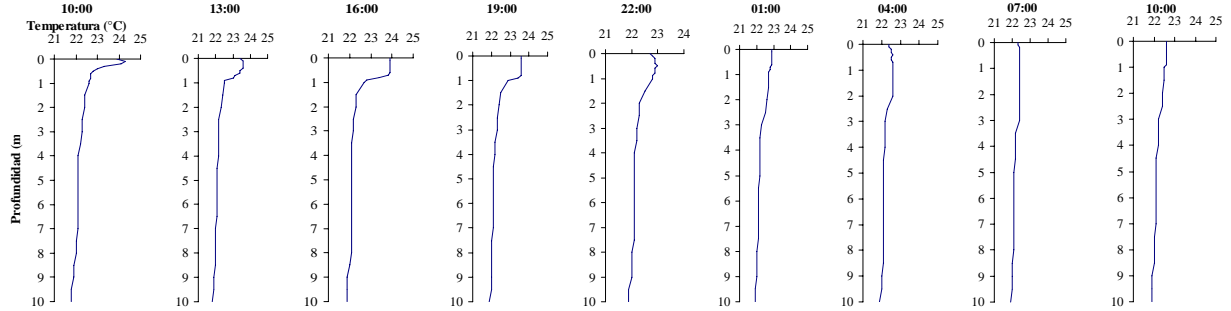


Figura 4. Lago Acuarela. Perfiles verticales de temperatura (°C) correspondiente a los cuatro ciclos nictemerales.

