



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
(LIMNOLOGÍA)**

VARIACIÓN ESTACIONAL DE ROTÍFEROS MONOGONONTOS (ROTIFERA) EN LA ZONA LITORAL DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA CANTERA ORIENTE (MÉXICO D.F.) DURANTE 2013-2014

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE :
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

BIÓL. SERGIO GONZÁLEZ GUTIÉRREZ

TUTOR PRINCIPAL:

**DR. SINGARAJU SRI SUBRAHMANYA SARMA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA (UNAM)**

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL:

**DRA. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA (UNAM)**

**DR. MARCELO SILVA BRIANO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA**

**DR. ALFONSO LUGO VÁZQUEZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA (UNAM)**

**DR. MARTÍN MERINO IBARRA
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA (UNAM)**

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Variación estacional de Rotíferos Monogonontos
(Rotifera) en la zona litoral de los cuerpos de agua de la
Cantera Oriente (México D.F.) durante 2013-2014**

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

(Limnología)

Presenta:

Biól. Sergio González Gutiérrez

Director de Tesis:

Dr. Singaraju Sri Subrahmanya Sarma

Comité Tutorial:

Dra. Elizabeth Ortega Mayagoitia

Dr. Marcelo Silva Briano

Dr. Alfonso Lugo Vázquez

Dr. Martín Merino Ibarra

México, D.F. Noviembre 2015

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala: Por permitirme seguir siendo parte de la máxima casa de estudios de México, por el orgullo y responsabilidad que eso representa y por la formación y conocimientos que me han brindado.

Al Dr. Singaraju Sri Subrahmanya Sarma: Por dirigir exitosamente este trabajo, por seguir compartiendo y fomentando el interés, el gusto y la pasión por la investigación de una manera excepcional y única.

A los integrantes del comité tutorial: Dra. Elizabeth Ortega, Dr. Marcelo Silva Briano, Dr. Alfonso Lugo Vázquez y Dr. Martín Merino Ibarra: Por sus valiosos y acertados comentarios en cada etapa de la realización de este trabajo, por el tiempo dedicado a la mejora del mismo y por la confianza otorgada a mi persona.

A la Dra. Nandini Sarma por su confianza y apoyo brindados para la mejora de este trabajo.

Al Laboratorio de Zoología Acuática de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Al Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Al Hidrobiólogo Sergio Castillo Sandoval: Por todas las enseñanzas tanto en campo como en el laboratorio, por la gran ayuda brindada para la elaboración de este trabajo y por tu sincera amistad y confianza.

Al Dr. Jorge Ramírez Zierold: Por tu actitud hacia la vida, por alegrar cada segundo cuando se está haciendo ciencia, por el gusto de hacer bien las cosas y por tu gran amistad.

Al Biól. Francisco Martínez Pérez: Por su total apoyo, por todas las facilidades y el gran interés brindados para efectuar los muestreos en La Cantera Oriente.

Al gran equipo de trabajo de la Coordinación del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología: Dra. Gloria Vilaclara, M. en C. Diana Juárez, Chantal Ruíz, Guadalupe Godoy y Gabriela Almaraz.

A mis maestros y a mis compañeros del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Agradecimientos

A mi madre: Gracias a ti ha sido posible un logro más de mi persona, por tu motivación, alegría, interés y respaldo en todo momento, por ser siempre el mejor ser humano, porque lo mejor de mi persona, es el reflejo de lo que he aprendido a tu lado.

A María del Carmen: Por todo lo que hemos compartido en esta vida, por los consejos y las interminables conversaciones, por el incondicional respaldo en todo momento.

A Alejandro Arana: Por ser una persona indispensable en mi vida, por tener siempre tan acertados comentarios sobre cualquier tema, por compartir siempre una sonrisa.

A Mónica Alexandra: Por todos los momentos a tu lado, por tu confianza y tu amistad, por el placer de saber que siempre cuento contigo.

A la Familia Arámbula Sánchez: Por su interés y apoyo en todo momento.

