

**DIVERSIDAD ALFA Y BETA DE ROTÍFEROS LIMNÉTICOS EN LAS
DIMENSIONES ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA LAGUNA DE TOTA**

ROSA INES MAZABUEL

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
POPAYÁN OCTUBRE DE 2009**

**DIVERSIDAD ALFA Y BETA DE ROTÍFEROS LIMNÉTICOS EN LAS
DIMENSIONES ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA LAGUNA DE TOTA**

ROSA INES MAZABUEL

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial para optar al título de:

MAGISTER EN RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES

M.Sc. CAMILO ERNESTO ANDRADE-SOSSA.

Profesor Asistente Universidad Del Cauca

DIRECTOR

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
POPAYÁN OCTUBRE DE 2009**

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Castor Guisande y su grupo de investigación en el laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad de Vigo, quien formuló y dirigió el Macroproyecto Aproximación a la Diversidad Ecológica en Ecosistemas Acuáticos Colombianos, dentro del cual se enmarca este trabajo de grado. En este laboratorio se realizaron además los análisis de las muestras de nutrientes.

A la Universidades de Vigo (España), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y Universidad Nacional de de Colombia – Sede Amazonía (Instituto IMANI), por la financiación del proyecto.

A la Universidad del Cauca y en especial al Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales y el Grupo de Investigación respectivo, por el préstamo de los equipos de microscopía y espacio de trabajo para realizar la fase de laboratorio.

Al los profesores Nelson Aranguren Riaño (UPTC) y Santiago Duque (IMANI) por el suministro de las muestras biológicas, la información física y química de las aguas, los datos de abundancia de las algas e información bibliográfica. A ellos mismos por su asesoría en el desarrollo de algunos apartes del estudio.

A mi director, el profesor Camilo Andrade por todo su apoyo y orientación para la realización de este estudio.

A los profesores Gerardo Naundorf y Giselle Zambrano por sus sugerencias al pre-proyecto de trabajo de grado.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
3. OBJETIVOS.....	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	10
5. MARCO TEORICO.....	12
5.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.	12
5.2 ASPECTOS ECOLÓGICOS.....	13
5.3. NUTRIENTES	15
5.4. DIVERSIDAD ALFA Y BETA.....	15
6. ANTECEDENTES.....	17
7. MATERIALES Y METODOS.....	18
7.1 ZONA DE ESTUDIO	18
7.2 FASE DE CAMPO	23
7.3. METODO DE LABORATORIO.....	24
7.3.1 Rotíferos.....	24
8. ESTIMACIÓN DE DIVERSIDAD Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	24
8.1 DIVERSIDAD ALFA	24
8.1.1 Estimadores de Riqueza	25
8.1.2 Diversidad estructural (abundancia proporcional)	25
8.2 DIVERSIDAD BETA.....	26
8.3. TRATAMIENTO DE DATOS.....	27
9. RESULTADOS	29
9.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	29
9.2 VARIABLES BIÓTICAS	35
9.2.1 Composición taxonómica	35
9.2.2 Densidad	35
9.2.3 Densidad de acuerdo al Trophy	39
9.2.4 Diversidad Alfa	42
9.2.5 Diversidad Beta	42

9.3 Relación entre la comunidad de rotíferos y la abundancia de algas y variables abióticas	44
10. DISCUSIÓN.....	47
10.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	47
10.2 VARIABLES BIÓTICAS.....	50
11. CONCLUSIONES.....	57
12. RECOMENDACIONES.....	59
13. BIBLIOGRAFIA.....	60
ANEXOS	76

LISTA DE TABLAS

Pag

Tabla 1. Post – Test de Tukey para las variables físicas y químicas de la laguna Tota	30
Tabla 2. Post – Tes de Tukey para nitritos, nitratos, amonio y fosfatos de la laguna Tota.	33
Tabla 3. Post – Test U de Mann – Whitney para el óxido de sílice de la laguna Tota	33
Tabla 4. Lista de los rotíferos de la laguna Tota. (RC) reportados para Colombia por: H: Hauer (1956); A: Andrade (2001); R: Rodriguez (2003); G: González (2007) y V: Velez (2008). Distribución geográfica – Ad: Amplia distribución; Tr: Tropical; Tr/N: Neotropical; Tr/P: Pantropical; End: Endémicos; Sb: Subtropical; A: América; Sb/A: Subtropical america; Az: Amazónico.	36
Tabla 5. Post - test de Tukey para las diferencias significativas entre los meses de muestreo para la densidad, <i>P. barbata</i> , <i>K. cochlearis</i> , <i>Collotheca sp</i> y <i>A. girodi</i> .	38
Tabla 6. Pos test de Tukey para los trophys durante los meses de muestreo.	39
Tabla 7. Valores de los estadísticos de tendencia central, dispersión, máximos y mínimos de índices de riqueza específica.	41
Tabla 8 Correlación de Spearman entre las variables independientes vs dependientes de la laguna Tota.	45
Tabla 9. Correlación de Spearman de los rotíferos versus algas.	45

LISTA DE FIGURAS

Pag

- Figura 1.** Laguna Tota. Fuente www.Google.com Julio 17 de 2007 6:12:10. **19**
- Figura 2.** Pluviosidad en la laguna la Tota, estación Santa Inés- año 2001. (Fuente: Corpo-Boyacá) **20**
- Figura 3.** Laguna Tota. Fuente [www. Google.com](http://www.Google.com) Julio 17 de 2007 6:32:20. **21**
- Figura 4.** Localización del área de estudio (Fuente: Monroy, 2003). **22**
- Figura 5.** Comportamiento temporal de las variables físicas y químicas durante los meses de muestreo. Valores promedio y +/- una desviación estándar. En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----). Para la profundidad se discrimina entre puntos: Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (Δ) y punto cinco (■). **29**
- Figura 6.** Comportamiento temporal de los nutrientes durante los meses de muestreo. Valores promedio y +/- una desviación estándar. En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----). **32**
- Figura 7.** Comportamiento temporal de la densidad de rotíferos más abundantes de la laguna Tota. Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (Δ) y punto cinco (■). En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----). **37**
- Figura 8.** Comportamiento temporal entre puntos de los diferentes tipos de trophys durante los meses de muestreo. Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (Δ) y punto cinco (■). En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----). **40**

Figura 9. Comportamiento temporal de los índices de riqueza durante los meses de muestreo. Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (Δ) y punto cinco (■). En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----). **42**

Figura 10. Análisis de clasificación Bray-Curtis con base en la matriz de abundancia de especies en cada mes de muestreo. M1 – M4: meses de muestreo, T1 – T5: puntos de muestreo. **43**

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la laguna de Tota ubicada en la zona Andina Colombiana departamento de Boyacá, con el fin de analizar los cambios en la diversidad alfa y beta de los rotíferos limnéticos en las dimensiones espacial y temporal y su relación con algunas variables bióticas y abióticas, determinando la composición taxonómica de los rotíferos, estimar la densidad de rotíferos para cada punto de muestreo y época climática, comparar esta densidad entre puntos y épocas de muestreo y relacionar los cambios en la densidad y diversidad con algunas variables fisicoquímicas del agua. Este trabajo se articula dentro del macroproyecto Aproximación de la Biodiversidad ecológica de Ambientes Acuáticos Colombianos.

Se realizaron cuatro muestreos, en los meses de abril, septiembre y diciembre del año 2005 y marzo de 2006, teniendo en cuenta épocas climáticas. Los sitios de muestreo se determinaron de acuerdo a la heterogeneidad espacial y la variación en la profundidad; cinco puntos de muestreo, donde se ejecutó la recolección de material biológico a través de redes de arrastres (cualitativo) y trampas para zooplancton de Schindler- Patalas(cuantitativo), se sometió a proceso de concentración de la muestra y fijación con solución Transeau. Paralelamente se determinó con equipos portátiles digitales, en cada una de las profundidades los datos fisicoquímicos.

Se identificaron 12 familias de rotíferos siete para el orden Ploima, cuatro para el orden Flosculariaceae y una para el orden collotecaceae de las 18 especies de rotíferos identificados ocho se encuentran al menos una vez en todos los puntos de muestreo. Las especies más representativas fueron *Ptygura barbata*, *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis* y *Collotheca* sp. Estas especies corresponden a un 92,3% de la densidad promedio. La topografía de la laguna de Tota define en parte la ausencia de una amplia franja de vegetación acuática y esto a su vez puede determinar en gran medida el reducido número de especies a comparación de otros sistemas someros de la región andina colombiana; Todo esto incide además en la composición misma de la comunidad de rotíferos, en donde no se observa un predominio marcado en

riqueza de alguna familia en particular y tampoco de aquellas frecuentes en zonas litorales y usualmente diversas en otros sistemas tropicales y subtropicales.

Las fluctuaciones de los rotíferos en la laguna de Tota dependen de factores como: especies de vertebrados (alevinos de peces), invertebrados depredadores tipo larvas de insectos son escasos debido al reducido litoral vegetado y de hecho no hay larvas de *Chaoborus*, pero si por copépodos (*Boeckella gracilis* y *Tropocyclops prasinus prasinus*) que son potencialmente depredadores y pueden estar regulando las densidades de rotíferos en la laguna. La competencia por recursos tróficos dentro del plancton, no solo es limitada a las relaciones entre los rotíferos sino también con algunos de los cladóceros presentes en Tota, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Daphnia pulex* y *Diaphanosoma birgei* factor clave en la dinámica de cambio de los rotíferos, variables como la temperatura, la profundidad y concentración de nutrientes puedan afectar en forma directa o indirecta las fluctuaciones en la abundancia de rotíferos (Castro *et al.*, 2005). En algunos sistemas suramericanos, la variación en la densidad de rotíferos se ha relacionado con fluctuaciones en la profundidad, la transparencia, temperatura, pH, concentración de sólidos suspendidos, Clorofila-a y oxígeno disuelto, cambiando mucho según las características particulares de cada ecosistema, lo que dificulta establecer patrones generalizados (Miyashiro & Bonecker, 2004).

El índice de Shannon mostró más tendencia a variar con respecto a la equidad que al cambio en el número de especies, por lo que la diversidad estructural depende principalmente de la fluctuación temporal de las pocas especies dominantes. La ausencia de diferencias significativas a nivel temporal, está relacionada con la varianza definida por las diferencias en cada periodo, entre los puntos de muestreo. A su vez, al reunir todos los datos de cada punto en el estudio, esta alta varianza determinó que no se presentaran diferencias significativas entre puntos para el total del muestreo.

La diversidad beta, teniendo como base el recambio en el conjunto total de abundancias de todas las especies, presenta grupos conformados de acuerdo

al mes de muestreo, lo que es también un reflejo del cambio en las pocas especies dominantes, que ya se ha descrito ampliamente en este estudio, y que se alternan entre los periodos de muestreo.

1. INTRODUCCIÓN

El plancton hace referencia a los organismos microscópicos, animales y vegetales, que por su tamaño simplemente flotan en el agua y se mueven a merced de la corriente (Roldán, 1992). El plancton de origen vegetal o fitoplancton es el responsable de la mayor parte de la productividad primaria en los lagos, el zooplancton por su parte, está constituido por animales microscópicos como protozoos, rotíferos y micro crustáceos, los cuales por lo regular se alimentan de algas, iniciándose así la formación de cadenas alimenticias base de la productividad secundaria en los ecosistemas acuáticos (Roldán, 1992)

Las lagunas presentan una gran riqueza en variedad de especies zooplanctónicas, la mayoría de ellas poco estudiadas en la zona norte de Suramérica y menos aún en la zona Andina de Colombia. El presente proyecto pretende contribuir al conocimiento biológico de los recursos dulceacuícolas, e identificar utilidades en dicho campo, así como establecer criterios que sirvan de base al futuro desarrollo de trabajos investigativos relacionados con el estudio de los cambios temporales y espaciales en la composición y estructura de los rotíferos en la laguna de Tota, identificando la diversidad de esta comunidad su composición taxonómica y la relación con algunos parámetros físicos y químicos y con la densidad fitoplanctónica.

Este documento se articula dentro del Macroproyecto Aproximación al Estudio de la Biodiversidad Ecológica de Ambientes Acuáticos Colombianos (zona andina), utilizando muestras suministradas por el grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos (UDESA) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), las cuales fueron previamente colectadas en el marco del mencionado macroproyecto.

2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿De que forma cambia la diversidad alfa y beta de la comunidad de rotíferos limnéticos, en la laguna de Tota entre una fase y otra del ciclo estacional pluviométrico?

¿Qué relación existe entre la diversidad de los rotíferos planctónicos y la abundancia relativa de los roles tróficos, con los cambios en las variables físico-químicas del agua y la densidad de las clases de fitoplancton, a través del tiempo de estudio de la laguna?

¿Qué diferencias existen entre los puntos de muestreo, en cuanto al comportamiento de la densidad y diversidad de los rotíferos y las variables físico-químicas a través del tiempo?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los cambios en la diversidad alfa y beta de los rotíferos limnéticos, en las dimensiones espacial y temporal en la laguna de Tota y su relación con algunas variables bióticas y abióticas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la composición taxonómica de los rotíferos limnéticos en la laguna de Tota.

Estimar la densidad y diversidad alfa de rotíferos en la laguna, para cada punto de muestreo y la época pluviométrica.

Comparar la densidad de rotíferos limnéticos, entre puntos y épocas de muestreo (diversidad beta)

Relacionar los cambios en la densidad y diversidad de la comunidad de rotíferos con algunas variables físico-químicas del agua y la densidad de las clases de fitoplancton.

4. JUSTIFICACIÓN

Los rotíferos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas acuáticas. Son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pero su importancia se acrecienta porque pueden transferir materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizables por otros organismos planctónicos (Moss, 1980).

Muchas especies de rotíferos constituyen el alimento de las etapas tempranas de todos los recursos pesqueros a nivel mundial; mediante el estudio de los rotíferos se puede estimar la productividad general y el estatus ecológico de un sistema dado. El conocer la diversidad de los rotíferos y la riqueza taxonómica es importante, porque se conoce el papel que desempeñan en los sistemas lénticos.

Sin embargo, los estudios sobre la composición, distribución y abundancia de las comunidades zooplanctónicas y especialmente de rotíferos en ambientes neotropicales y en particular para la zona andina, son aun muy escasos. En Colombia estudios detallados de taxonomía de rotíferos se remiten a publicaciones realizadas a principios y mediados del siglo pasado para la zona norte de Colombia (Heinis, 1914; Hauer, 1956) y sobre aspectos ecológicos de la comunidad alcanzando un nivel taxonómico de especie, solo hay unos pocos desarrollados en la amazonía (Andrade-Sossa, 2001; Rodríguez, 2003; González-Bermúdez, 2007) y en algunos embalses (Herrera y Guillot, 1999; Guevara *et al.*, 2009).

El análisis de la composición taxonómica y de los aspectos ambientales relacionados con la densidad y diversidad de rotíferos en lagos andinos, como los propuestos en este proyecto, es información relevante para posteriores estudios de distribución y biogeografía de este grupo taxonómico y en su uso como indicadores de estados ecológicos y de impacto antrópico.

El estudio aquí propuesto responde además a un proceso de apoyo interinstitucional, muy necesario en un país con limitaciones de recursos para investigación, que busca conocer la dinámica de los ambientes en Colombia (Aproximación al estudio de la diversidad ecológica en ambientes acuáticos Colombianos –Zona Andina) y en el que la Universidad del Cauca, a través de trabajos del postgrado, apoya el análisis de las comunidades de rotíferos, mientras que otras instituciones como la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), la Universidad Nacional de Colombia – sede Leticia y el laboratorio de Ecología Animal de la Universidad de Vigo (España) apoyan financieramente el proyecto y aportan en sus laboratorios con el análisis de fitoplancton, pigmentos y nutrientes y realizan proyectos de grado y postgrado en estos tópicos.

5. MARCO TEORICO

Las lagunas pertenecen a la categoría de aguas quietas o lénticas. Por definición, una laguna es una extensión de agua rodeada de tierra por todas partes. Las lagunas se han formado en las partes bajas de los ríos por procesos de inundación de llanuras o por acción conjunta entre el mar y los ríos. Las lagunas no son elementos permanentes del paisaje y están destinadas a desaparecer debido a la acumulación de sedimentos y materia orgánica (Roldán, 1992).

Las comunidades planctónicas de sistemas acuáticos continentales, corresponden a organismos con periodos de vida cortos y muchos de ellos son fácilmente manipulables en laboratorio. Esto ha motivado la formulación, a partir de hipótesis experimentales basadas en interacciones biológicas y/o físicas, de modelos sobre la estructura de comunidades, más fácilmente que en los sistemas terrestres. Además, las altas tasas de crecimiento del zooplancton continental, permiten a estos animales responder rápidamente a ambientes cambiantes, lo que sumado a su capacidad para producir abundantes huevos de resistencia, les asegura viabilidad durante décadas o siglos (Esteves, 1988; Wetzel, 1981).