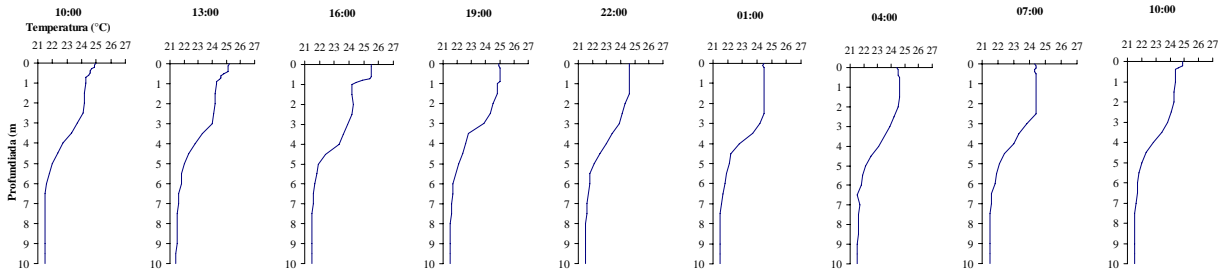
13-14 Octubre/04



20-21 Enero/05



16-17 Marzo/05



25-26 Mayo/05

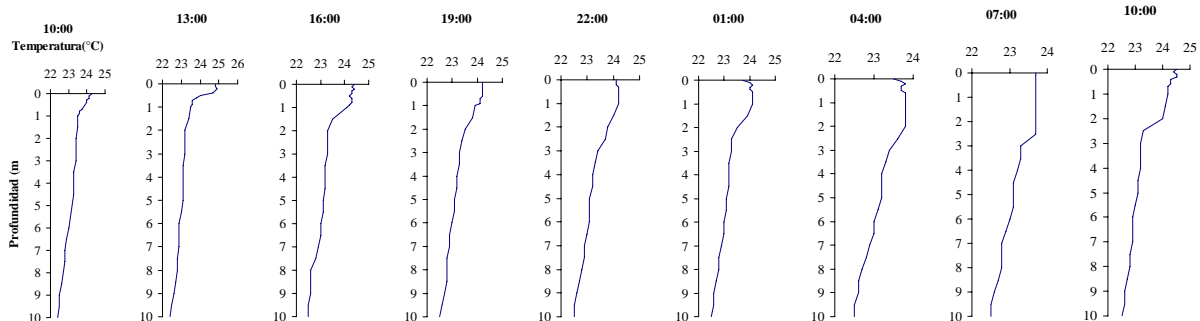
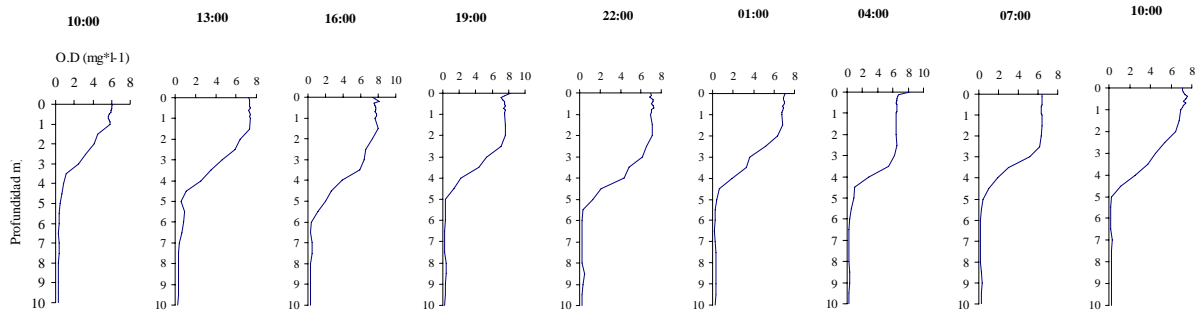
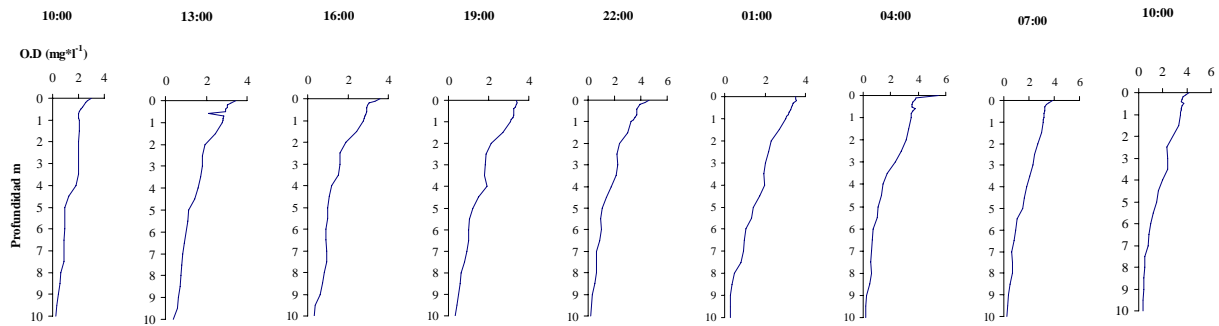


Figura 5. Lago Acuarela. Perfiles verticales de oxígeno disuelto correspondiente a los cuatro ciclos nictemerales.