A mis compañeros y amigos del laboratorio: Alma Núñez, Aurora Martínez, Aurora Vázquez, Gisela Gómez, Meetztlí Valencia, Michael Figueroa, Ligia Rivera, Rosa Moreno, Saida Zúñiga, Aldo Fuentes, Alfredo Pérez, Antonio Jiménez, César Zamora, Gerardo García, Manuel Muñoz, Ricardo Reyes: Por todos los momentos que hemos compartido juntos y todo el apoyo que me han brindado.

A Cristian Espinosa y a Jorge Jiménez: Por el interés de ayudar en todo momento, por sus comentarios puntuales y críticos para la mejora de este trabajo, por su gran amistad, por su confianza, por todas las pláticas científicas, por el gusto de hacer ciencia y por la motivación de buscar la perfección dentro de cada gota de agua.

Al inmejorable equipo de trabajo en campo: Alfa Santoyo, Alma Núñez, Aurora Martínez, Iris García, Joanna Quintero, Ligia Rivera, Mariana Solís, Michelle Solís, Stephany Vázquez, Yandelín López, Adán Jiménez, Antonio Jiménez, Cristian Espinosa, Giovanni Jiménez, Jorge Jiménez, Oscar Monzón y Ricardo Reyes.

A la Dra. Elvia Lucía Pavón Meza y al M. en C. Josué Morlán Mejía: Por su valiosa contribución en la mejora de esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: Por la beca otorgada para los estudios de maestría N°563067.

*“Ille hic est Raphael,
timuit quo sospite vinci,
rerum magna parens et
moriente mori”*

Pietro Bembo

Índice

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	9
ANTECEDENTES	10
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL:	15
OBJETIVOS PARTICULARES:	15
ÁREA DE ESTUDIO	16
MATERIALES Y MÉTODOS	20
MUESTREO EN CAMPO	20
ZOOPLANCTON	20
VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS <i>IN SITU</i>	20
NUTRIENTES	21
VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS <i>EX SITU</i>	21
TRABAJO EN LABORATORIO	21
NITRATOS Y FÓSFORO REACTIVO DISUELTO	21
DETERMINACIÓN TAXONÓMICA	22
DENSIDAD POBLACIONAL	22
DIVERSIDAD DE ROTÍFEROS	23
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	23
RESULTADOS	24
RIQUEZA ESPECÍFICA	24
DOMINANCIA DE ESPECIES	30

DENSIDAD POBLACIONAL	37
DIVERSIDAD	43
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y NUTRIMENTOS	46
TEMPERATURA (FIG. 22).....	46
CONDUCTIVIDAD (K ₂₅) (FIG. 23).....	46
OXÍGENO DISUELTO (FIG. 25)	47
TURBIDEZ (FIG. 26)	47
CLOROFILA A (FIG. 27).....	47
PH (FIG. 28).....	48
DUREZA TOTAL (FIG. 29)	48
ALCALINIDAD TOTAL (FIG. 30)	48
NITRATOS (FIG. 31).....	49
FÓSFORO REACTIVO DISUELTO (FRD) (FIG. 32).....	49
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	61
<u>DISCUSIÓN.....</u>	<u>67</u>
<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>79</u>
<u>LITERATURA CITADA.....</u>	<u>80</u>
<u>APÉNDICE</u>	<u>93</u>