Las comunidades zooplanctónicas dulceacuícolas están constituidas básicamente por rotíferos y micro crustáceos, que incluyen cladóceros, copépodos y en ocasiones ostrácodos y conostráceos. Ocasionalmente, se hallan también larvas de insectos (Díptera: Chaoboridae) y algunos autores incluyen también a gastrotricos, nematodos e inclusive protozoarios (Esteves, 1988).

Los rotíferos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas, siendo un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios (insectos y alevinos, por ejemplo), pero su importancia se acrecienta porque pueden

transferir rápidamente materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizables por algunos organismos planctónicos (Nogrady *et al.*, 1993).

Los rotíferos (Filum Rotifera) constituyen un grupo de metazoos microscópicos, de cuerpo cubierto por una cutícula elástica que, en ciertas especies y en ciertas regiones, forma placas rígidas. Tienen dos características principales e importantes en los estudios taxonómicos y filogenéticos: un sistema vibrátil, denominado corona, de función locomotora y filtradora en la parte anterior del cuerpo y un aparato mandibular (mastax) altamente diversificado de acuerdo con sus hábitos alimenticios (Margalef, 1983; Nogrady *et al.*, 1993). Estos organismos tienen un número reducido y constante de células (eutelia), que es el mismo en todos los individuos de cada especie (Esteves, 1988).

5.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Esta clasificación se hace según (Meglitsch, 1986).

Clase Digononta. Estos rotíferos poseen un par de germovitelarios y se agrupan dentro de los órdenes:

Orden Bdelloidea. La parte anterior se encoge y se estira y casi siempre presenta dos discos trocales. El mastax está acondicionado para triturar, con un par de trofos planos. Su cuerpo es de forma cilíndrica y en forma telescópica. Se encuentran especies reptantes y nadadoras. En esta clase hay ausencia de machos. Ejemplos: *Embata*, *Rotaria*, *Adinera*, *Philodina*.

Orden Seisonidea. Un solo género de rotíferos marinos comensales de ciertos crustáceos. Poseen un cuerpo grande y largo con corona reducida. Son dioicos de tamaño y forma similar. Ejemplo: *Sesion*.

Clase Monogonta. Rotíferos compuestos de un solo ovario, su mastax está adaptado para diversas funciones y su estructura es diferente a los Bdelloides. Esta clase se divide en tres órdenes:

Orden Collothecaceae. En su mayor parte corresponde a organismos sésiles. Su boca está situada en el fondo de una concavidad. Su extremo anterior está rodeado por brazos o haces de setas. Ejemplos: *Stephanoceros*, *Collotheca*.

Orden Flosculariaceae. Son organismos totalmente sésiles se encuentran muchos tubícolas, los cuales son otras formas de vida libre sin dedos en el pie. Su corona está conformada con doble anillo de cilios. Ejemplos: *Conochilus*, *Floscularia*, *Hexarthra*, *Testudinella*.

Orden Ploima. Estos rotíferos a diferencia de los anteriores son nadadores. Su cuerpo puede o no tener lórica, es corto, o en forma de saco. Este orden reúne la mayor parte de los rotíferos. Ejemplos: *Notommata*, *Proales*, *Asplanchna*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Synchaeta*, *Brachionus*.

5.2 ASPECTOS ECOLÓGICOS.

Muchas especies de rotíferos son cosmopolitas. Este factor se debe a su gran capacidad de dispersión en forma de huevos en estados de resistencia (Lewis Jr., 1983).

Estos animales habitan en diferentes tipos de ambientes acuáticos y en diferente hábitat dentro de ellos. Los verdaderamente planctónicos pertenecen a un pequeño número de la clase Monogononta, que viven usualmente un par de semanas o menos. Ellos son en su mayoría dioicos con dimorfismo sexual (Pennak, 1989).

En el orden Bdelloidea la reproducción es exclusivamente partenogenética. Son rotíferos alargados, cuyo aspecto varía considerablemente según actúe su

aparato vibrátil que tiene la forma de dos ruedas, o que se mueven reptando (González, 1988).

La mayoría de los otros rotíferos (Monogononta) tienen un ciclo sexual más o menos complicado que se superpone a múltiples generaciones. Las hembras más frecuentes son partenogenéticas, diploides, que producen huevos de desarrollo inmediato, de los que salen hembras semejantes a las primeras. Bajo circunstancias no perfectamente entendidas aparecen hembras míticas, también diploides, que ordinariamente no se pueden distinguir de las partenogenéticas, aunque algunos géneros sí se distinguen y producen huevos menores haploides, que tampoco se fertilizan y que su desarrollo da machos. Los machos son de organización simplificada en grado variable, desde simplemente pequeños, como corresponde a su haploidía, aunque una fracción de sus células es realmente diploide, hasta una extrema reducción de toda la anatomía (Nielsen, 2001).

En los rotíferos es frecuente observar grandes variaciones de tamaño y forma en una misma especie. Este fenómeno era desconocido antes de 1915 y hubo muchas especies descritas como especies diferentes por causa de esto (Pennak, 1989).

Dentro de los factores ambientales ya detectados como inductores de ciclomorfosis en rotíferos se puede citar la temperatura. Con respecto a este factor se nota una nítida diferencia entre la lórica de *Keratella* que se desarrolla en varias temperaturas: con desenvolvimiento lento y en mayor tamaño cuando se someta a altas temperaturas. Esta diferencia explicada por algunos autores como el resultado de diferencias en cuanto a cinética enzimática. Por otro lado, también se observa con mayor frecuencia, en especies de género *Brachionus*, el crecimiento de grandes espinas caudales las cuales dificultan la prelación. Ha habido muchas tentativas para caracterizar los lagos en función de las poblaciones de rotíferos. Estos estudios son realizados con mayor frecuencia

en lagos de regiones templadas. En ellos se ha encontrado correlación entre el nivel trófico y determinadas especies de rotíferos.

5.3. NUTRIENTES

Nutrientes.

Estos suelen ser retenidos por los seres vivos y recircular dentro de ellos en mayor cantidad, el carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y calcio, entre otros se requieren en cantidades mas o menos grandes por lo que se denominan macro nutrientes (Odum, 1972).

En general, los nutrientes esenciales con respecto a la producción primaria y la biomasa son: el nitrógeno y el fósforo el primero de ellos es un gas y sus compuestos son solubles, e inclusive es reciclado a través del ciclo del agua. El segundo forma en ocasiones compuestos insolubles y se tiende a acumular en sedimentos y rocas pero no se relaciona con la atmósfera (Margalef, 1983).

La relevancia del nitrógeno en el agua está, en que es el componente primordial de las proteínas, las cuales hacen parte de la base estructural de los seres vivos. Las proteínas están constituidas por aminoácidos, estructuras químicas hechas por un grupo amino (NH₂) y un grupo carboxilo (COOH).

El fósforo también es una unidad importante en el metabolismo biológico al igual que el nitrógeno, en ocasiones puede llegar a ser un factor limitante en la producción primaria y además hace parte de las moléculas más esenciales para la vida como son el ATP, ADN y ARN (Roldán, 1992).

5.4. DIVERSIDAD ALFA Y BETA

Todos los sistemas biológicos son diversos. Es decir, varían en el número y cantidad de las partes que la forman. La diversidad biológica o biodiversidad es la propiedad de la vida, a distintos niveles de organización, de ser diversa. En

otro nivel de organización las comunidades ecológicas están integradas por un determinado número de especies y cada una de ellas tiene una cierta importancia en la comunidad, dicha importancia está determinada por el número de individuos, biomasa cobertura, etc. de cada una de las especies. A esta variabilidad se le conoce como diversidad de especies (Moreno 2001).

La diversidad alfa es para una comunidad particular considerada homogénea es decir la diversidad de especies a nivel local y es la que posee más índices y métodos de medición desarrollada. Se suele distinguir entre los métodos que miden el número de especies existentes (riqueza específica) y los que miden la abundancia relativa de los individuos de cada especie (estructura). Entre los primeros se encuentran índices como el de Margalef o Menhinick, así como el método de rarefacción, distintas funciones de acumulación y otro tipo de métodos llamados no paramétricos. Para estimar la estructura existen también métodos paramétricos y no paramétricos además de diversos índices entre los que se encuentran el de Shannon, Simpson, Berger-Parker, McIntosh, Pielou y Brillouin (Moreno, 2001).

La diversidad beta considera la tasa o grado de cambio en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, es decir es la que cuantifica que tan diferentes o similares son los conjuntos de especies de las localidades. Por tanto, su medición se basa en proporciones o diferencias. Existen índices de similitud, o desimilitud o distancia, de reemplazo de especies y de complementariedad (Moreno, 2001).

6. ANTECEDENTES

Los estudios sobre rotíferos en Colombia son escasos y la mayoría de ellos corresponden a trabajos de grado que no han sido publicados.

Las primeras publicaciones corresponden a los estudios taxonómicos de Heinis (1914) y Hauer (1956), trabajando con muestras colectadas en la región Caribe, principalmente en los alrededores de Barranquilla. Posteriormente, Gaviria (1984) y Herrera y Guillot (1999) analizan aspectos de la ecología de los rotíferos relacionados con cambios en composición y estructura a través de ciclos estacionales, para la Ciénaga Grande de Santa Marta, el embalse de Chuza y el embalse de Betania, respectivamente. El trabajo más reciente es el de Guevara *et al.* (2009) quienes analizan aspectos de distribución y cambios estacionales de rotíferos y microcrustáceos en el embalse del Prado.

El resto de los estudios corresponden a la región amazónica, Vargas (1996), estudió la estructura y dinámica de la comunidad zooplanctónica de algunos lagos y meandros del río Igará-Paraná, registrando algunos géneros de rotíferos. Andrade-Sossa (2001) en el Lago Yahuarcaca analizó los efectos de la fluctuación del nivel del agua sobre la estructura de la comunidad de rotíferos planctónicos y luego Rodríguez (2003) estudió la relación entre la estructura de los rotíferos en períodos semanales en el gradiente río lago Yahuarcaca, quebrada Yahuarcaca. Ambos encontraron una fuerte relación entre las variaciones en sólidos suspendidos y conductividad y los grupos funcionales alimenticios en los rotíferos.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 ZONA DE ESTUDIO

Entre las lagunas Colombianas una de mayor extensión y belleza es la Laguna de Tota; uno de los parajes más hermosos de Boyacá y esta rodeada de pintorescos pueblos como Iza, Cuitiva, Tota y Aquitania. En la laguna, famosa por el consumo de trucha “arcoíris”, se pueden practicar deportes acuáticos. En las cercanías se presentan fuertes fluctuaciones de temperatura, la cual puede oscilar entre 0° C y 22° C. Ubicada sobre los 3.015 m.s.n.m su cuenca está comprendida entre las coordenadas 5°28' 13"-5°39'14" de latitud norte y 72°50'38"W-73°00'00" de longitud oeste de Greenwich. Tiene una temperatura promedio de 12° C, ocupando una depresión de alta montaña. Se localiza a 15 kilómetros al sur de Sogamoso. Rojas & Díaz (1997), describen la forma del lago como subrectangular elongada con eje principal en la dirección Noreste.

El lago de Tota cuenta con una extensión de 56.2 kilómetros cuadrados; con 13 kilómetros de ancho y 8 kilómetros de largo y una profundidad máxima de 67.40 metros. La parte occidental tiene ensenadas y playas de arena por el lado oriental tiene la península del Potrero y Susacá y las islas de San Pedro y Cerrochico. Allí nace el río Upía.

En el lago de Tota existen varias especies de peces como la trucha arcoiris, la trucha común, la trucha suiza parda, el capitán, el capitán enano, el guapucha, el pez dorado, el pez graso o runcho, el más antiguo del lago. La vegetación autóctona ha sido talada y reemplazada por cultivos de cebolla, papa y pastos y por plantaciones forestales de pino y eucalipto; en la zona del páramo hay frailejones. Esta laguna atrae el turismo por la belleza de sus paisajes; sus aguas son limpias y cristalinas y ofrece tonalidades de verde y azul según la hora de luminosidad del día. El sitio de mayor afluencia turística es la ensenada de Playa Blanca, con arenas blancas y suaves. La Laguna de Tota, es la más grande de Colombia y la tercera en Suramérica, siendo uno de los

recursos hidrológicos más importantes del país, no sólo por los usos que se le dan a sus aguas, sino por la riqueza paisajística que de manera permanente ofrece. Dentro del lago se encuentran conformados cuatro promontorios orográficos, o islas: "San Pedro" o "Isla Grande" y la de "Cerro Chico". También se encuentra la isla de "Santo Domingo" o del "Hato", y "La Custodia" (**Figura 1**).



Figura 1. Laguna Tota. Fuente www.Google.com Julio 17 de 2007 6:12:10.

Descripción geológica y geomorfológico de la laguna de Tota.

La laguna de Tota es de origen tectónico-glaciar, constituyéndose la mayor laguna de la cordillera oriental de los Andes (Gaviria, 1998).

La cuenca se formó en el Mioceno lo que produjo fallas a lo largo de sus bordes, está constituida por rocas sedimentarias depositadas en épocas diferentes. Los depósitos detríticos corresponden a los transportados por los ríos y quebradas, constituyendo las formas constructivas más importantes y son las que dan un modelo espacial a la superficie. Geomorfológicamente se dividen en depósitos aluvio-lacustres, terrazas y depósitos glaciales (Monroy, 2003).

Clima

El clima de la cuenca está determinado por su ubicación ecuatorial y altitudinal; presentándose un clima casi subártico por estar cerca del Ecuador. La proximidad del Ecuador causa una uniformidad en la temperatura durante todo el año, dependiendo de las variaciones de la precipitación. La lluvia es el factor que cambia casi todos los parámetros climáticos diarios y mensuales (Monroy, 2003).

La laguna está afectada por dos regímenes pluviales uno monomodal en la región oriental (946 mm/año) afectado por las corrientes de los llanos orientales y uno bimodal característico de la zona Andina en la cuenca occidental (752mm/año), el cual está influido por las corrientes de la olla del río Magdalena. Se evidencia más esta situación en el cambio drástico del paisaje y de la vegetación entre las dos zonas mencionadas. En las zonas bajas tiende a ser arbustiva y en los terrenos ubicados por encima de los 3200 y 3300 m.s.n.m., la vegetación es herbácea y leñosa constituyendo al ecosistema de páramo; Monroy, 2003).

La laguna presenta una estación lluviosa desde abril hasta noviembre y una seca de diciembre hasta marzo, precipitación media anual de la cuenca es de 900 mm (Rojas y Díaz 1997) (**Figura 2**).

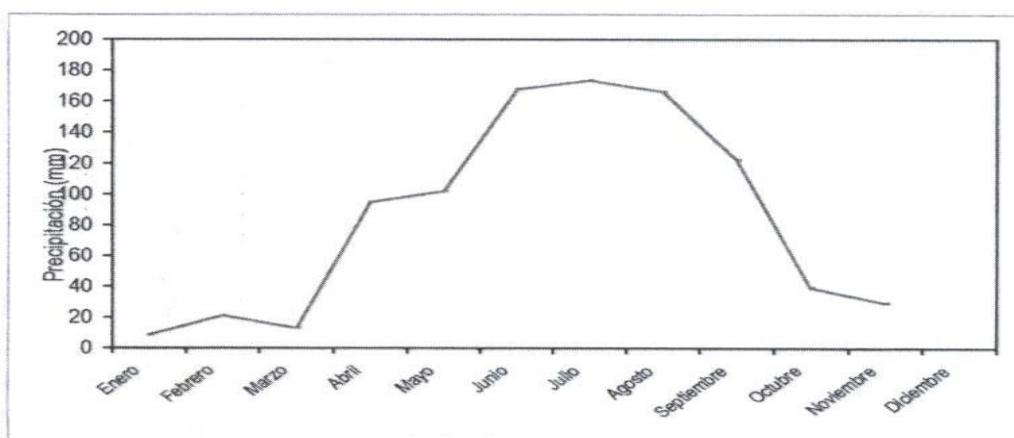


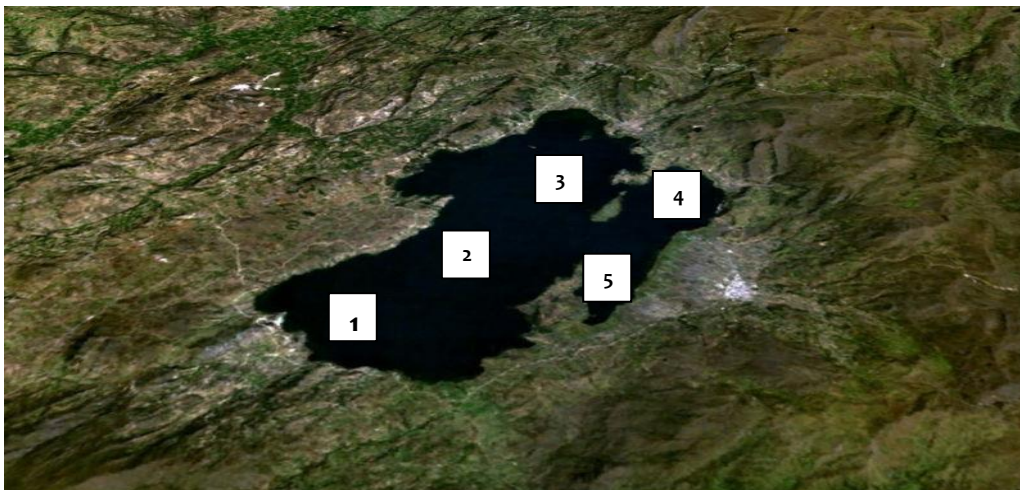
Figura 2. Pluviosidad en la laguna la Tota, estación Santa Inés- año 2001.
(Fuente: Corpo-Boyacá)

Los vientos que inciden sobre la cuenca en los diferentes meses del año corresponden al sistema de los alisios y a las variaciones geomorfológicas locales. Los alisios del noreste corresponden al invierno boreal, de diciembre a febrero y determinan la época seca, estos vientos secos depositan la humedad que acumulan en forma de lluvias locales en la región norte del país y en las vertientes de la cordillera. Los alisios del sureste corresponden al invierno austral de junio a agosto (Monroy, 2003).