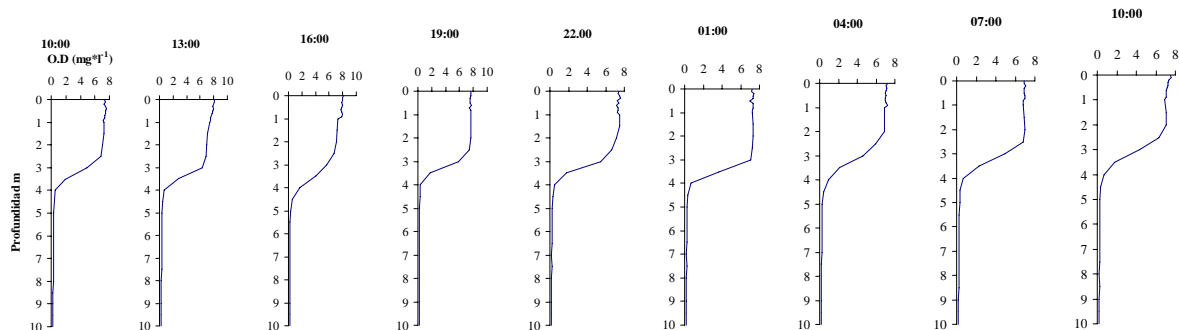
13-14 Octubre/04



20-21 Enero/05



16-17 Marzo/05



25-26 Mayo/06

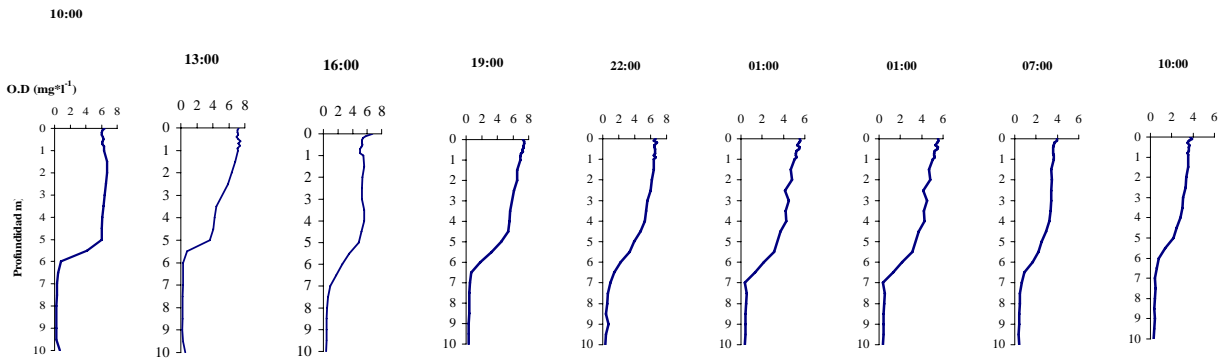


Figura 6. Lago Acuarela. Incremento de la densidad numérica total, a partir del primer ciclo nictemeral (13-14 octubre /04) al cuarto ciclo (25-26 mayo /05).

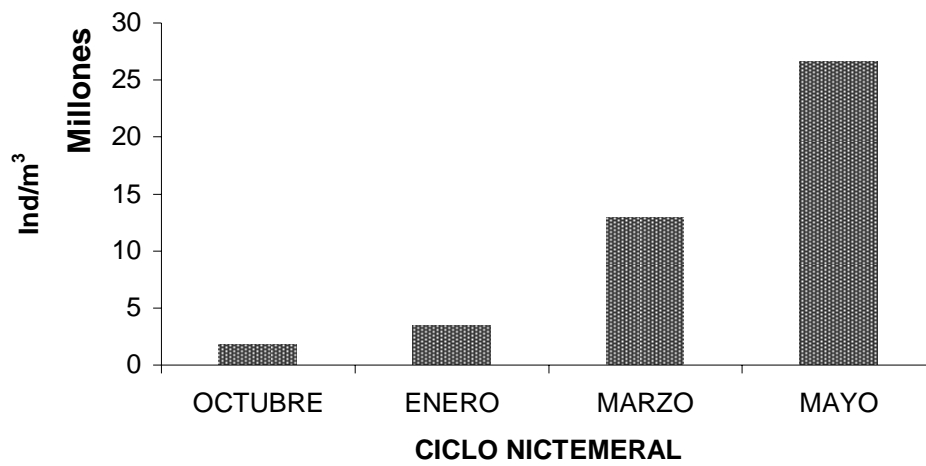


Figura 7. Lago Acuarela. Densidad numérica total de los rotíferos más abundantes encontrada para las dos temporadas de muestreo.