Resumen

La Cantera Oriente (CO) es un área protegida localizada dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y que cuenta con un sistema de lagos poco profundos que hacen del sitio un lugar único con alta importancia biológica en toda la Ciudad de México. El objetivo del presente estudio fue analizar la diversidad de Rotíferos de la Clase Monogononta en la zona litoral de los cinco cuerpos de agua. Los muestreos se realizaron mensualmente a lo largo de un año (Septiembre 2013 – Agosto 2014). Se midieron también las variables fisicoquímicas seleccionadas de temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza, turbidez, nitratos, fosfatos y clorofila *a*. Las muestras de zooplancton se obtuvieron filtrando 80 L de agua de los lagos a través de una red con apertura de malla de 50 μm y se fijaron con formol al 4%. Los rotíferos se identificaron hasta el nivel de especie mediante claves especializadas y se cuantificaron utilizando una Cámara de Sedgewick-Rafter. El Índice de diversidad de Shannon-Wiener tuvo un promedio anual de 2.69 Bits/Ind con valores entre 1.09 Bits/Ind y 3.66 Bits/Ind. Se identificaron 68 especies de rotíferos incluidas en 3 órdenes, 15 familias y 26 géneros. Las especies que presentaron las mayores abundancias en general en todos los cuerpos de agua fueron: *Brachionus quadridentatus*, *Colurella uncinata*, *Keratella cochlearis*, *Lecane closterocerca*, *L. lunaris*, *Lepadella patella*, *Polyarthra vulgaris*, y *Trichocerca pusilla*. De acuerdo a los análisis de correspondencia canónica, los parámetros fisicoquímicos más relacionados con las especies dominantes fueron la temperatura, el pH y las concentraciones de nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto y clorofila *a*. Los lagos presentaron diferentes estados tróficos, variando desde oligotrófico hasta eutrófico. La diversidad de especies encontrada fue alta ya que la CO cuenta con cerca del 80% de todos los rotíferos reportados para el Distrito Federal por lo tanto este estudio contribuye a enriquecer el inventario biológico del sitio y a brindar información sobre las variables fisicoquímicas medidas en los cuerpos de agua.



Abstract

La Cantera Oriente is a protected area located within the Ecological Reserve of San Angel Pedregal (Mexico City) and has a system of shallow lakes making the site a unique place of great biological importance. The aim of this study was to analyze the diversity of rotifers in the littoral zone of the five interconnected waterbodies. Monthly zooplankton samples were taken for one year (September 2013 – August 2014). Selected physico-chemical variables (temperature, conductivity, pH, dissolved oxygen, alkalinity, hardness, turbidity, nitrates, phosphates and chlorophyll *a*) were also measured at the time of sampling. Zooplankton samples were obtained by filtering 80 L of lake water using 50 μ m plankton net and fixed in 4% formalin. Rotifers were identified to species level using appropriate identification keys and the quantification was done using a Sedgewick Rafter counting chamber. Shannon-Wiener diversity index varied from 1.09 to 3.66 with an annual mean of 2.69. We encountered 68 rotifer species representing 26 genera and 15 families. *Brachionus quadridentatus*, *Colurella uncinata*, *Keratella cochlearis*, *Lecane closterocerca*, *L. lunaris*, *Lepadella patella*, *Polyarthra vulgaris*, and *Trichocerca pusilla* showed the highest abundance in all five waterbodies. Canonical correspondence analysis (CCA) revealed that the most related physico-chemical variables with the dominant rotifer species were temperature, pH, dissolved oxygen, nitrates, phosphates and chlorophyll *a*. The trophic status of the lakes varied from oligotrophic to eutrophic. Rotifer diversity was high containing about 80% of all reported rotifer species from Mexico City. This study contributes to enrich the zooplankton inventory of this site and provides information on selected physico-chemical variables of the waterbody which form a baseline for future studies.



Introducción

Por su ubicación geográfica, México presenta una amplia variedad de climas que, junto con los procesos geomorfológicos, determinan la distribución y el tamaño de los ríos y lagos en una forma irregular (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010). Aunque se conocen cerca de 14,000 cuerpos de agua en el país, más del 80% de éstos tiene una superficie menor a 10 hectáreas y sólo sobresalen 70 lagos con un área superficial entre 1,000 y 10,000 hectáreas; aunque se debe señalar que la actividad humana y los cambios en el clima de cada región generan que la cantidad y calidad de los reservorios de agua disminuya (De la Lanza y García-Calderón, 2002); por ejemplo, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), los principales usos del agua en México son de tipo agrícola, doméstico, industrial e hidroeléctrico, por lo que en los últimos 30 años han decrecido los niveles de agua en los lagos pues, aunque cada año se reciben aproximadamente 1.5 mil millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, más del 70% de ésta se evapora, 22% se infiltra hacia ríos o arroyos y sólo un poco más del 6% recarga los cuerpos de agua (CNA, 2014).