Debido a las condiciones climáticas la laguna de la Tota posee cuatro formaciones básicas en su vegetación así: en la parte alta de la cuenca, en zonas de bmh-M predominan las gramíneas conformadas por asociaciones de pajonales y frailejones. El segundo grupo lo constituyen los arbustos, árboles dispersos y gramíneas, que crecen en las zonas ya cultivadas y partes agrícolas. La tercera formación se compone de una vegetación de pantano y zonas húmedas, localizadas alrededor del lago. El último grupo está conformado por la vegetación pionera que ocupa los terrenos erosionados y suelos desnudos (Monroy, 2003).

PUNTOS Y PERÍODOS DE MUESTREO

En la laguna de la Tota se seleccionaron cinco estaciones, en las que se realizaron cuatro muestreos, en el mes de abril, septiembre y diciembre del año 2005 y marzo del 2006. Las estaciones de muestreo, se determinaron de acuerdo con la heterogeneidad espacial y la variación en la profundidad (**Figuras 3 y 4**).



7.2 FASE DE CAMPO

La fase de campo correspondiente a colecta de muestras biológicas y análisis fisicoquímicos, fue realizada dentro del proyecto titulado “Aproximación al Estudio de la Biodiversidad Ecológica en Ambientes Acuáticos Colombianos (Zona Andina)”. En el presente trabajo se ejecuta la fase de laboratorio con el material biológico colectado y se analiza la información fisicoquímica y de algas y pigmentos ya acopiada por el grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos (UDES) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

A continuación se describe el protocolo de campo realizado. Para las muestras cualitativas se hicieron arrastres con redes de 45 μm de poro durante un tiempo entre 3 y 4 minutos. Los muestreos cuantitativos se realizaron con una trampa para zooplancton Schindler-Patalas, tomando 20 L de cada profundidad: superficial, a una profundidad del disco Secchi (1 DS) y a 3 DS. El volumen total de agua se filtró a través de una red de plancton de 45 μm de poro, obteniendo una muestra concentrada en un recipiente de 200ml. Estas muestras fueron fijadas con solución Transeau (Agua, alcohol y formol en proporciones 6:3:1).

Paralelamente al muestreo y se midieron con equipos portátiles digitales, en cada una de las profundidades datos físicos y químicos, como: conductividad, temperatura, pH, concentración de oxígeno y porcentaje de saturación, transparencia y profundidad de la columna de agua, con las sondas YSI 55 Oxígeno disuelto, YSI 30 Conductividad, Temperatura, Salinidad, WTW pH 330i / SET, disco Secchi y profundidad, medida con la sonda digital Echotest LCD.

7.3. METODO DE LABORATORIO

7.3.1 Rotíferos

Para la determinación taxonómica de los rotíferos se usaron principalmente las claves de Koste (1978), Ruttner-Kolisko (1974), Segers (1995), José de Paggi (1995 a). De cada especie se tomaron microfotografías del espécimen completo y para algunos casos del trophi.

Para estimar la densidad, se aplicó primero el colorante rosa de bengala para lograr una mejor visualización de los organismos y se retiró con micropipeta el exceso de agua hasta que la muestra quedara con un volumen próximo a 15 ml. Luego se contó el número de individuos por especie en el total de la muestra, tomando sucesivamente alícuotas de 3 ml, que son colocadas en una cámara tipo uthermöl y observadas bajo microscopio invertido NIKON TMS.

Nutrientes

El análisis de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, sílice, carbono disuelto) se realizó en la Universidad de Vigo España, a través de un autoanalizador Bran + LUEBBE HA III.

8. ESTIMACIÓN DE DIVERSIDAD Y TRATAMIENTO DE DATOS

8.1 DIVERSIDAD ALFA

La diversidad alfa es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular, se puede estimar con un simple conteo del número de especies de un sitio (índices de riqueza específica) o con una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad (Moreno 2001)

8.1.1 Estimadores de Riqueza

- **Riqueza específica:**

Número de especies de rotíferos en el volumen total de cada muestra

- **Índice de riqueza de Margalef:**

$$D_{MG} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = Número de especies

N = Número total de individuos.

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k-N$ donde k es constante. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S - 1$, en lugar de S, da $DMg = 0$ cuando hay una sola especie (Moreno, 2001).

8.1.2 Diversidad estructural (abundancia proporcional)

- **Diversidad de Shannon-Wiener**

Este índice de diversidad hace referencia a dos factores: riqueza de especies, que es el número de especies, y la uniformidad, esto es, en qué medida las especies son abundantes por igual. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran 1988).

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

Donde H' es la diversidad de especies, P_i es la proporción de individuos de la especie i -ésima.

De este estimativo se puede derivar otro que corresponde la Equitatividad (J') expresada como:

$$J' = \frac{H'}{H \max}$$

$$H \max = -S \left(\frac{1}{S} \log \frac{1}{S} \right) = \log S$$

S = Número de especies dentro de la comunidad.

8.2 DIVERSIDAD BETA

Al estimar la diversidad beta, se podrá comparar la diversidad entre los puntos de muestreo a lo largo del eje longitudinal y temporal, considerando tanto la composición taxonómica y la riqueza, como la estructura en términos proporcionales.

La diversidad beta o diversidad entre hábitat es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales. Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, disimilitud o distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia o ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Moreno, 2001).

Los índices de similitud / disimilitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras Magurran (1988). Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se

puede calcular fácilmente la disimilitud (d) entre las muestras: $d= 1-s$ (Magurran, 1988). Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Moreno, 2001).

- **Coeficiente de Bray Curtis.**

Hace parte de los índices cuantitativos y relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total de las dos muestras (Moreno, 2001).

$$C_N = \frac{\sum |(n_i - n_j)|}{\sum (n_i + n_j)}$$

Donde:

n_i = número de individuos de cada especie en el sitio A

n_j = número de individuos de cada especie en el sitio B

En la elaboración del dendrograma de similitud, se utilizó el método de agrupamiento promedio **UPGMA** (Unweighted pair-group method arithmetics averages) siguiendo los lineamientos de Krebs (1989).

8.3. TRATAMIENTO DE DATOS

Para identificar si hay diferencias significativas entre los puntos de muestreo en la laguna, se cuenta con solo 4 valores de densidad, riqueza, diversidad de Shannon, para cada punto. Por lo tanto, se aplica un test no paramétrico de Kruskal – Wallis y posteriormente la prueba de Tukey o de Mann-Whitney entre pares de zonas.

En la laguna, para determinar si existe relación (el tipo y la magnitud) entre la densidad, la riqueza y la diversidad de Shannon para los rotíferos en los sitios de muestreo, con los cambios en las variables físicas y químicas medidas del agua, medidas en cada lago durante el tiempo de muestreo, se realizó un análisis de

regresión y de correlación. El mismo análisis se aplicó para verificar si hubo relación entre la densidad de cada uno de los grupos funcionales tróficos con los valores de las variables físicas y químicas.

9. RESULTADOS

9.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Con excepción de la profundidad, las variables físicas y químicas medidas en campo mostraron un comportamiento temporal muy cambiante a través del periodo de muestreo, pero no entre puntos.

La profundidad presentó un promedio de 36,37 m (CV: 32,82%), mostrando diferencias significativas entre puntos de muestreo ($F_{(4,15)} = 93,421$ $\alpha = 0,000$), siendo los puntos 1 y 2 los más profundos (**Figura 5**). No se encontraron diferencias significativas entre meses de muestreo, ni entre épocas climáticas.

La transparencia promedio fue de 6,74 m (CV: 20,21%). Hubo diferencias significativas entre meses ($H_{(3,20)} = 16,62873$ $\alpha = 0,0008$), siendo septiembre el que presentó la mayor transparencia (**Figura 5, Tabla 1**). Igualmente se presentaron diferencias significativas entre épocas climáticas ($U = 5,000000$ $\alpha = 0,001$), hallándose mayor transparencia promedio en la época de lluvias. No se hallaron diferencias entre puntos de muestreo.

La temperatura del agua mostró un promedio de 15,89 °C (CV: 4,08 %), con diferencias significativas entre muestreos ($F_{(3,16)} = 52,897$ $\alpha = 0,000$), siendo mayor en los meses de sequía y significativamente menor en septiembre (**Figura 5, Tabla 1**). El análisis de Mann-Whitney confirma las diferencias entre épocas climáticas ($U = 16,00$ $\alpha = 0,008$). No se presentaron diferencias estadísticas entre puntos de muestreo.

El promedio de oxígeno disuelto fue 5,57 mg/L, (CV: 8,61%). Se presentaron diferencias entre meses de muestreo ($F_{(3,16)} = 15,863$ $\alpha = 0,000$), pero no entre épocas climáticas, ni entre puntos de muestreo. La mayor concentración promedio se halló en abril y fue significativamente menor en marzo (**Figura 5, Tabla 1**).

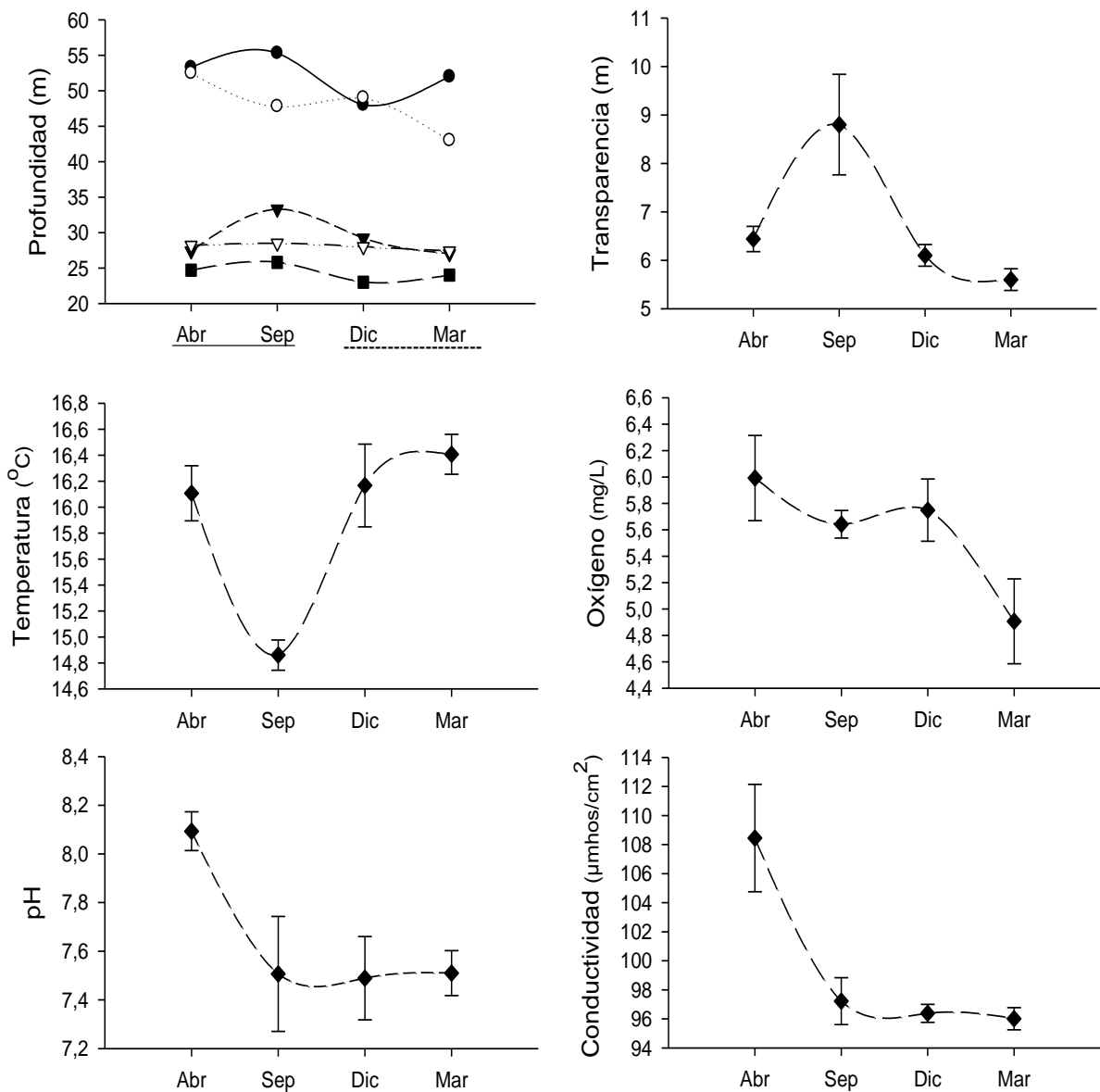


Figura 5, Comportamiento temporal de las variables físicas y químicas durante los meses de muestreo. Valores promedio y +/- una desviación estándar. En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (---). Para la profundidad se discrimina entre puntos: Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (Δ) y punto cinco (■).

El porcentaje de saturación de oxígeno, registró un promedio de 81,28%. Entre puntos de muestreo hubo poca variación (CV: 8,84%), mientras que entre meses de muestreo abril presentó el valor más alto que corresponde al periodo de invierno (88%) y los más bajos en marzo de la época de sequía (72,32%).

Los valores de pH fueron superiores a la neutralidad, con un promedio de 7,65 (CV: 3,92%). Se presentaron diferencias significativas entre meses ($H_{(3,20)} = 10,85346$ $\alpha = 0,0125$), con un pH que refleja condición de basicidad en abril, desciende significativamente en septiembre y mantiene valores promedio similares en los otros meses (**Figura 5**). No hubo diferencias significativas entre puntos de muestreo, pero sí entre épocas climáticas ($U = 21,50000$ $\alpha = 0,02$), debido también a los registros elevados la época de lluvias de abril.

Tabla 1. Post – Test de Tukey para las variables físicas y químicas de la laguna Tota

Variable	Meses	Diferencia de medias	Error típico	A
Transparencia	Sep vs Abr	-2,360	0,35256	0,001
	Sep vs Dic	2,700	0,35256	0,001
	Sep vs Mar	-3,200	0,35256	0,001
Temperatura	Sep vs Abr	1,244	0,13523	0,001
	Sep vs Dic	-1,306	0,13523	0,001
	Sep vs Mar	-1,548	0,13523	0,001
Oxígeno	Mar vs Abr	1,086	0,16614	0,001
	Mar vs Sep	0,738	0,16614	0,001
	Mar vs Dic	0,844	0,16614	0,001
pH	Abr vs Sep	0,584	0,09989	0,001
	Abr vs Dic	0,602	0,09989	0,001
	Abr vs Mar	0,582	0,09989	0,001
Conductividad	Abr vs Sep	11,226	1,31182	0,001
	Abr vs Dic	12,066	1,31182	0,001
	Abr vs Mar	12,432	1,31182	0,001

La conductividad registró un promedio 99,52 $\mu\text{Mhos/cm}^2$ (CV: 5.67 %), con diferencias significativas entre meses ($H_{(3,20)} = 11,75429$ $\alpha = 0,0083$), siendo mayor en abril y descendiendo hacia marzo (**Figura 5**). Igualmente hubo diferencias significativas entre épocas climáticas ($U = 21,50000$ $\alpha = 0,028$) con más conductividad en el periodo de lluvias. No se hallaron diferencias entre puntos de muestreo.