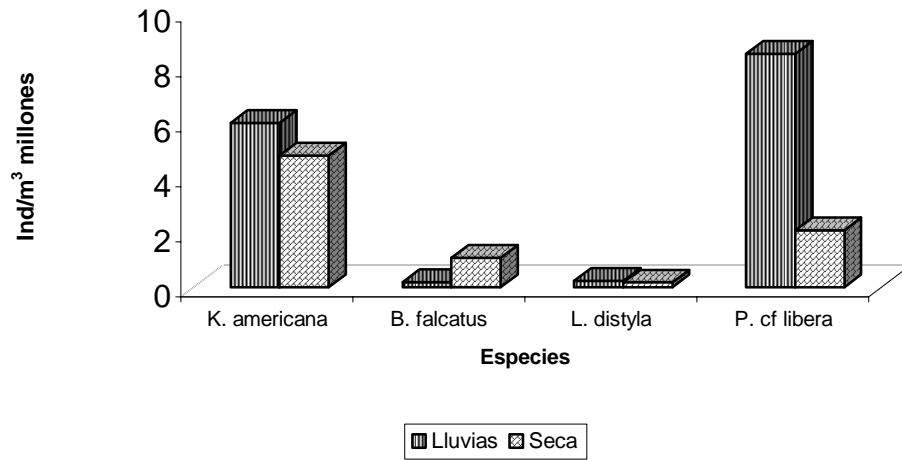


Figura 8. Lago Acuarela. Densidad numérica total de los rotíferos por m³ en la temporada de lluvias.

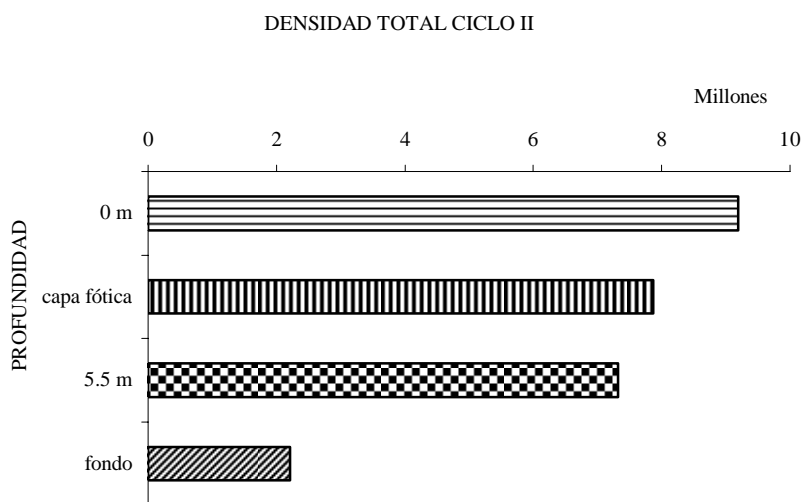
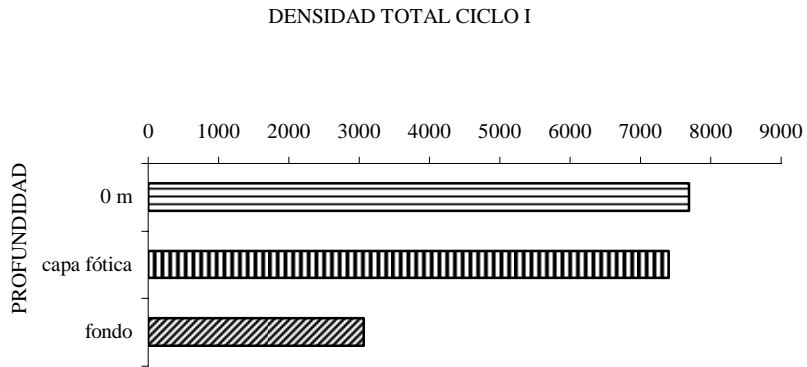


Figura 9. Lago Acuarela. Densidad numérica total de los rotíferos por m³ en la temporada seca.