Considerando su distribución, se sabe que el 80% del agua dulce en México se encuentra en cuerpos de agua ubicados a menos de 500 metros sobre el nivel del mar y sólo el 5% del agua dulce se encuentra a más de 2,000 msnm (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010); razón por la cual, se han creado áreas naturales protegidas, tanto en el ámbito federal, como estatal, municipal y voluntario, con la finalidad de asegurar que funcionen como áreas de recarga de acuíferos (CNA, 2014).

Una de esas áreas naturales protegidas es la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, en Ciudad Universitaria (REPSA); ésta área se originó debido a la consolidación de los flujos de lava expulsados por el volcán Xitle hace aproximadamente $1,670 \pm 35$ años; los derrames descienden desde una altura de 3,000 msnm hasta los 2,240 metros en la parte lacustre del Valle (Siebe, 2009).



La REPSA fue creada en 1983 con la finalidad de proteger los últimos vestigios de un ecosistema único en el mundo, de gran riqueza biológica y que se encuentra al borde de la extinción y posteriormente, con la intención de tener una zona de recuperación ecológica, la Cantera Oriente fue creada en el mes de marzo de 1996 (Peralta y Prado, 2009).

La REPSA se encuentra bajo la protección de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), es una reserva natural localizada en medio de una gran zona urbana y es única en su tipo debido a la gran biodiversidad con la que cuenta, a sus orígenes geomorfológicos y a que es considerada un gran laboratorio natural para el estudio de procesos sucesionales y evolutivos de las comunidades que ahí habitan; tiene una extensión de 237 ha lo cual representa el 33% del área total de Ciudad Universitaria (Lot y Camarena, 2009). Actualmente es uno de los pocos ecosistemas naturales del sur del Valle de México y es considerado un patrimonio importante del Distrito Federal (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009).

La Cantera Oriente (CO), por su parte, corresponde a la Zona de Amortiguamiento A3 de la REPSA; las zonas de amortiguamiento se definen como áreas de la Reserva Ecológica sujetas a uso restringido para protección ambiental; por otra parte, debido a los antecedentes y características singulares de índole paisajística y presencia de ambientes acuáticos, representa un refugio de la biota de la Cuenca de México, diferente a la del matorral xerófilo mayormente caracterizado en la zona del pedregal, otorgándole un valor especial para ser considerada parte de la Reserva Ecológica de la Universidad (Lot, 2007).

Se trata de un terreno en Ciudad Universitaria junto a la avenida Delfín Madrigal el cual fue utilizado durante muchos años para la extracción de roca basáltica para construir las calles del Distrito Federal y posteriormente fue usado como depósito de escombros del terremoto de 1985, resultando altamente impactado desde el punto de vista ecológico (Ortiz *et al.*, 2007).



Existen varios cuerpos de agua en la CO y la influencia que recibe de las zonas adyacentes tiene componentes variados y difíciles de evaluar por la diversidad de microambientes presentes en ella, en particular, los cuerpos de agua de la CO tienen influencias externas relacionadas con el origen del agua, la mezcla con el Vaso Regulador de la zona deportiva y las filtraciones, por lo tanto los cambios en los niveles de nutrimentos del agua y su distribución espacio-temporal hacen que la CO sea un ambiente altamente dinámico (Novelo *et al.*, 2009); sin embargo, se ha observado que la calidad del agua no es buena para el consumo humano debido a que se han encontrado bacterias y algas indicadoras de contaminación, sugiriendo la presencia de desechos urbanos (Nava-López *et al.*, 2009).