En los nutrientes no se hallaron diferencias entre puntos de muestreo, pero sí entre los meses de muestreo y también entre los periodos climáticos (**Figura 6**). Los nitritos (NO_2) tuvieron un promedio de $0,06 \mu\text{m/L}$ (CV: 81,40%). Se presentaron diferencias significativas entre meses ($H_{(3,60)} = 24,93456 \alpha = 0,000$), en diciembre se obtuvo el promedio más alto, al mismo tiempo se pudo observar una varianza muy grande con respecto a los demás meses (**Figura 6, Tabla 2**). Se observaron diferencias significativas entre épocas climáticas ($U = 300 \alpha = 0,026$).

La concentración promedio de Nitratos (NO_3) fue de $0,34 \mu\text{m/L}$ (CV: 150,78%). Se presentaron diferencias entre meses ($H_{(3,60)} = 45,946 \alpha = 0,000$) y entre épocas climáticas ($U = 179,0000 \alpha = 0,000$) pero debido a los registros altos de septiembre, que corresponde al periodo de lluvias, pues los demás meses mostraron promedios bajos y muy similares entre ellos (**Tabla 2**).

El amonio (NH_4) tuvo un promedio de $1,51 \mu\text{m/L}$ (CV: 106,56%). Hubo diferencias significativas entre meses ($H_{(3,20)} = 16,71429 \alpha = 0,0008$) (**Tabla 2**) y fue en promedio mayor en época de lluvias ($U = 293,0000 \alpha = 0,019$).

La concentración promedio de fosfatos (PO_4) fue $0,27 \mu\text{m/L}$ (CV: 188,33%). Hubo diferencias significativas entre meses ($H_{(3,20)} = 16,55274 \alpha = 0,0009$), siendo mayor en marzo pero con una varianza grande (**Figura 6**). Igualmente se presentaron diferencias entre épocas climáticas ($U = 48,000 \alpha = 0,000$).

El óxido de sílice (SiO_2) presentó un promedio de $18,35 \mu\text{m/L}$ (CV: 55,45%). Tuvo diferencias entre meses ($H_{(3,60)} = 30,34657 \alpha = 0,000$) (**Tabla 3**), siendo mayor en los periodos de lluvias (**Figura 6**), lo que determina diferencias significativas entre épocas climáticas ($U = 90,000 \alpha = 0,000$).

El carbono presentó diferencias entre épocas climáticas ($U = 63,00 \alpha = 0,015206$), pero solo fue alto durante el periodo de menores lluvias en marzo.

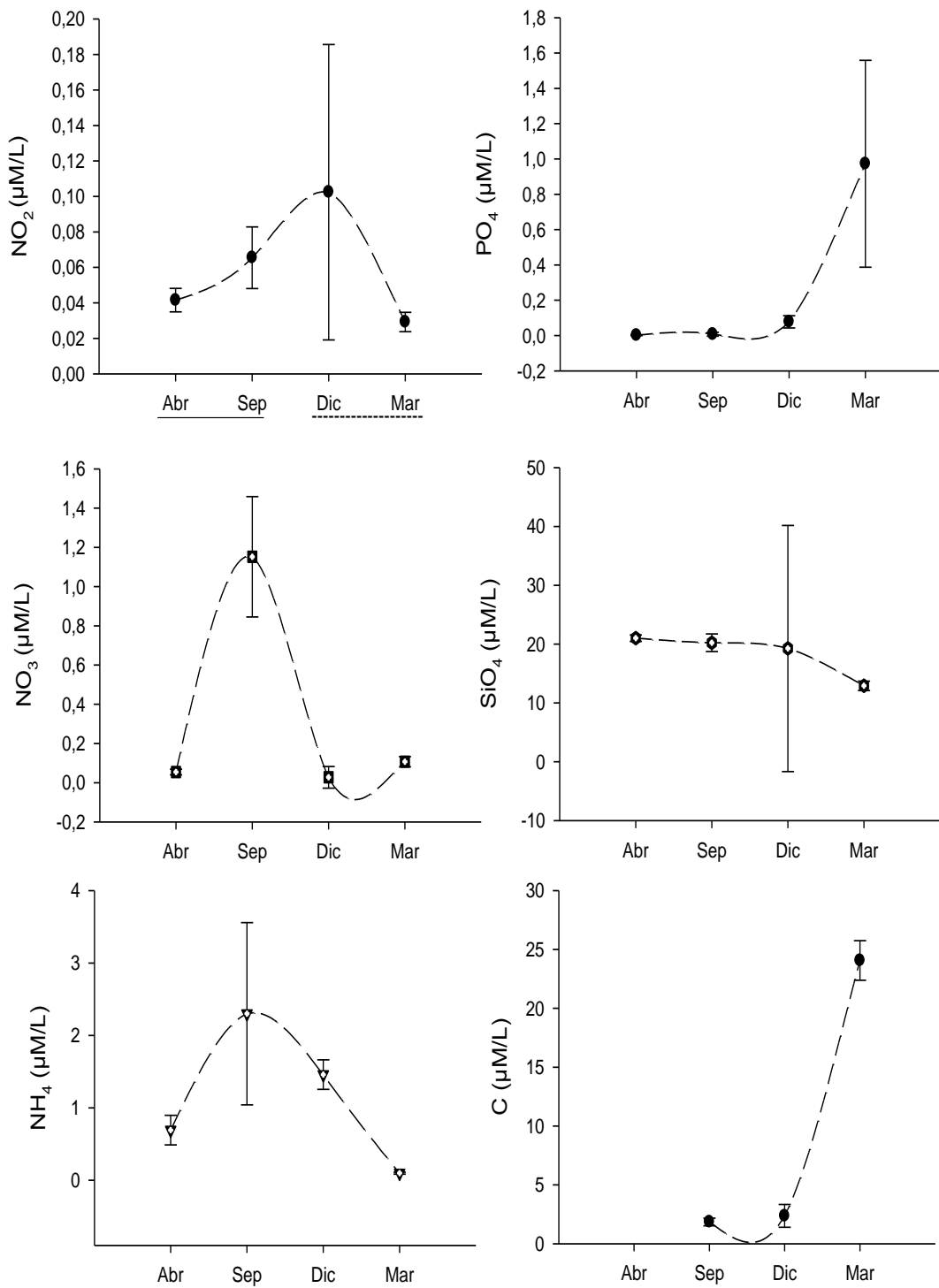


Figura 6. Comportamiento temporal de los nutrientes durante los meses de muestreo. Valores promedio y +/- una desviación estándar. En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----).

Tabla 2. Post – Tes de Tukey para nitritos, nitratos, amonio y fosfatos de la laguna Tota.

Variable	Mes	Diferencia de medias	Error típico	A
Nitritos	Dic vs Abr	-0,0609	0,01639	0,003
	Dic vs Mar	0,0732	0,01639	0,001
Nitratos	Sep vs Abr	-1,0976	0,06553	0,001
	Sep vs Dic	1,1243	0,06553	0,001
	Sep vs Mar	1,0449	0,06553	0,001
Amonio	Sep vs Abr	1,61	0,40786	0,006
	Sep vs Mar	2,202	0,40786	0,001
	Dic vs Mar	1,36	0,40786	0,02
Fosfatos	Mar vs Abr	-0,97	0,18598	0,001
	Mar vs Sep	-0,964	0,18598	0,001
	Mar vs Dic	-0,894	0,18598	0,001

Tabla 3. Post – Test U de Mann – Whitney para el óxido de sílice de la laguna Tota

Variable	Mes	U	Grupo 1	Grupo 2	A
Óxido de Sílice	Abr vs Sep	0,000	15	15	0,001
	Abr vs Mar	18,000	15	15	0,001
	Sep vs Dic	11,000	15	15	0,001
	Sep vs Mar	19,000	15	15	0,001
	Dic vs Mar	54,000	15	15	0,014

9.2 VARIABLES BIÓTICAS

9.2.1 Composición taxonómica

La **Tabla 4** presenta la lista de rotíferos encontrados en la laguna de Tota, las estaciones de muestreo en las que fueron encontrados y su distribución geográfica de acuerdo con: Koste (1978), Koste & José de Paggi (1982), Koste *et al.* (1984), José de Paggi (1995), Segers (1995).

Fueron reportados para el sistema 12 familias de rotíferos: siete para el orden Ploima, cuatro para el orden Flosculariaceae y una para el orden Collotecaceae. La mayoría de los 14 géneros están representados por una sola especie. De las 18 especies de rotíferos identificados, ocho se encuentran al menos una vez en todos los puntos de muestreo.

9.2.2 Densidad

Tuvo un promedio de 28190 Ind/ m³ (CV: 59,20 %). Se presentaron diferencias significativas entre meses ($F_{(3,16)} = 6,034$ $\alpha = 0,006$), siendo el periodo de sequía el de los mayores promedios (**Figura 7**). No hubo diferencias significativas entre puntos de muestreo y épocas climáticas.

Se observó una alternancia temporal entre las especies que fueron más representativas, correspondiendo en conjunto a un 92,3 % de la densidad promedio, las dos primeras se encontraron en todos los periodos y la mayoría de los puntos de muestreo, así:

Ptigura barbata ($\bar{x} = 11253$ Ind/m³; 39,9%) dominante en diciembre y parcialmente en marzo (periodos de sequía y mayores vientos).

Polyarthra vulgaris ($\bar{x} = 10077$ Ind/ m³, 35,7%) muy variable en abundancia según el punto de muestreo, ocupando usualmente un segundo lugar en abundancia, pero dominando principalmente en septiembre (época de lluvias).

Keratella cochlearis ($\bar{x} = 3600$ Ind/ m³, 12,8%) dominando en abril, al inicio del periodo de lluvias cuando se presentan el mayor pH y la más alta conductividad).

Collotheca sp ($\bar{x} = 1100$ Ind/ m³, 3,9%) más abundante en las zonas más profundas en abril y en la mayoría de los puntos en septiembre.

En estas especies, se presentaron diferencias significativas entre meses de muestreo para *P. barbata* ($H_{(3,20)} = 15,61460$ $\alpha < 0,0014$), *K. cochlearis* ($H_{(3,20)} = 16,87900$ $\alpha < 0,000$) y *Collotheca sp* ($H_{(3,20)} = 8,232380$ $\alpha < 0,041$) y entre épocas climáticas para *P. barbata* ($U = 0,000$ $\alpha < 0,000$) (**Tabla 5**).

Se encontraron especies cuyas abundancias correspondieron al 7% de la densidad promedio de los rotíferos, y hubo diferencias significativas entre meses de muestreo para *Asplancha girodi* ($H_{(3,20)} = 14,86763$ $\alpha < 0,001$). Para las demás especies no se encontraron diferencias significativas entre meses de muestreo, puntos y época climática.

Tabla 4. Lista de los rotíferos de la laguna Tota. (RC) reportados para Colombia por: H: Hauer (1956); A: Andrade (2001); R: Rodríguez (2003); G: González (2007) y V: Velez (2008). Distribución geográfica – Ad: Amplia distribución; Tr: Tropical; Tr/N: Neotropical; Tr/P: Pantropical; End: Endémicos; Sb: Subtropical; A: América; Sb/A: Subtropical america; Az: Amazónico.

TAXONES	DG	RC	Puntos de muestreo
CLASE MONOGONTA			
ORDEN PLOIMA			
Familia Asplanchnidae			
<i>Asplanchna girodi</i> (DE GUERNE, 1888)	Ad	R,V	2,3,4,5
Familia Brachionidae			
<i>Keratella cochlearis</i> (CARLIN, 1943)	Tr/P	H,V	1,2,3,4,5
<i>Anuraeopsis fissa</i> (GOSSE, 1851)	Tr/P	A,G	1
Familia Colurellidae			
<i>Lepadella acuminata acuminata</i> (EHRB., 1834)	Tr/P	V	3,4
<i>L.ovalis</i> (O.F.M., 1786)	Ad	V	1
Familia Epiphanidae			
<i>Epiphanes clavatula</i> (EHREB,1832)	Ad	A,R,G,V	5
Familia Lecanidae			
<i>Lecane bulla bulla</i> (GOSSE, 1886)	Ad	V,H,R	4
<i>L. lunaris</i> (HARRING, 1913)	Ad	G	1
Familia Synchaetidae			
<i>Polyarthra vulgaris</i> (CARLIN, 1943)	Ad	V,R,G	1,2,3,4,5
<i>Synchaeta pectinata</i> (EHRB, 1832)	Ad	R,V	1,2,3,4,5
Familia Gastropodidae			
<i>Ascomorpha ecaudis</i> (PERTY, 1850)	Ad	R	1,2,3,4,5
Familia Trichocercidae			
<i>Trichocerca similis</i> (WIERZEJSKI, 1893)	Ad	R,G,V	1,2,3,4,5
<i>T. pocillum</i>			4
ORDEN FLOSCULARIACEAE			
Familia Filiniidae			
<i>Filinia longiseta longiseta</i> (EHRB, 1834)	Ad	R,G,H,V	5
Familia Hexartridae			
<i>Hexarthra intermedia braziliensis</i> (HAUER, 1953)	T/N, End	R,V	1,2,3,4,5
Familia Flosculariidae			
<i>Ptigura barbata</i> (Edmonson, 1939)			1,2,3,4,5
ORDEN COLLOTECACEAE			
Familia Collothecidae			
<i>Collotoca</i> sp. (EDMONDSON, 1940)	Sb/A, Tr/N		1,2,3,4,5
CLASE BDELLOIDEA			
<i>Bdelloidea</i> sp		V	2,3,5

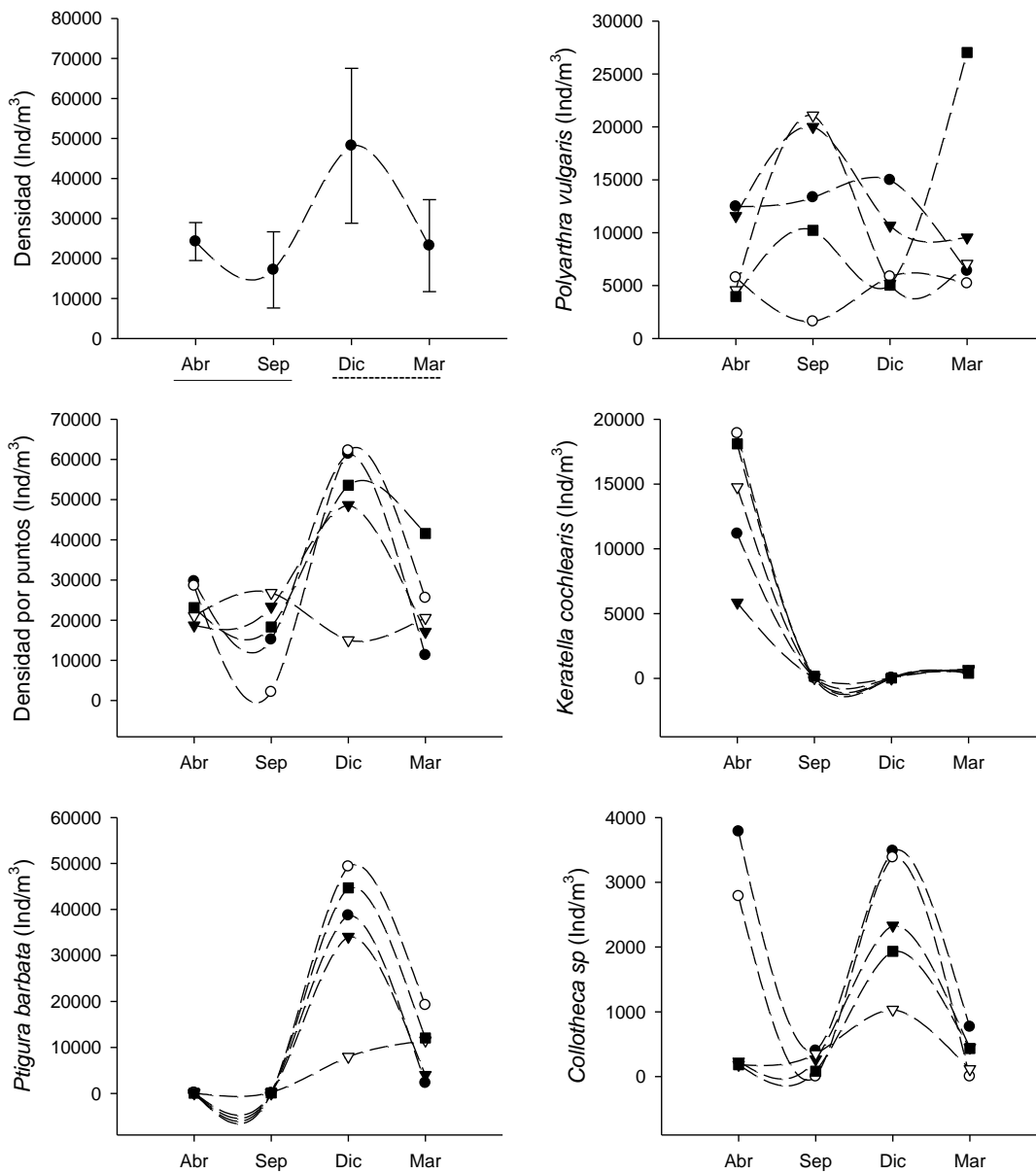


Figura 7. Comportamiento temporal de la densidad de rotíferos más abundantes de la laguna Tota. Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (Δ) y punto cinco (■). En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (- - -).