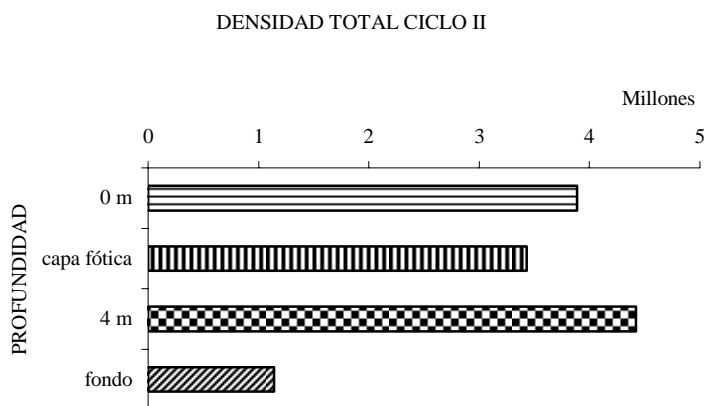
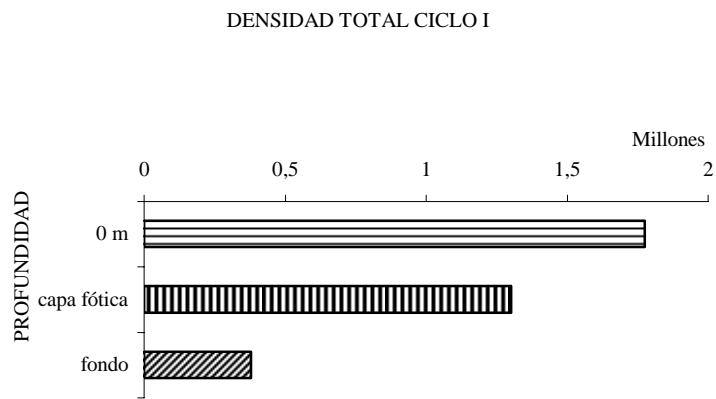


Figura 10. Lago Acquarela. Distribución espacio-temporal de los rotíferos luego del Análisis de Componentes Principales para la temporada de lluvias.

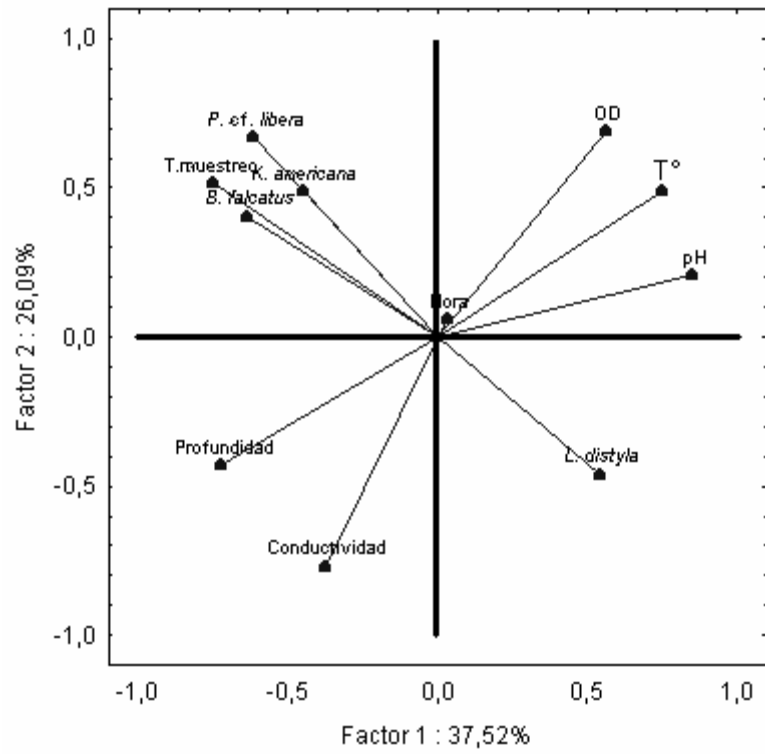


Figura 11. Lago Acuarela. Distribución espacio-temporal de los rotíferos luego del Análisis de Componentes Principales para la temporada seca.