Aun cuando se sabe que el entendimiento del funcionamiento de los sistemas acuáticos y las interacciones entre las especies presentes puede ayudar a mejorar la capacidad para controlar invasiones biológicas (Dodds, 2002), florecimientos de algas tóxicas (Gross *et al.*, 2007), mantener la estética de cuerpos de agua y proteger los reservorios que suministran agua potable (Danielsdottir *et al.*, 2007), dentro del inventario disponible, no existen registros de las especies de rotíferos que se encuentran en los cuerpos de agua de la CO.

Desde un punto de vista ecológico, junto con los cladóceros y copépodos, los rotíferos forman un enlace importante en la cadena trófica de los sistemas acuáticos ya que son el eslabón entre productores primarios y consumidores secundarios (Wallace *et al.*, 2006). Los rotíferos conforman el Phylum Rotifera (Wallace y Snell, 2001) el cual es un grupo de invertebrados acuáticos y semiacuáticos microscópicos. Se conocen cerca de 2,000 especies a nivel mundial (Segers, 2008) y en México 300 especies aproximadamente (Sarma, 1999), es un grupo importante, tanto para la investigación descriptiva como para la aplicada y al tener una amplia distribución, alta diversidad y ser comunes en los cuerpos de agua, son importantes para entender las estrategias alimenticias y para utilizarlos en acuicultura ya que son altamente nutritivos para los juveniles de peces y otras especies de interés comercial (Sarma *et al.*, 2009).



La ecología de las comunidades de rotíferos involucra relaciones entre sus poblaciones y el entorno común; se sabe que los hábitats acuáticos no son uniformes, tanto la temperatura como el nivel de oxígeno en el agua, la cantidad de luz disponible y el pH son factores físico-químicos de suma importancia en las variaciones espaciotemporales (Wetzel, 2001), ya que influyen en las grandes variaciones en las concentraciones de alimento, la distribución de los depredadores y la cantidad de vegetación y su distribución (Duggan, 2001).

El Phylum Rotifera se divide en dos clases: Pararotatoria (Orden Seisonacea) y Eurotatoria, el cual presenta dos subclases: Bdelloidea y Monogononta (Segers, 2002). La gran mayoría de los rotíferos pertenecen a la Subclase Monogononta (Nogrady *et al.*, 1993) con cerca de 1600 especies conocidas en todo el mundo y se caracterizan por poseer un solo ovario, un mástax no ramado y por la presencia o ausencia de lórica (Pennak, 1989; Wallace *et al.*, 2006).

Presentan cambios reversibles en su forma, como el aumentar o disminuir el tamaño de sus espinas y apéndices debido a las condiciones del medio ya sea por la presencia de depredadores o por competencia por alimento, esto se denomina ciclomorfosis (Ruttner-Kolisko, 1974), también presentan otro fenómeno llamado criptobiosis, presente sólo en rotíferos bdelloideos, el cual consiste en que al existir condiciones extremas en el ambiente, los organismos suspenden sus procesos metabólicos hasta que éstas sean nuevamente favorables (Nogrady *et al.*, 1993).

El período de vida de los rotíferos es aproximadamente de 15 días (Wallace y Snell, 2001); la gran mayoría de los rotíferos monogonontos son hembras y se reproducen por partenogénesis cíclica (heterogonía) prevaleciendo la reproducción asexual y sólo bajo ciertas condiciones se presenta la reproducción sexual (Nogrady *et al.*, 1993). En general se encuentran hembras amícticas las cuales se reproducen partenogénicamente produciendo huevos diploides, por otro lado al haber un cambio en el ambiente como variaciones en la temperatura o la disponibilidad de alimento se forman huevos haploides que al no ser fertilizados dan origen a los machos (Ruttner-Kolisko, 1974).



Los rotíferos presentan simetría bilateral, son pseudocelomados, no tienen segmentaciones en el cuerpo y su cuerpo es alargado, relativamente cilíndrico, el cual se puede dividir en tres partes: Cabeza, tronco y pie; miden entre 50 y 2,000 μm aunque algunas especies llegan a medir un poco más, son eutélicos ya que siempre presentan la misma cantidad de células en su organismo la cual es aproximadamente de 1,000; por otro lado la gran mayoría de los rotíferos son de vida libre aunque los adultos de muchas especies viven adheridos a la vegetación y aunque en general son solitarios, algunas especies viven en colonias (Wallace *et al.*, 2006).