Tabla 5. Post - test de Tukey para las diferencias significativas entre los meses de muestreo para la densidad, *P. barbata*, *K. cochlearis*, *Collotheca sp* y *A. girodi*.

Variable	Mes	Diferencia de medias	Error típico	A
Densidad	Dic vs Abr	1437,0	472,71	0,035
	Dic vs Sep	1861,8	472,71	0,006
	Dic vs Mar	1497,2	472,71	0,028
<i>P. barbata</i>	Dic vs Abr	2090,8	332,73	0,000
	Dic vs Sep	2092,2	332,73	0,000
	Dic vs Mar	1508,2	332,73	0,002
<i>K. cochlearis</i>	Abr vs Sep	821,2	102,10	0,000
	Abr vs Dic	823,8	102,10	0,000
	Abr vs Mar	793,4	102,10	0,000
<i>Collotheca sp</i>	Dic vs Sep	132,8	38,68	0,016
	Dic vs Mar	124,8	38,68	0,024
<i>A. girodi</i>	Sep vs Abr	113,6	35,73	0,027
	Sep vs Dic	113,4	35,73	0,027
	Sep vs Mar	107,6	35,73	0,037

9.2.3 Densidad de acuerdo al Trophy

La densidad total de rotíferos estuvo dominada por organismos con trophy tipo virgado (41%) que son perforadores de plancton de pequeño tamaño, especialmente algas y algunas partículas vegetales, y el tipo maleorramado (40%) y maleado (13%) ambos con faringes moledoras de partículas orgánicas en suspensión, asociadas a las cuales hay bacterias, protozoos y algunas algas.

Se presentaron diferencias significativas entre meses de muestreo para los trophys: maleorramado ($H_{(3,20)} = 15,328$ $\alpha = 0,016$), maleado ($H_{(3,20)} = 15,561$ α

=0,014) y uncinado ($H_{(3,20)} = 8,232380$ $\alpha = 0,041$) y entre épocas climáticas para maleoramado ($U=0,000$ $\alpha = 0,0001$). Para ninguno de los trophy hubo diferencias entre puntos de muestreo.

La densidad promedio de rotíferos con trophy virgado fue de 11556 ind/m³ (CV: 59,85 %). No mostró un patrón muy claro a través del tiempo de muestreo. Sin embargo, septiembre presentó el valor más alto y marzo el más bajo entre puntos. Maleoramado con un promedio de 11333 ind/m³ (CV: 147 %). En diciembre se observaron los promedios más altos y a su vez las mayores diferencias con respecto a los demás meses (**Tabla 6**). El trophy maleado registró un promedio de 3686 ind/m³ (CV: 176 %). Abril tuvo los valores medios más altos y estos descendieron de forma significativa en los siguientes meses de muestreo. El trophy uncinado tuvo un promedio de 1110 ind/m³ (CV: 118 %). En dos puntos de abril y en diciembre se encontraron los promedios más altos y es el mes con las mayores diferencias con respecto a los demás. El promedio del Trophy ramado fue de 6 ind/m³ (CV: 191 %). Abril presentó el valor más alto, los otros meses mostraron valores bajos entre sí (**Figura 8**).

Tabla 6. Pos test de Tukey para los trophies durante los meses de muestreo.

Variable	Mes	Diferencia de medias	Error típico	α
Maleado	Abr vs Sep	801,6	0,06553	0,001
	Abr vs Dic	1,1243	0,06553	0,001
	Abr vs Mar	1,0449	0,06553	0,001
Uncinado	Dic vs sep	-132,8	38,676	0,016
	Dic vs mar	124,8	38,676	0,024
Maleoramado	Dic vs Abr	-2090,4	333,819	0,001
	Dic vs Sep	-2091	333,819	0,001
	Dic vs Mar	1509	333,819	0,002

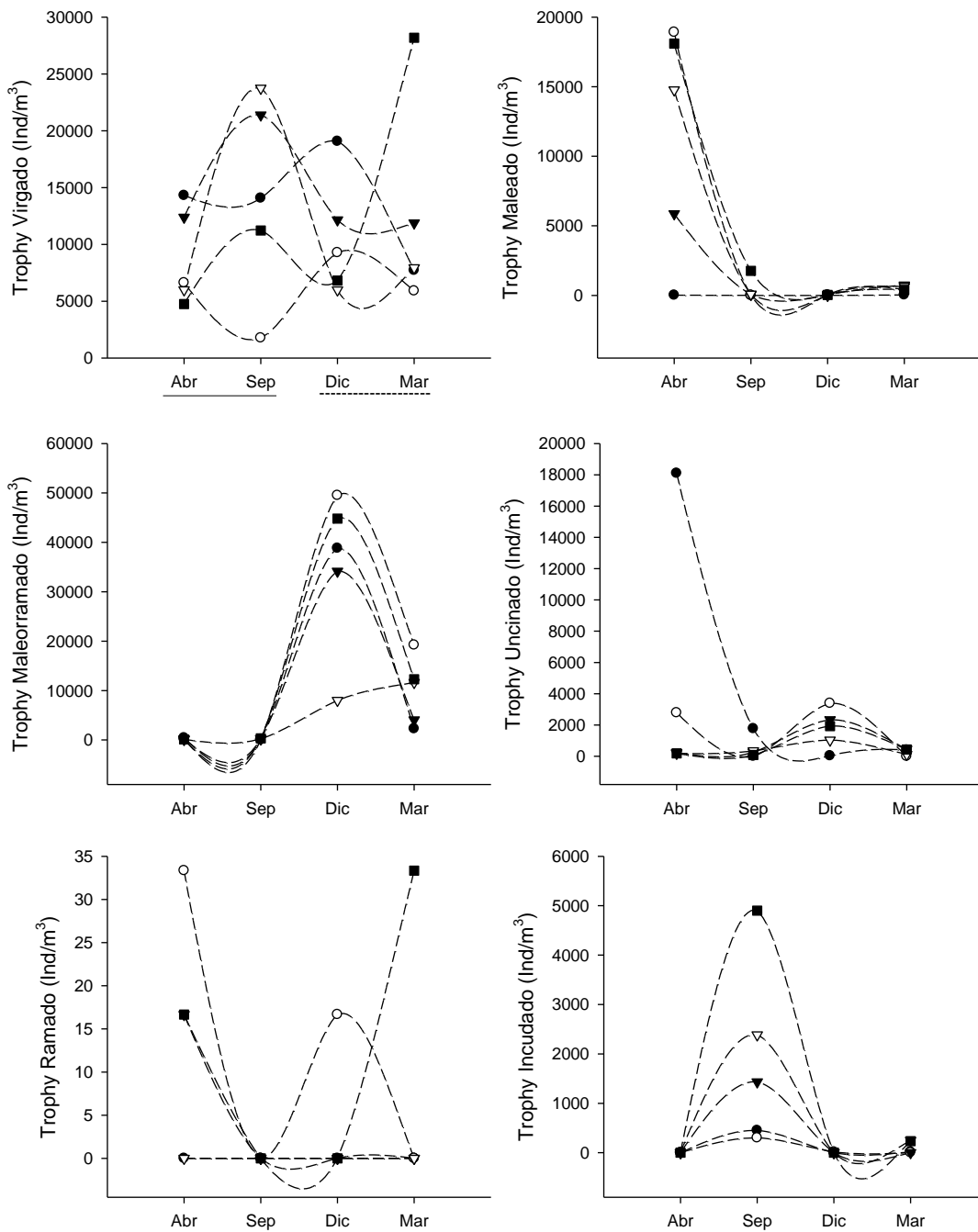


Figura 8. Comportamiento temporal entre puntos de los diferentes tipos de trophys durante los meses de muestreo. Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (△) y punto cinco (■). En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----).

9.2.4 Diversidad Alfa

El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas, entre meses de muestreo ni puntos y épocas climáticas. Sin embargo, temporalmente se observan algunos cambios, pero no hay un patrón muy claro en los diferentes índices y su fluctuación es muy diferente entre puntos de muestreos (**Figura 9**). En la **Tabla 7** se presentan los valores medios y de dispersión, mínimo y máximo entre meses para los índices de diversidad analizados, observándose valores muy bajos de diversidad estructural, relacionados con un número promedio de especies relativamente bajo y con una equidad muy reducida debido a la marcada y permanente dominancia de unas pocas especies (**Figura 9**).

Tabla 7. Valores de los estadísticos de tendencia central, dispersión, máximos y mínimos de índices de riqueza específica.

Índice	\bar{x}	CV	Mínimo	Máximo
Riqueza de especies	8,50	19,27	6,00	11,00
Índice de Margalef	1,7	0,15	1,54	2,22
Diversidad de Shannon H'	0,40	25,19	0,26	0,59
Equidad de Pielou J'	0,44	26,48	0,26	0,66

9.2.5 Diversidad Beta

El dendrograma con base en Bray-Curtis muestra claramente la separación de los muestreos agrupando la mayoría de los puntos según el mes de colecta, lo que indica que las diferencias entre meses son considerables y mayores a las que hay entre puntos de muestreo (**Figura 10**). El dendrograma presenta grupos conformados, en su mayoría, por los puntos dentro de cada mes de muestreo en respuesta a la dominancia de las especies más representativas que se alternan mes a mes en el lago (**Figura 10**).

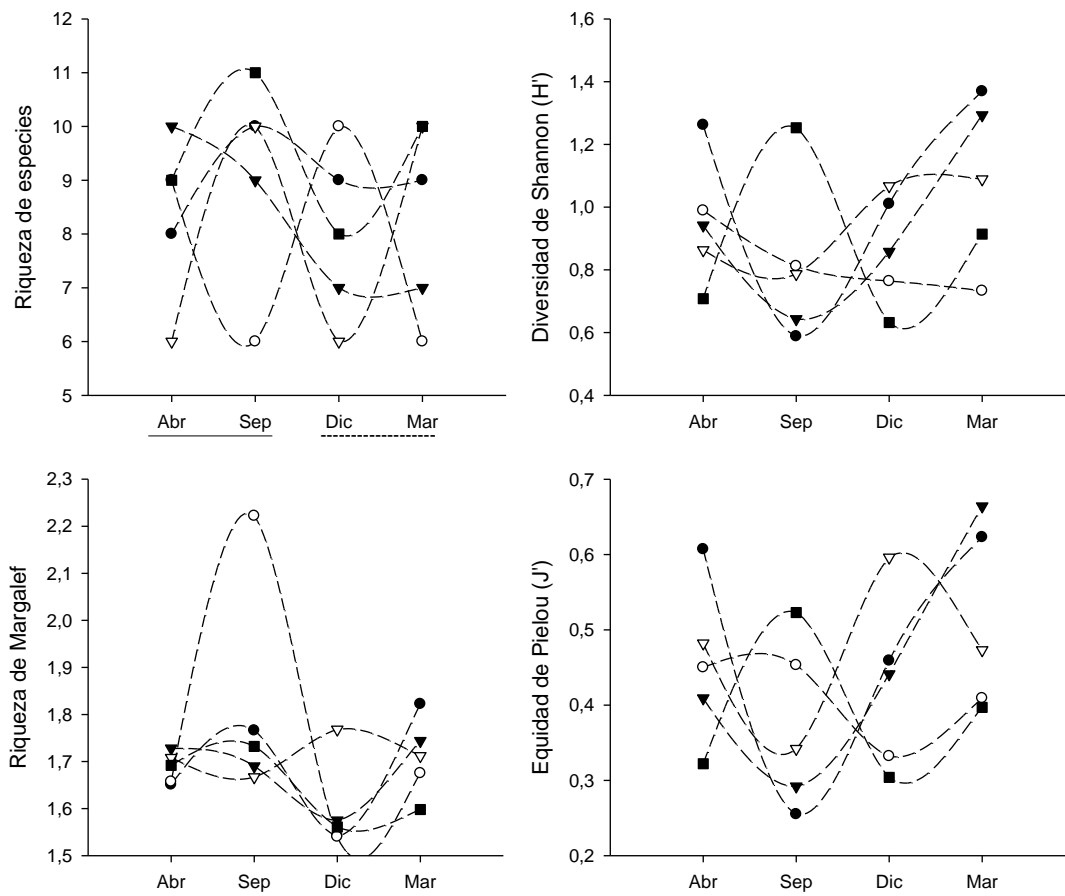


Figura 9. Comportamiento temporal de los índices de riqueza durante los meses de muestreo. Punto uno (●), punto dos (○), punto tres (▼), punto cuatro (△) y punto cinco (■). En la figura superior izquierda se detalla: Época de lluvias (—), Época de sequía (-----).

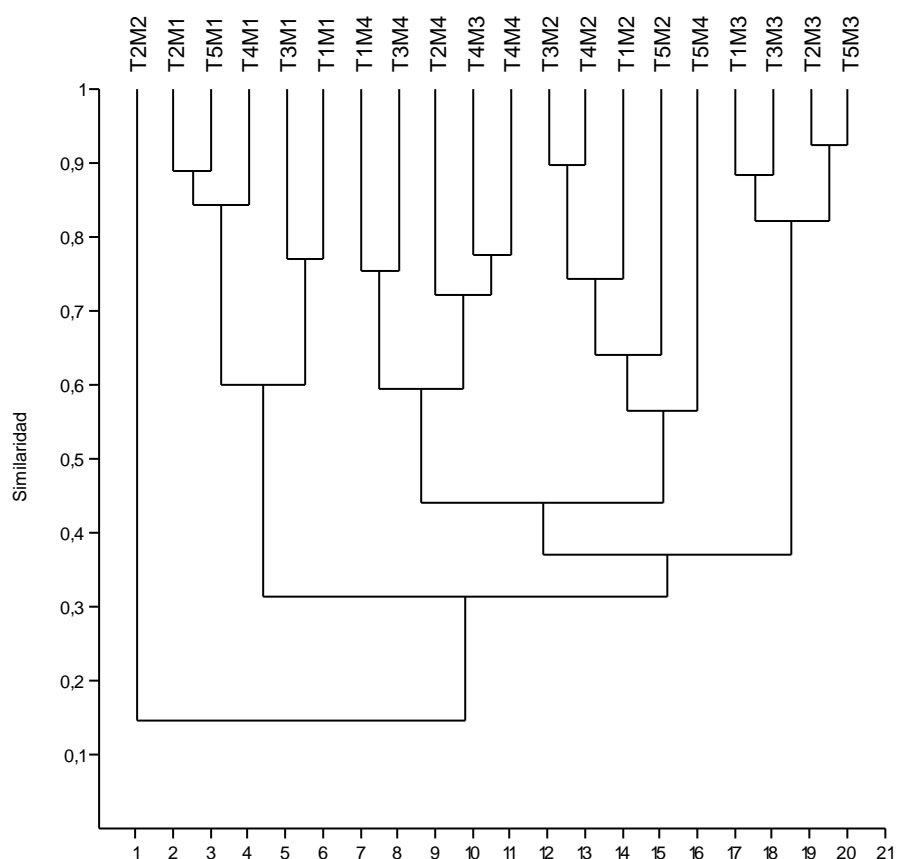


Figura 10. Análisis de clasificación Bray-Curtis con base en la matriz de abundancia de especies en cada mes de muestreo. M1 – M4: meses de muestreo, T1 – T5: puntos de muestreo.

9.3 Relación entre la comunidad de rotíferos y la abundancia de algas y variables abióticas

La **Tabla 8** muestra las correlaciones entre la densidad de rotíferos y las variables abióticas, en las especies dominantes. *P. barbata* mostró relación con la transparencia, la temperatura y los fosfatos, *K. cochlearis* aumentó con el incremento en conductividad y el pH pero fue inversa su relación con las formas de nitrógeno (nitritos y amonio), *Collotoca* disminuyó con el aumento de los nitratos.

La **Tabla 9** señala las relaciones entre los rotíferos y las algas potencialmente consumidas por ellos. Ninguna de las especies dominantes presentó relación significativa con una categoría grande de algas, pudiendo tener preferencia por grupos más específicos o variando de acuerdo a un conjunto amplio de variables bióticas y abióticas.

Tabla 8 Correlación de Spearman entre las variables independientes vs dependientes de la laguna Tota.