Poseen dos características distintivas: La primera, en la parte apical también conocida como cabeza se localiza una región ciliada llamada corona la cual es usada para la locomoción y la captura de alimento y, la segunda, una faringe muscular denominada mástax, la cual posee una serie de complejas mandíbulas llamadas trofi (Pennak, 1989; Ruppert y Barnes, 1996; Wallace *et al.*, 2006) y su forma es muy importante para la correcta identificación y clasificación taxonómica de los rotíferos ya que presenta modificaciones de acuerdo a sus hábitos alimenticios y su modo de vida (Fontaneto *et al.*, 2008). Se conocen nueve tipos diferentes de trofi (Ver Apéndice), separados con base en el tamaño y forma de los elementos que los conforman (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998).

Los rotíferos no poseen órganos respiratorios, respiran por medio de la superficie de su cuerpo y viven entre la vegetación acuática en las zonas litorales de los lagos, presas, estanques, ríos y canales (Sarma *et al.*, 2009). Existen muchas especies que aparentemente no tienen preferencia por ninguna época y son encontradas durante todo el año aunque sus densidades poblacionales sean bajas ya que apenas sobreviven esperando que las condiciones mejoren (Nogrady *et al.*, 1993). Sin embargo, pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del agua ya que presentan una respuesta muy rápida a los cambios en el ambiente y una tolerancia muy baja a los tóxicos (Sládeček, 1983; Elías-Gutiérrez y Sarma, 1998).



De ahí la importancia de realizar inventarios biológicos, aún en sitios perturbados ambientalmente, ya que aportan datos sobre las condiciones particulares de hábitats y nichos ecológicos ocupados por especies clave en los procesos dinámicos de sucesión y evolución de las comunidades y, en consecuencia, para establecer acciones de manejo orientadas a la recuperación de especies nativas y al control de elementos introducidos (Lot, 2007).



Justificación

Existen en México cerca de 14,000 cuerpos de agua (De la Lanza y García-Calderón, 2002), aunque la cantidad de estudios sobre zooplancton en los cuerpos de agua es escasa y, aún menor es el número de trabajos sobre abundancia y diversidad de rotíferos en periodos iguales o mayores a un año.

La Cantera Oriente representa un sitio altamente impactado por haber sido una fuente de extracción de material durante varios años. Actualmente es una zona de uso restringido para protección ambiental y, sobresalen los cuerpos de agua permanentes que conforman el paisaje lacustre, bordeado por una pared de basalto de hasta 40 metros de altura (Lot, 2007).

A pesar de que se han realizado estudios sobre la flora y la fauna en el lugar, aún no se tienen registros de los rotíferos presentes, por lo tanto este trabajo pretende contribuir a enriquecer los listados taxonómicos del inventario del lugar, haciendo énfasis en la zona litoral, ya que presenta una alta diversidad en comparación con la zona pelágica (Ruttner-Kolisko, 1974; Lampert y Sommer, 1997).

Entender los factores que gobiernan en la riqueza de especies zooplanctónicas es una cuestión fundamental en Limnología, especialmente, el cómo funciona un ecosistema en relación a su biodiversidad. Los estudios que abordan este tema son de especial importancia dadas las preocupaciones actuales acerca de la pérdida de la biodiversidad con el cambio climático global (Nyman *et al.*, 2005).

Por otro lado, la información obtenida en la presente investigación tanto de los rotíferos como de los parámetros fisicoquímicos, será de gran ayuda en un futuro para poder darle continuidad al estudio del lugar y desarrollar nuevos trabajos, ya que ésta información es esencial para el manejo y conservación de los organismos y de los cuerpos de agua.



Antecedentes

En los cuerpos de agua epicontinentales habita una gran variedad de organismos, entre ellos se encuentra el plancton, el cual es la comunidad que vive flotando en la columna de agua y que no cuenta con la capacidad para desplazarse en contra de las corrientes de agua (Barnes y Mann, 1980) y está estrechamente relacionado con las características físicas y químicas del ambiente (Hutchinson, 1967). Los protozoos, rotíferos y microcrustáceos son los principales componentes de las comunidades de zooplancton en cuerpos de agua dulce (Nogrady *et al.*, 1993; Wetzel, 2001).

En México, el estudio de los rotíferos se remonta a la primera mitad del siglo XX. Diversos estudios tratan temas acerca de los rotíferos planctónicos en distintas regiones de México, principalmente en el centro, sur y sureste del país. Entre los más importantes se encuentran los de Sámano (1931, 1936), quien estudió diversas localidades de México, reportando varias especies de rotíferos en los lagos de Xochimilco y Chapultepec; describió también algunas otras en cuerpos de agua de Actopan, Hidalgo.

Ahlstrom (1932), estudió los rotíferos planctónicos del Río Grande de Santiago, del Lerma y del Salto de Valles, encontrando hasta 62 especies. Es una de las más importantes contribuciones en su tiempo al conocimiento de los rotíferos.

Brehm (1932), estudió taxonómicamente rotíferos provenientes de distintas regiones de Guatemala y México; Carlin-Nilson (1935) identificó 47 especies y variedades de rotíferos recolectados en el Estado de Veracruz, en Xochimilco y Texcoco. Hoffman y Sámano (1938) estudiaron la composición de la fauna de rotíferos en distintos cuerpos de agua en Oaxaca y Veracruz.



Ueno (1939) determinó 9 especies de rotíferos en el Lago de Chapala. Ahlstrom (1940), escribió acerca del género *Brachionus*, haciendo una descripción detallada de los organismos. Rioja (1940) estudió muestras del Lago de Pátzcuaro, reportando 11 especies. Osorio-Tafall (1942) publicó un trabajo en el que describe los rotíferos planctónicos de México registrando 122 taxa de rotíferos aportando información valiosa para el estudio taxonómico y distribucional de este grupo en la República Mexicana.

Por varios años el interés por el estudio de los rotíferos en México se mantuvo sin nuevas contribuciones hasta que Pourriot (1982) realizó una recopilación de la biota acuática planctónica de México.

Vilaclara y Sládeček (1989) realizaron un estudio en la ciudad de México y área metropolitana, describiendo más de 30 especies de rotíferos como indicadores de la calidad del agua y registraron a *Collotheca riverai* como una nueva especie para Valle de Bravo. Suárez *et al.* (1991) registraron siete especies y un género en la Presa J.A. Alzate mediante un estudio de la variación espacio temporal de la distribución y abundancia de rotíferos planctónicos durante un período anual. Silva-Briano y Segers (1992) reportaron una nueva especie: *Brachionus josefinae*.

Rico-Martínez y Silva-Briano (1993) realizaron un estudio en 32 cuerpos de agua a lo largo de los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Sonora, Tabasco y Zacatecas. Reportaron 96 especies, 41 de las cuales fueron nuevos registros para México.

Kutikova y Silva-Briano (1995) reportaron por primera vez la presencia de *Keratella mexicana* en Aguascalientes, al parecer muy común en el altiplano mexicano. Serranía (1996) recolectó muestra en ocho cuerpos de agua dentro de las cuencas de los ríos Lerma y Pánuco en el centro de México; registrando 86 especies de estos organismos, siendo 26 nuevos registros para el país.

Sarma *et al.* (1996) realizaron un estudio sobre la fauna de rotíferos en los Lagos del Sol y la Luna, localizados en el cráter del volcán Nevado de Toluca encontrando 35 taxa de los cuales 11 eran nuevos registros para el país.