Item	A. <i>eucadis</i>	A. <i>girodi</i>	<i>Bdelloidea</i>	<i>Collotheca</i> <i>sp</i>	K. <i>cochlearis</i>	P. <i>barbata</i>	<i>T. similis</i>	Maleoramado	Maleado	Ramado
Transparencia	-0,369	0,474*	-0,167	-0,257	-0,144	0,741**	-0,261	0,687**	-0,025	0,167
Temperatura	0,242	0,553*	0,288	0,290	0,325	0,576**	0,224	0,473	0,224	0,288
% saturación de Oxígeno	0,529*	-0,432	0,305	0,193	-0,023	-0,138	0,492*	-0,255	-0,011	0,305
pH	-0,084	-0,214	0,464*	-0,052	0,541*	0,033	-0,133	-0,338	0,609**	0,464*
Conductividad	-0,038	-0,158	0,357	-0,050	0,620**	0,074	-0,264	0,471*	0,667**	0,357
Nitritos	-0,415	0,204	-0,094	-0,023	-0,507*	-0,270	0,060	-0,215	-0,463*	-0,094
Nitratos	0,165	0,763**	-0,332	-0,620**	-0,068	-0,436	0,338	-0,330	-0,004	-0,332
Amonio	-0,375	0,287	-0,143	0,287	-0,618**	-0,062	0,020	0,036	-0,552*	-0,143
Fosfatos	0,382	-0,157	-0,042	0,075	-0,152	0,690**	-0,282	0,713**	-0,222	-0,042

*significativo ($\alpha < 0.05$), ** altamente significativo ($\alpha < 0.01$)

Tabla 9. Correlación de Spearman de los rotíferos versus algas.

Item	Ulotrichales	Zygothyceae	Volvocales	Dinophyceae	Chlorococcales
<i>Ephiphanes</i>	0,540*	0,099	-0,114	0,219	-0,020
<i>F. longiseta</i>	0,540*	0,099	-0,114	0,219	-0,020
<i>Collotheca sp</i>	-0,208	-0,579**	0,136	-0,270	0,347
<i>L. ovalis</i>	-0,114	-0,378	0,455*	-0,378	0,139

* significativo ($\alpha < 0.05$), ** altamente significativo ($\alpha < 0.01$)

10. DISCUSIÓN

10.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Temperatura, Oxígeno, pH y conductividad.

Normalmente la temperatura disminuye en función de la profundidad en cuerpos de aguas naturales en zonas tropicales, presentándose estratificación térmica vertical; la cual influye en los ciclos físicos y químicos del agua y en los procesos de producción y respiración, diferente para aquellos localizados en las zonas subtropicales, los cuales están influenciados por los periodos estacionales que presentan estratificaciones más marcadas (Payne, 1986). En la laguna Tota entre puntos de muestreo y profundidades para cada mes, los cambios de temperatura no fueron muy variables (CV: 4,08%), por lo tanto; se puede decir que probablemente no hubo un estratificación térmica vertical, pero sí variaciones a nivel estacional reflejadas en los cambios de temperatura entre meses de muestreo y época climática; siendo mayor en sequía y disminuyendo en invierno.

Generalmente en ecosistemas acuáticos tropicales, la concentración de oxígeno disminuye en función de la profundidad y por el contrario, la solubilidad de este gas aumenta a medida que disminuye la temperatura. En aguas naturales, el valor óptimo de saturación de oxígeno debe ser del 100%, valores inferiores indican déficit y valores superiores denotan sobresaturación. No obstante, porcentajes del 80% de saturación de oxígeno disuelto, se consideran como mínimo óptimo para condiciones aeróbicas adecuadas en el manejo de las aguas naturales (Roldán, 1992). De acuerdo con la literatura citada, este espejo de agua se encuentra en el mínimo óptimo (81,28%) y a su vez presentó una relación inversa con la temperatura, ya que; abril mostró el valor más alto correspondiendo al periodo de invierno (88%) y el más bajo en marzo que corresponde a la época de sequía (72,32%).

Sistemas lénticos con valores cercanos a 7 unidades de pH, son aguas con elevados contenidos iónicos y están relacionadas con aguas duras que frecuentemente tienen una buena capacidad buffer y un pH de neutro hacia alcalino (Kalff, 2002). Los valores de pH que se encontraron en septiembre, diciembre y marzo (7,5 unidades) están dados por este sistema buffer, mientras que abril registro valores muy superiores (8,1 unidades). Según Margalef (1983) ecosistemas con pH cercanos a 8 unidades, el HCO_3^- presenta su máximo porcentaje y comienza a tomar importancia el $\text{CO}_3^{=}$ los cuales le dan una condición buffer al sistema, ya que tienden a aumentar para formar bicarbonatos y carbonatos. Y a su vez correspondiendo a ambientes acuáticos con altas tasas de fotosíntesis, donde el CO_2 es inmediatamente compensado por la disociación de bicarbonato de calcio (Esteves, 1988).

En este cuerpo de agua la conductividad tubo valores más altos que los registrados en lagos de alta montaña (20 y 50 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$), por lo tanto; es de esperarse que exista una baja diversidad de especies (Donato, 2001). Los valores más bajos se encontraron en septiembre, diciembre y marzo (97 $\mu\text{mhos}/\text{cm}^2$) y en abril los más altos (109 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$). De acuerdo con estos valores, Payne (1986) clasifica a este tipo de lagos como eutróficos clase I, que en su mayoría son de origen volcánico y en el cual predominan los bicarbonatos; donde las formaciones rocosas proporcionan una fuente soluble de este elemento. Por esta razón tuvo un comportamiento muy similar al pH.

Nutrientes disueltos

Los nitratos y el ion amonio son los más importantes para los ecosistemas acuáticos por que constituyen la principal fuente de nitrógeno para los productores primarios, y estos a su vez forman parte de la dieta del zooplancton, mientras que el nitrito se encuentra en bajas concentraciones en aguas oxigenadas (Esteves, 1988).

Desde el punto de vista de calidad de agua, los nitritos y el ion amonio se encuentra en bajas concentraciones en medios aeróbicos, pero si hay descargas significativas de estos nutrientes, el proceso de oxidación es muy

alto, causando gran demanda bioquímica de oxígeno y por consiguiente, disminución de oxígeno disuelto, por lo tanto; se pueden considerar indicadores químicos de procesos de degradación de materia orgánica (Sánchez y Zea, 2001). No obstante, una etapa importante del ciclo del nitrógeno, la constituye la formación de nitratos; ya que son la fuente principal de nitrógeno para los productores primarios (Casallas y Gunkel, 2001). Estos tres parámetros presentaron valores muy bajos en la laguna Tota y de acuerdo con la clasificación de Vollenweider (1968) este ecosistema está en un rango de oligotrofia y limitado por nitrógeno. Aunque Roldán (1992) reportó que la laguna comenzaba a mostrar síntomas de eutrofización debido a la intensa actividad agrícola que se estaba llevando a cabo en esos momentos. Posiblemente, hoy en día esta actividad agrícola ha disminuido y esto se vea reflejado en los valores tan bajos de nutrientes.

En cuanto al fósforo en los ecosistemas acuáticos, está en la forma de ortofosfatos y el fosfato formado fundamentalmente por el fósforo orgánico disuelto. En la laguna Tota se encontró bajas concentraciones de este elemento en abril (0,0001 mg/L) y septiembre (0,00095 mg/L) que los ubican dentro de los valores promedios para lagos del neotrópico (0,001 mg/L y 0,002 mg/L), mientras que los más altos se obtuvieron en diciembre (0,0076 mg/L) y marzo (0,092 mg/L) clasificando a estos meses en un estado de eutrofia (Vollenweider 1968). Temporalmente estos valores de fosfatos tuvieron relación con la concentración de oxígeno, ya que; en los meses donde el oxígeno fue más alto los valores de fosfatos decrecieron y viceversa. Esto se debe posiblemente a que el hierro está precipitando los fosfatos; se ha demostrado que la acción de este ion sobre la dinámica del fosfato depende de su estado de oxidación, de la concentración de oxígeno y del pH del medio (Casallas & Gunkel, 2001). En medios con abundante oxígeno, como los de abril y septiembre, el hierro se encuentra en forma oxidada, pudiendo absorber fosfatos en la superficie y precipitándolo a los sedimentos.

El sílice desde el punto de vista limnológico tiene importancia en forma soluble, que es la forma como es asimilado por los organismos. Los ecosistemas

acuáticos tropicales como las lagunas de alta montaña presentan valores $< 1,0$ mg/L (Donato, 2001). Este espejo de agua presentó valores superiores a los registrados en el trópico para abril, septiembre y diciembre y por debajo de estos en marzo (0,77 mg/L).

10.2 VARIABLES BIÓTICAS

Se registró una mayor riqueza de especies que la hallada en otros sistemas de alta montaña por Casallas & Gunkel (2001) y Mitrovich *et al.* (2005). Con respecto a Colombia, a pesar de las diferencias de tamaño y origen, Tota presentó el mismo número de especies registrado por Collazos (2009) para la laguna de Guatavita, pero la mitad del número encontrado en la laguna de Fúquene. La similitud con Guatavita puede estar relacionada con la ausencia, en ambos sistemas, de una amplia zona litoral, la cual si se encuentra en Fúquene y en varios otros sistemas someros en Colombia y la zona tropical.

La forma de la cubeta en Tota, determina que aun estando en sectores cercanos a los márgenes, la profundidad de los puntos de muestreo fuera superior a los 20 m, lo que define unas condiciones en que es difícil hallar especies representantes de sectores litorales, los que en este lago son además muy escasos en vegetación acuática. La ausencia de esta relación con la vegetación disminuye la presencia de ecotonos que son usuales en lagunas someras tropicales, con desarrollo de un cinturón de macrófitas, que propician mayor heterogeneidad y así mismo incrementan la diversidad. Las macrófitas incrementan la heterogeneidad ambiental; sus raíces, tallos y hojas, son biotopos para una gran diversidad y abundancia de invertebrados acuáticos (Dioni, 1967 en Fittkau *et al.*, 1975), favoreciendo además a las especies planctónicas por hallar un medio propicio para refugiarse contra depredadores o un hábitat más favorable para conseguir alimento en algunos momentos del día (Samanez & Riofrío, 1995). De hecho, varios autores han indicado que solo pocas especies de rotíferos son propiamente pelágicas y que la

heterogeneidad espacial y los microgradientes en la columna de agua de los hábitat litorales conduce a una gran riqueza de rotíferos en comparación con los ambientes euplactónicos (Kuczynska-Kippen, 2000; Declerck *et al.*, 2007). Por lo tanto, la topografía de la laguna de Tota define en parte la ausencia de una amplia franja de vegetación acuática y esto su vez puede determinar gran medida el reducido número de especies a comparación de otros sistemas someros de la región andina colombiana.

Todo esto incide además en la composición misma de la comunidad de rotíferos, en donde no se observa un predominio marcado en riqueza de alguna familia en particular y tampoco de aquellas frecuentes en zonas litorales y usualmente diversas en otros sistemas tropicales y subtropicales, como lo son Lecanidae y Brachionidae (Green, 1972; Segers *et al.*, 1993; Tan & Shield, 1993).

De las cuatro especies más abundantes y que se alternan en dominancia en la laguna de Tota, solo *P. vulgaris* y *K. cochlearis* predominan frecuentemente en varios otros ambientes tropicales suramericanos. Los ambientes pelágicos suelen ser dominados por especies del género *Keratella* (Rüttner-Kolisko, 1974; Kuczynska-Kippen, 2000; Green, 2003), lo que explicaría su abundancia en este sistema, en el que no se halla un amplio sector litoral con vegetación. *P. vulgaris* es una especie muy común en el epilimnio de muchos lagos (Edmondson, 1959), pero suele ser más característica de zonas limnéticas que litorales (Jose de Paggi, 1995b), lo que podría incrementar sus posibilidades de éxito en Tota. Sin embargo, ambas especies son también dominantes en lagos sin vegetación litoral como Guatavita y con amplio desarrollo de macrófitas como Fúquene (Collazos, 2009), mostrando tal vez su capacidad de adaptación a diversos tipos de ecosistemas.

Las otras dos especies dominantes, corresponden a familias con formas no muy frecuentes en zonas pelágicas, puesto que suelen estar más asociadas a sustratos orgánicos como plantas o partículas suspendidas en zonas próximas al litoral y en ocasiones formando colonias de organismos. Poco se conoce

sobre los hábitos de *P. barbata*, salvo que se ha hallado en zonas litorales, siendo sésil y adherida a macrófitas sumergidas (Edmonson, 1939) y la *Colloteca* hallada no fue posible identificarla al nivel de especie, puesto que los individuos colectados siempre estuvieron contraídos y no permitieron observar caracteres taxonómicos importantes y de hecho la taxonomía de este género para el neotrópico ha sido poco abordada hasta el momento. *P. barbata* corresponde a una familia de rotíferos con trofi maleorramado, típico de una faringe moledora, que utilizan los cilios de la corona para crear una corriente de agua que pasa por la boca, en donde puede haber mayor o menor selección de partículas de adecuado tamaño. Las especies de *Colloteca* son también sésiles, pero en ellos la corona se transforma en un infundíbulo dotado de largas setas, con lo que capturan presas que luego de pasar por la boca se almacenan en un proventrículo y posteriormente son laceradas y llevadas al estómago con el trofi tipo uncinado (Meglitsch, 1986; Nogrady, 1993).

P. barbata y *Colloteca* sp., son especies de familias usualmente sésiles, con diferentes hábitos alimenticios, que coinciden en ser muy abundantes y dominantes especialmente en el periodo de sequía en diciembre y parcialmente en marzo y que muestran diferentes relaciones con las variables físicas y químicas. Al parecer son abundantes en la zona pelágica en este periodo, por el efecto de arrastre desde sectores más litorales o epi-bentónicos, en esta época en que se presentan los vientos más fuertes del año (alisios del noreste), que a su vez generan fenómenos de transporte horizontal de masas de agua y mezclas verticales. Ambas especies están dotadas de cubiertas que rodean su cuerpo y les podrían facilitar la flotabilidad en aguas abiertas (Anexo 1).

La inclusión de especies de *Polyarthra* dentro del grupo dominante en sistemas Colombianos es relativamente frecuente (Andrade-Sossa, 2001; Rodríguez, 2003; Vélez-Alegría, 2008; Collazos, 2009). En Tota *P. vulgaris* fluctúa dependiendo del punto de muestreo, pero siempre persiste entre las dos más abundantes en promedio. En parte se le podría atribuir su éxito a estar morfológicamente equipada con apéndices tipo remos, que facilitan su

desplazamiento en rápidos saltos, que le permiten un promedio de velocidad de escape anti depredación de 35 mm/seg (Nogrady et al. 1993), lo que junto con su imprevisible direccionalidad de fuga, es una eficaz defensa contra la captura por algunos invertebrados muy frecuentes en el plancton como *Asplanchna*, que en cambio si consume eficientemente rotíferos lorizados como *K. cochlearis* (Gilbert & Williamson, 1978; Gilbert, 1985). Pero esta capacidad de fuga puede no ser la única que le confiere ventajas competitivas con respecto a otros rotíferos planctónicos, pues su diseño morfológico le podría facilitar también la flotabilidad y la natación eficiente en sistemas con considerable corriente en el agua, como es el caso de Tota que se localiza en un sector geográfico con fuertes vientos y en donde el oleaje llega a ser en ocasiones considerable.

Polyarthra es tiene un trofi tipo virgado con el que ejerce una acción penetrante y bombeo en las células algales y vegetales (Nogrady et al., 1993) y algunos protozoos. Se ha registrado alimentándose principalmente bacterias, clorofíceas unicelulares y diatomeas (Bogdan y Gilbert, 1987), Crysomonadales (*Dinobryon*) y Chryptomonadales (*Cryptomonas*) (Buikema et al. 1978, Devetter, 1998). Las bacterias no fueron analizadas en este trabajo, clorofíceas y diatomeas no mostraron correlación con la abundancia de *Polyarthra* y los otros dos grupos de algas no se registraron en los muestreos realizados en Tota. Las otras especies dominantes, como *K. cochlearis* o *Collotoca* sp., que presentan trofi molidor y podrían consumir pequeñas algas de forma directa o en mayor medida asociadas a partículas orgánicas suspendidas, al igual que *Polyrtha* no mostraron relación con algún grupo en particular de los grandes grupos de algas cuantificadas en el fitoplancton, pudiendo inferirse que su fluctuación temporal responde más al efecto de algunas variables físicas o químicas y interacciones tipo competencia (Gilbert & Stemberger. 1985a) o depredación (Gilbert & Stemberger, 1985b). Sin embargo, no debe descartarse que si se analizaran posibles relaciones de estos rotíferos dominantes o de otros menos abundantes, con las algas al nivel específico, si se encuentren algunas correlaciones significativas. De hecho, rotíferos que se alimentan de

algas en suspensión suelen diferir mucho en el tipo de células que ellos seleccionan de las disponibles para ingerir (Gilbert y Bogdan, 1984) existiendo además, de acuerdo con morfología de la corona, especies generalistas y especialistas, aun que ambas utilizan fitoplancton de pequeño tamaño, típicamente inferior a 25 μ (Schreiber, 2000).

Algunos autores indican también que muchas especies de rotíferos no son muy exigentes en términos de calidad del alimento, puesto que son capaces de alimentarse de detritus y bacterias (Rüttner-Kolisko, 1974). La presencia de un trofi triturador en *K. cochlearis*, puede favorecer su abundancia en periodos con mayor disponibilidad de material orgánico suspendido como pudo ocurrir en el primer periodo de muestreo y que corresponde al inicio de la época de lluvias, cuando ingresa una mayor proporción de material particulado a la laguna, al cual se asocian muchos microorganismos. Algunas otras interacciones pueden estar determinando las fluctuaciones de *Keratella*, como la depredación por el rotífero *A. girodi* (Gilbert & Stemberger, 1985b; Gilbert & Williamson, 1978) al igual que fenómenos de competencia con algunos cladóceros como los del genero *Daphnia*, también hallados en la laguna (Gilbert & Stemberger, 1985a, Maclsaac & Gilbert, 1991).

De manera general, las fluctuaciones de los rotíferos en la laguna de Tota pueden depender de múltiples factores, entre los que cabe destacar los siguientes: 1. En Tota hay varias especies de vertebrados potenciales depredadores, peces en estados de alevinos. Sin embargo, aunque es muy posible que los alevinos presentes consuman zooplancton, la depredación por vertebrados sobre los rotíferos es usualmente muy inferior a la de los depredadores invertebrados (Pourriot y Meybeck, 1995). 2. Los invertebrados depredadores tipo larvas de insectos son escasos debido al reducido litoral vegetado y de hecho no hay larvas de *Chaoborus*, pero si hay dos especies de copépodos, *Boeckella gracilis* y *Tropocyclops prasinus prasinus* (Rodríguez, 2008), que son potencialmente depredadores y pueden estar regulando las densidades de rotíferos en la laguna de Tota. Brandl (2005) reporta a

Tropocyclops prasinus mexicanus como consumidor de rotíferos, entre los que se encuentran *K. cochlearis* y varias especies *Polyarthra*, y registra también a especies del género *Boekella* alimentándose de *Keratella procurva* y de especies de los géneros *Trichocerca*, *Lecane*, *Trichotria*, *Lepadella*, *Conochilus*, *Anuraeopsis* y *Notommata*. 3. La competencia por recursos tróficos dentro del plancton, no solo es limitada a las relaciones entre los rotíferos sino también con algunos de los cladóceros presentes en Tota, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Daphnia pulex* y *Diaphanosoma birgei* (Rodríguez, 2008), y estados de desarrollo inmaduros de los copépodos. Este tipo de relación de competencia entre rotíferos y microcrustáceos ha sido documentada por muchos autores como un factor clave en la dinámica de cambio de los rotíferos (Gilbert & Stemberger, 1985a; Maclsaac & Gilbert, 1991; Dieguez & Gilbert, 2002; Ramos-Rodríguez & Conde-Purcula, 2003; Castro *et al.*, 2005). 4. Variables como la temperatura, la profundidad y concentración de nutrientes puedan afectar en forma directa o indirecta las fluctuaciones en la abundancia de rotíferos (Castro *et al.*, 2005). En algunos sistemas suramericanos, la variación en la densidad de rotíferos se ha relacionado con fluctuaciones en la profundidad, la transparencia, temperatura, pH, concentración de sólidos suspendidos, Clorofila-a y oxígeno disuelto, cambiando mucho según las características particulares de cada ecosistema, lo que dificulta establecer patrones generalizados (Miyashiro & Bonecker, 2004).

El índice de Shannon mostró más tendencia a variar con respecto a la equidad que al cambio en el número de especies, por lo que la diversidad estructural depende principalmente de la fluctuación temporal de las pocas especies dominantes. La ausencia de diferencias significativas a nivel temporal, está relacionada con la varianza definida por las diferencias en cada periodo, entre los puntos de muestreo. A su vez, al reunir todos los datos de cada punto en el estudio, esta alta varianza determinó que no se presentaran diferencias significativas entre puntos para el total del muestreo. Las figuras de cambios en los promedios por puntos mostraban sin embargo diferencias en la fluctuación, pero siempre con datos muy bajos de diversidad.

El dendrograma que representa la diversidad beta, teniendo como base el recambio en el conjunto total de abundancias de todas las especies, presenta grupos conformados de acuerdo con el mes de muestreo, lo que es también un reflejo del cambio en las pocas especies dominantes, que ya se ha descrito ampliamente en este estudio, y que se alternan entre los periodos de muestreo.

11. CONCLUSIONES

La topografía de la laguna de Tota define en parte la ausencia de una amplia franja de vegetación acuática determinando en gran medida el reducido número de especies a comparación de otros sistemas someros de la región andina colombiana.

Los rotíferos en la laguna de Tota dependen de factores como:

1. La presencia de especies de vertebrados potenciales depredadores (peces en estados de alevinos).
2. Los invertebrados depredadores tipo larvas de insectos son escasos debido al reducido litoral vegetado y de hecho no hay larvas de *Chaoborus*, pero si hay dos especies de copépodos, *Boeckella gracilis* y *Tropocyclops prasinus prasinus* (Rodríguez, 2008).
3. La competencia por recursos tróficos dentro del plancton, no solo es limitada a las relaciones entre los rotíferos sino también con algunos de los cladóceros presentes en Tota, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Daphnia pulex* y *Diaphanosoma birgei*.

Variables como la temperatura, la profundidad y concentración de nutrientes afectan en forma directa o indirecta las fluctuaciones en la abundancia de rotíferos.

El índice de Shannon mostró más tendencia a variar con respecto a la equidad que al cambio en el número de especies, por lo que la diversidad estructural depende principalmente de la fluctuación temporal de las pocas especies dominantes.

Al analizar la diversidad beta, en el conjunto total de abundancias de todas las especies, se presentan grupos conformados de acuerdo al mes de muestreo, lo que es también un reflejo del cambio en las pocas especies dominantes, y que se alternan entre los periodos de muestreo.

12. RECOMENDACIONES

Realizar estudios de laboratorio con las especies dominantes como *Ptigura barbata* y *Polyarthra* ya que poco se conoce sobre sus hábitos y predominó en este tipo de ecosistemas tropicales.

Implementar diseños de muestreo con mayor frecuencia para detectar en mejor forma la dinámica de cambio de las poblaciones y su relación con algunas variables ambientales.

Realizar un análisis de contenido estomacal y ensayos de laboratorio relativos a interacciones de competencia y depredación.

Realizar estudios de migración y distribución espacial de las especies dominantes, teniendo en cuenta que competencia y depredación pueden intensificarse como consecuencia de un solapamiento espacial en la columna.

13. BIBLIOGRAFIA

- Andrade-Sossa C. 2001. Efectos de la fluctuación del nivel del agua sobre la estructura de la comunidad de rotíferos planctónicos en le lago Yahuaraca (Río Amazonas Colombia) Tesis de Maestría. Universidad de los Andes, Bogotá. 42 p.
- Aranguren N. & C. Andrade-Sossa. 2003. Estructura de la comunidad zooplanctónica (Copépodos y Cladóceros) en tres lagunas Colombianas de alta montaña. *Ciencia en desarrollo*. 1 (1).
- Alba-Maldonado A. & D. Jiménez-Hernández. 2005. Estudio comparativo del fitoplancton en dos lagunas andinas: laguna de Guatavita y laguna de Fúquene. Tesis de pregrado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Escuela de Biología. Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos-UDESA. Tunja 2006. 121 p.
- Armengol X. & M. R. Miracle. 2000. Diel vertical movements of zooplankton in lake La Cruz (Cuenca, España). *J. Plankton Res.*, 22:1683-1703.
- Bogdan K. G. & J.J. Gilbert. 1987. Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton; a multi-tracer cell approach. *Oecologia* (72): 331-340.
- Bonecker C. C. & F. A. Lansac-Tôha. 1996. Community structure of rotifers in two environments of the high river Paraná floodplain (MS), Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, 325:137-150

- Brandl Z. 2005. Freshwater copepods and rotifers: predators and their prey *Hydrobiologia*, 546:475–489.
- Brandl Z. & C.H. Fernando. 1978. Prey selection by the cyclopoid copepods *Mesocyclops edax* and *Cyclops vicinus*. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20 : 2505-2510.
- Brusca R. C. & Brusca G. J. 1.990. Invertebrates. Sinauer associates. INC.Publishers U:S:A: 245 p.
- Bukema A.L., J. Jr. Cairns, P.C. Edmunds, H. Krakauer. 1977. Culturing and Ecology Studies of the Rotifer *Polysartha Vulgaris*. Environmental Protection Agency, Report EPA 600/3-71-051. 53 p.
- Calliari D., K. Sanz, M. Martínez, G. Cervetto, M. Gómez & C. Basso. 2003. Comparison of the predation rate of freshwater cyclopoid copepod species on larvae of the mosquito *Culex pipiens*. *Medical and Veterinary Entomology*, 17(3): 339 – 342.
- Carigan R. & D. Planas. 1994. Recognition of nutrient and light limitation in turbid mixed layers: three approaches compared in the Paraná floodplain (Argentina). *Limnol Oceanog.*, 39 (3), 580 – 596.
- Carrillo P., I. Pizarro, R. Morales & P. Sánchez. 1987. Cambios estacionales en las comunidades de fitoplancton y de zooplancton de la Albufera de Adra. *Limnética*, 3 (2): 243-254.
- Casallas, J. & G. Gunkel. 2001. Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limnetica*, 20 (2): 215-232.

- Castro B. B., S. C. Antunes, R. Pereira, A. Soares & F. Gonçalves. 2005. Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors. *Hydrobiologia*, 543: 221–232.
- Collazos-Ardila, L. E. 2009. Diversidad alfa y beta de rotíferos limnéticos en las dimensiones espacial y temporal de las lagunas Fuquene y Guatavita. Trabajo de grado de Maestría en Recursos Hidrobiológicos Continentales. Universidad del Cauca. 114 p.
- Colwell R. K. y J. A. Coddington. Estimating Terrestrial Biodiversity Through Extrapolation. En *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 345: 101-108. 1994.
- Conde-Porcuna J. M. & S. S. S. Sarma.1995. Prey selection by *Asplanchna girodi*(Rotifera): the importance of prey defence mechanisms.*Freshwater Biol.*, 33: 341-348.
- Conde-Porcuna J. M., E. Ramos-Rodríguez & C. Pérez-Martínez, 2002. Correlations between nutrient concentrations and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. *Freshwater Biology* 47: 1463–1473.
- Cruz-Pizarro L. 1978. Comparative vertical zonation and diurnal migration among Crustacea and Rotifera in the small high mountain lake La Caldera (Granada, Spain). *Verh. Int. Ver. Limnol.*,20: 1026-1032.
- Devetter M. 1998. Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. *Hydrobiologia* (387/388): 171-178.
- Devetter M. & J. Sed'a, 2003. Rotifer fecundity in relation to components of microbial food web in a eutrophic reservoir.*Hydrobiologia* 504: 167–175.

- Diéguez M. C. & J. J. Gilbert. 2002. Suppression of the rotifer *Polyarthra remata* by the omnivorous copepod *Tropocyclops extensus*: predation or competition?. *Journal of Plankton Research*, 24 (4): 359 -369.
- Donato J.Ch. 1991. Fitoplancton y aspectos físicos y químicos de la laguna de Chingaza en Cundinamarca, Colombia. *Caldasia*, 16 (79), 489 - 500
- Donato J. Ch. 2001. Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica (Colombia). Composición y factores de distribución. Colombia. Editorial Guadalupe. 232 pp.
- Donato J.Ch, S. Duque & E. Mora-Osejo. 1987. Estructura y dinámica del fitoplancton de la laguna de Fúquene (Cundinamarca- Colombia). *Rev. de la Acad. Col. de Cien. Exac. Fis. y Nat.*, 16:113-144.
- Edmondson W.T. 1939. New species of Rotatoria, with notes on heterogonic growth. *Transactions of the American Microscopical Society* 57: 459–472.
- Edmondson W.T. 1959. *Freshwater biology: 2nd edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Ejsmont-Karabin, J. 1974. Studies on the feeding of planktonic polyphage *Asplanchna priodonta* Gosse (Rotatoria). *Ekol. Pol.*, 22: 311–317.
- Esteves F. A. 1988. *Fundamentos de Limnología*. 2ª ed. Río de Janeiro Editorial Interciencia, Río de Janeiro. 575 p.

- Fernando C. H. 1980. The freshwater zooplankton of Sri Lanka, with a discussion of tropical freshwater zooplankton composition. *Int. Rev. Ges Hydrobiol.*, Leipzig, 65(1):85-125.
- Fittkau E.J., U. Irmeler; W.J. Junk; F. Reiss & G.W. Sachmidt. 1975. Productivity, biomass, and population dynamics in Amazon water bodies. *Ecol. Stud.*, 11:289-311.
- Foran Ja. & Rh. King. 1982. A regression analysis of the summer population dynamics of *Polyarthra vulgaris* in a northern Michigan bog lake. *Hydrobiologia* (94): 237-246.
- Gannon J. & R. Stemberger. 1978. Zooplankton (Especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros.* 97 (1): 16- 35.
- Gaviria S. 1984. Evaluación limnológica inicial del embalse de Chuza en el páramo de Chingaza. *Revista Acodal.* 119: 5-48.
- Gaviria S. & N. Aranguren. 1998. Guía General de laboratorio COPEPODA. Curso: Sistemática de zooplancton de aguas continentales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Investigaciones Amazónicas IMANI.
- Gibbs R. 1970. Mechanism controlling world water chemistry. *Science* 170, 1088 – 1090.
- Gibbs R. J. 1972. Water chemistry of the Amazon River. *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, 36, 1061 – 1066.
- Gilbert J. J. 1985. Escape response of the rotifer *Polyarthra*: a high-speed cinematographic analysis. *Oecologia* 66:322-331.

- Gilbert J.J. & K.G. Bogdan. 1984. Rotifer grazing: in situ studies and selectivity and rates. In Meyers D.G. & J.R. Strickler, eds. Trophic interactions within aquatic ecosystems. AAAS 97-113.
- Gilbert J.J. & R.S. Stemberger. 1985 a. Control of *Keratella* populations by interference competition from *Daphnia*. *Limnol. Oceanogr.* 30: 180-188.
- Gilbert J.J. & R.S. Stemberger. 1985 b. Prey capture in the rotifer *Asplanchna girodi*. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 22: 2997-3000.
- Gilbert J.J. & C. E. Williamson. 1978. Predator-Prey Behavior and Its Effect on Rotifer Survival in Associations of *Mesocyclops edax*, *Asplanchna girodi*, *Polyarthra vulgaris*, and *Keratella cochlearis*. *Oecologia* 37: 13-22.
- Green J. 1972. Freshwater ecology in the Mato Grosso, Central Brazil. III. Associations of Rotifera in meander lakes of the Rio Suiá Missú. *J. Nat. Hist.*, London, 6:229-241.
- Green J. 2003. Associations of planktonic and periphytic rotifers in a tropical swamp, the Okavango Delta, Southern Africa. *Hydrobiologia* 490: 197–209.
- González de I., A. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Washington. D.C.: Organización de los estados americanos – programa nacional de desarrollo científico y tecnológico- serie Biología. 129 p.
- González M. J. 1998. Spatial segregation between rotifers and cladocerans mediated by *Chaoborus*. *Hydrobiologia*, 387/388: 427-436.

- González-Bermúdez A. 2007. Influencia de *Utricularia foliosa* sobre la diversidad zooplanctónica en las dimensiones longitudinal y temporal de la quebrada Yahuaraca (Amazonia colombiana). Trabajo de grado, Licenciatura en Biología, Departamento de Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 250 pp.
- Guevara G., P. Lozano, G. Reinoso & F. Villa. 2009. Horizontal and seasonal patterns of tropical zooplankton from the eutrophic Prado Reservoir (Colombia). *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*. 39(2):128-139.
- Guiset A., 1977, Stomach contents in *Asplanchna* and Ploesoma. *Arch.Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8 : 126–129.
- Hauer, J. 1956. Rotatorien aus Venezuela and Kolumbien. *Ergebn. Dt. Limnol. Venezuela*. 380 p.
- Heinis F. 1914. Die Moosfauna Kolumbiens (Rizopoda, Rotatoria, Tardigrada, Nematoda). In: Führmann and E. Mayor (ed.). *Voyage d'Exploration scientifique en Colombie*. Mem. Soc. Neuchâtel. Science Nat. 5: 698-713.
- Herrera Y. & G. Guillot. 1999. Composición taxonómica del zooplancton del embalse de Betania, Departamento del Huilla, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 4 (1): 5-19.
- Hutchinson B. P. 1967. A Treatise on Limnology. Vol. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley & Sons, New York, Estados Unidos.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Papel formatos. Bogotá: ICONTEC, 2005 (NTC 1486, NTC 1487, NTC 1308, NTC 1307).
- José de Paggi S. 1995 a. Rotifera En: Lopreto E. C.& G. Tell. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para estudio. Tomo III. Ediciones sur. La Plata Argentina.
- José de Paggi S. 1995 b. Vertical distribution and diel migration of rotifers in a Parana River floodplain lake. *Hydrobiologia* (310): 87-94.
- José de Paggi S. & W. KOSTE. 1995. Additions to the Checklist of rotifers of the superorden Monogononta recorder from Neotropics. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.*, 80 (1): 133- 140.
- Junk W, P.B. Bayley & R. E. Sparks 1989. The Flood Pulse Concept in river – Floodplain Systems. En D. P. Dodge (ed). Proceeding of the International Large River Symposium. Can. Spec. Public. Fish. Aquatic. Sci. v. 200 p.
- Kalff J 2002. Limnology. Inland water ecosystems. Prentice-Hall. Upper Saddle River, EEUU. 592 pp.
- Kay B.H. C.P. Cabral, A.C. Sleigh, M.D. Brown, Z.M. Ribeiro & W.A. Vasconcelos. 1992. Laboratory evaluation of Brazilian *Mesocyclops* (Copepoda, Cyclopidae) for mosquito control. *J. Med. Entomol.*, 29: 599-602.
- Kolisko R. A. 1974. Plankton Rotifers Biology and Taxonomy. E. Schweizerbart-sche, Stuttgart. 148 p.

- Koste W. 1978. Rotatoria. Die Radartiere. Mitteleuropas. Gebr. Borntraeger, Berlin. Stuttgart: 1, 673. 234 platten.
- Koste W. & K. Böttger. 1989. Rotatorien aus Gewässern Ecuadors. Amazoniana 10: 407-438.
- Koste W. & S. José de Paggi. 1982. Rotifera of the superorder Monogononta recorded from Neotropics. *Gewass. Abwass.*, Berlin, 68/69:71-102.
- Krebs C. J. 1989. Ecological methodology. Harper and Row, New York. 654 p.
- Kuczynska-Kippen N. 2000. Seasonal changes of the rotifer community in the littoral of a polymictic lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 2964–2967.
- Lampert W. 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. *Funct.Ecol.*, 3: 21-27.
- Lewis Jr. W. 1983. Tropical Limnology. *Ann Rev ecol syst* 18: 159-184.
- Lewis W. M. 1974. Primary production in the plankton community of a tropical lake. *Ecol. Monogr.* 44: 377 – 409.
- Likens G.O & N. Bormann. 1985. An Ecosystem approach to aquatic ecology. Mirror lake and its environment., G.E. Likens, ed., 1044.
- Maclsaac H. J. & J. J. Gilbert, 1991. Discrimination between exploitative and interference competition between Cladocera and *Keratella cochlearis*. *Ecology* 72: 924–937.

- Margalef R. 1974. Ecología. Barcelona: Omega. 950 p.
- Margalef R. 1983. Limnología. Barcelona: Omega. 1010 p.
- Magurran A. E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- Marten G. G., R. Astaiza, M. F. Suárez; C. Monje & J. W. Reid. 1989. Natural control of larval *Anopheles albimanus* (Diptera, Culicidae) by predator *Mesocyclops* (Copepoda, Cyclopidae). *J. Med. Entomol.*, 26: 624-7.
- Martin M. T. 1995. Regulación por nutrientes del crecimiento del fitoplancton estuarino. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Meglitsch P. 1986. Zoología de los invertebrados. Segunda edición. Blume, Madrid.
- Mitrovich C., A. Gamundi, J. Juárez & M. Ceraolo. 2005. Características limnológicas y zooplancton de cinco lagunas de La Puna - Argentina. *Ecología en Bolivia*, 40 (1): 10-24.
- Miyashiro A.S. & C. C. Bonecker. 2004. The art status of rotifer studies in natural environments of South America: floodplains. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 26(4): 385-406.
- Monroy G. 2003. Variación espacio temporal de la biomasa de los crustáceos planctónicos del lago de Tota Boyacá Colombia.

- Moreno C. Métodos Para Medir la Biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Gorfi, S.A., Zaragoza España. 41, 43. 2001.
- Moss B. 1980. Ecology of Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, p 50 - 51.
- Nielsen C. 2001. Animal Evolution. Oxford University, United Estates. 563 p.
- Nogrady T., R. L. Wallace, & T. W. Snell. 1993. Rotifera, Volumen 1: Biology, Ecology and Sistematics. En Dumont, H.J. Ed. 1993. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. SPB Academic Publishing bv. The Hague. 142 p.
- Odum E. P. 1972. Ecología. 3ª ed. México Editorial Interamericana. 639 p.
- Paggi J. 1995. Crustacea Cladocera. En: Ecosistemas de Aguas continentales, Metodologías para su estudio. Tomo III. Lopretto & Tell. (Ed). Ediciones Sur, República de Argentina.
- Payne A. 1986. The ecology of tropical lakes and rivers., John Wiley & Sons, Londres.
- Pennak R.W. 1989. Fresh water invertebrates of the Unite States. Ronald Press. New York. 803 p.
- Pérez A. 1976. Tota... más que un lago es un conflicto. Una síntesis de sus problemas físicos, económicos, sociales y políticos relativos a su aprovechamiento. Editorial Stella. Colombia.

- Pinilla G. A. 2006. Evaluación de la eficiencia fotosintética del fitoplancton en un lago amazónico (Lago Boa) y en un lago andino (Lago Guatavita). *Acta Amazónica*, 36(2) 2006: 221 – 228.
- Pivoda B. 1977. Migration of planktonic rotifers in Lunzer Obersee (Austria). *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol*, 8: 50-52.
- Pourriot R. & M. Meybeck. 1995. *Limnologie Generale*. Mason. 956 p.
- Ramos-Rodríguez E. & M. J. Conde-Porcuna. 2003. Variación espacio-temporal de la fecundidad de *Keratella cochlearis* (Rotifera) en un embalse meso-eutrófico: Importancia relativa del alimento y de la depredación por copépodos. *Limnetica* 22(3-4): 9-18.
- Rojas M, & M. Díaz. 1997. Implementación de un SIG para el diagnóstico del Lago de Tota y posibles alternativas para su recuperación. Universidad de los Andes - Colombia.
- Rodríguez C. 2003. Cambios en la estructura de la comunidad de rotíferos en el lago Yahuaraca. Planicie de inundación del Río Amazonas. Trabajo de grado (Biólogo). Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C. 122 p.
- Rodríguez A. P. 2008. Diversidad de copépodos y cladóceros (crustáceos) en 4 lagos andinos de Colombia en relación con la estabilidad de la temperatura y el oxígeno disuelto. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.
- Rocha O. & T.M. Tundisi. 1976. Atlas do zooplankton (Represa do Broa, São Carlos. Centro de Ciencias e Tecnologia, Departamento de Ciencias Biológicas. 1:1-67.

- Roldán G. 1992. Fundamentos de limnología tropical. Medellín: Editorial universidad de Antioquia. 529 p.
- Rothhaupt O. K. 1995. Algal nutrient limitation affects rotifer growth rate but not ingestion rate. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, 40(7):1201-1208.
- Rüttner-Kolisko A. 1974. Plankton rotifers. Biology and taxonomy. Suppl. Die Binnengewässer. Schweizerbart'sch Verlagsbuchlandlung, Stuttgart, Germany.
- Rüttner-Kolisko A. 1975. The vertical distribution of plankton rotifers in a small alpine lake with a sharp oxygen depletion (Lunzer Obersee). *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 19: 1286-1294.
- Samanez I. & C. Riofrío. 1995. Composición de la fauna de rotíferos y su relación con las macrofitas acuáticas en una laguna fluvial, Ucayali. *Publ. Mus. Hist. Nat. UNMSM*, Lima, 50: 20-30.
- Sánchez P & E. Mesa. 2001. Taller de aplicaciones de bioestadística en ecología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Santos L. U. dos, Survey of cyclopids (Crustacea, Copepoda) in Brazil and preliminary screening of their potential as dengue vector predators. *Rev. Saúde Pública*, **31(3)**: 221-6, 1997.
- Schreiber D. 2000. Body size, food availability and seasonal rotifer community structure in Deer Lake, British Columbia. Thesis for Master of Science. University of British Columbia. 106 p.
- Seclerck S., M. Vanderstukken, A. Pals, K. Muylaert & I. de Meester. 2007. Plankton biodiversity along a gradient of productivity and its mediation by macrophytes. *Ecology*, 88(9): 2199–2210.

- Segers H. 1995. Rotifera. Volume 2: The Lecanidae (Monogononta). Pags 226 en : Dumont H.J.F. (Ed.) Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. SPB Academic Publishing by The Hague.
- Segers H. & S. S. S. Sharma. 1993. Notes on some new or little known Rotifera from Brazil. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 26: 175-185.
- Segers H., N. Wadiaro, & H. Dumont. 1993. Rotifera of some lakes in the floodplain of the River Niger (Imo State Nigeria). II Faunal composition and diversity. *Hydrobiologia* 250: 63-71.
- Stewart L. J. & D. G. George, 1987. Environmental factors influencing the vertical migration of plankton rotifers in a hypereutrophic tarn. *Hydrobiologia*, 147: 203-208.
- Suarez M.F., D. Ayala; M.J. Nelson, J.W. reid. 1984. Hallazgo de *Mesocyclops aspericornis* (Daday) (Copepoda, Cyclopidae) depredador de larvas de *Aedes aegypti* en Anapoima-Colombia. *Biomédica*, 4: 74-6.
- Sudzuki M. 1959. New Systematicall Aproach to the Japanese Planktonic Rotatoria. Symposium Limnologorum, Tokyo. 120 p.
- Stewart L. J. & D. G. George, 1987. Environmental factors influencing the vertical migration of plankton rotifers in a hypereutrophic tarn. *Hydrobiologia*, 147: 203-208.
- Streit B., T. Stödler & C. M. Lively .1997. Evolutionary Ecology of Freshwater Animals: Concepts and Case Studies. Birkhauser Verlag. 366 p.

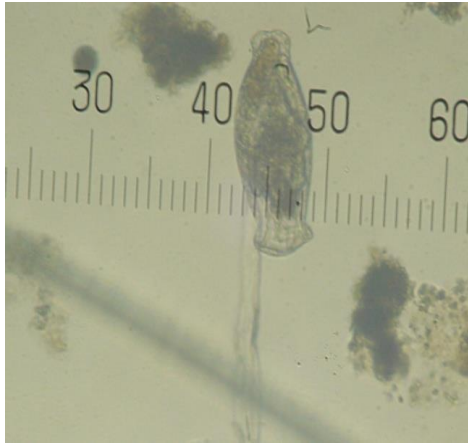
- Tan, L. W. & R. J. Shiel. 1993. Responses of billabong rotifer communities to inundation. *Hydrobiologia.*, 255/156: 361-369.
- Vásquez G. L. 2001. Significado y alcances en la determinación y análisis de parámetros físico – químicos y biológicos fundamentales. Universidad del Cauca. 50p.
- Vargas A. 1996. Estructura y dinámica de la comunidad planctónica de algunos lagos y meandros del río Igará-Paraná (La Chorrera, Amazonas). Tesis Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- Vargas T. 1997. Inventario Preliminar de los Macroinvertebrados Bentónicos en el Río Quindío y la Quebrada Cristales. Corporación Autónoma Regional del Quindío (C.R.Q.). 34p.
- Vásquez E. & J Rey. (1989) A longitudinal study of zooplankton along the Lower Orinoco River and its Delta (Venezuela). *Annls Limnol.*, 25(2), 107-120.
- Vélez-Alegría H. A. 2008. Diversidad alfa y beta de rotíferos limneticos en las dimensiones longitudinal y temporal de los lagos Amazónicos Yahuaraca y Yavari. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Cauca, Popayán. 101 p.
- Vollenweider R. 1968. Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication. OECD Reporte. 192 pp.
- Wetzel R. G. 1981. Limnología. Omega, Barcelona. 696 p.
- Williamson C. E. 1983. Invertebrate predation on planktonic rotifers. *Hydrobiologia.*104: 385-396.

- Williamson C.E. & N. M. Butler. 1986. Predation on rotifers by the suspension-feeding Calanoid copepod *Diaptomus pallidus*. *Limnol. Oceanogr.*, 31(2): 393-402.
- Williamson C. E. & R. E. Magnien. 1982. Diel vertical migration in a *Mesocyclops edax*: Implications for predation rate estimates. *J. Plankton Res.*, 4: 329-339.
- Zapata-Anzola A.M., C.A. Rivera-Rondón & J. Ch. Donato-Rondón. 2006. Dynamics of photosynthetic pigments in an Andean lake in Colombia. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 11(1): 29 – 38.
- Zaret T. M., A. H. Devol & A. Dos Santos. 1981. Nutrient addition experiments in lake Jacarétinga. Central Amazon Basin, Brazil. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.*, 21, 721- 724.

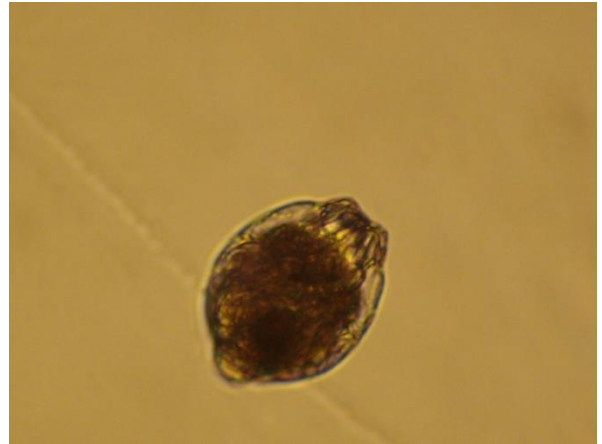
ANEXO

**FOTOGRAFÍAS DE LOS ROTÍFEROS
HALLADOS EN LA LAGUNA DE TOTA**

Anuraeopsis fissa 40X



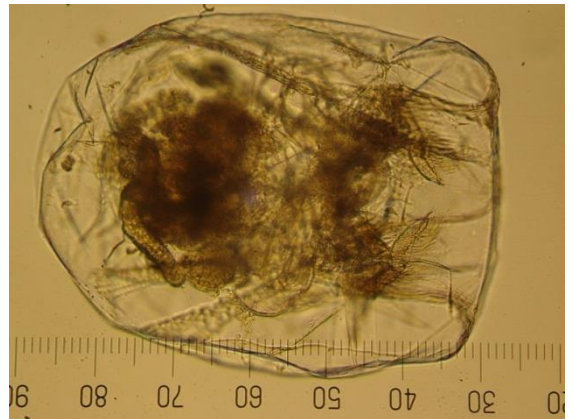
Ascomorpha ecaudis 10X



Ascomorpha ecaudis 40X



Asplanchna girodi 10X



Bdelloidea 10X



Collotheca sp. 10X



Epiphanes clavátula 10X



Filinia longiseta 40X

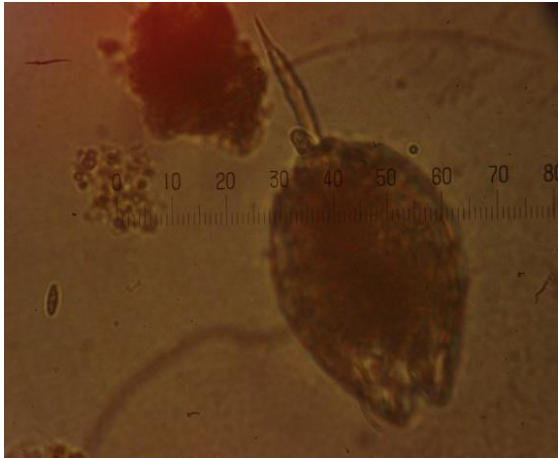


Hexartra intermedia braziliensis 10X



Keratella cochlearis 10X

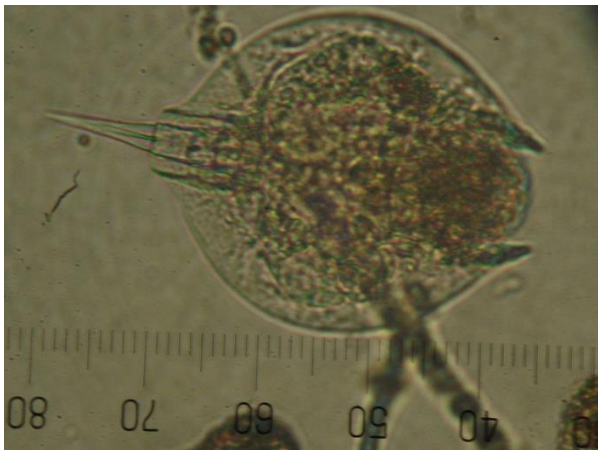




Lecane bulla 10X



Polyarthra vulgaris 10X



Lepadilla ovalis 40X



Ptygura barbata 40X