Sarma y Elías-Gutiérrez (1997) realizaron un estudio en ocho localidades de México determinando 123 taxa de rotíferos monogonontos, 28 de ellos fueron nuevos registros y posteriormente (1998), encontraron en un pequeño cuerpo de agua en Jilotepec, Estado de México, 78 especies de las cuales 20 fueron nuevos registros para México. Flores *et al.* (1998) reportaron 53 especies en un estudio preliminar de la fauna de rotíferos en Xochimilco, siendo la primera vez que *Brachionus durgae* se reportó en México.

Uicab-Sabido (1998) determinó 26 especies de rotíferos de tres cenotes en Yucatán. Por otro lado Sarma y Elías-Gutiérrez (1999) determinaron 102 especies de rotíferos en el centro y sur de Quintana Roo, obteniendo 15 nuevos registros para el país. Ese mismo año también registraron 110 especies y 9 géneros de rotíferos en cuatro localidades del centro de México en el estado de Michoacán, presentando 29 especies como nuevos registros para México. Sarma (1999) realizó una recopilación de los trabajos realizados hasta ese año en México acerca de rotíferos, reportando 283 especies para el país. Sarma *et al.* (2000) reporta 37 especies en un análisis de la Laguna de Mechoacán, Tabasco; cinco de ellas fueron nuevos registros.

Sarma y Martínez-Figueroa (2000) reconocen 19 especies de rotíferos en el Estanque del Parque Tezozomoc en la Ciudad de México. Los autores mencionan que especies como *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Cephalodella catellina*, *Polyarthra vulgaris* y *Filinia longiseta* son las de mayor importancia en el sitio debido a la alta abundancia que presentan.

En la zona central del país se localiza la Presa de Valle de Bravo en el Estado de México. Ramírez-García *et al.* (2002) observaron las variaciones del zooplancton en la Presa y hallaron un total de 16 familias y 25 especies de rotíferos, entre las que destacan *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca capucina*, *T. similis*, *Asplanchna priodonta* y *Synchaeta pectinata*.



Rico-Martínez *et al.* (2003) actualizaron y revisaron la lista de rotíferos del Lago de Chapala, Jalisco; reportaron 57 especies siendo 15 de ellas la primera vez que aparecen en ese sitio. García-Morales y Elías-Gutiérrez (2004) registraron 128 especies de rotíferos analizando muestras de zonas litorales y pelágicas de 36 sistemas acuáticos en los Estados de Veracruz, Chiapas, Tabasco y Yucatán.

Nandini *et al.* (2005) Llevaron a cabo un estudio de variaciones estacionales a lo largo de un año de muestreos en el Lago de Xochimilco, Ciudad de México. Identificaron más de 60 especies representando 19 familias. Los géneros más comunes fueron *Brachionus*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Trichocerca*, *Filinia* y *Asplanchna*.

Serranía (2006) realizó un estudio del análisis taxonómico de rotíferos recolectados en la zona litoral de 19 cuerpos de agua a lo largo de cinco diferentes Estados de la República Mexicana (Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Ciudad de México y Morelos. Reportó un total de 160 taxa de los cuales cinco fueron nuevos registros para México. Nandini *et al.* (2008) reportaron 14 géneros y 27 especies de rotíferos en la Presa de Valle de Bravo, siendo las especies *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Trichocerca similis* las más abundantes durante un período anual de estudio.

Silva-Briano *et al.* (2007) describieron la nueva especie *Brachionus araceliae* (encontrada en el Estado de Aguascalientes), basándose tanto en la morfología general de la hembra, la cual presenta seis espinas anteriores que difieren de cualquier otra especie o variedad de *Brachionus bidentatus* como en la morfología del macho.

Sarma *et al.* (2009) describieron 210 especies de rotíferos de aguas epicontinentales del Estado de México y a lo largo del río Lerma-Santiago abarcando el estado de Michoacán.



Jiménez-Contreras *et al.* (2009), mencionaron la presencia de 23 especies de rotíferos para la Presa de Valle de Bravo, de las cuales *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca elongata* y *Anuraeopsis fissa* presentaron las mayores abundancias.

Enríquez-García (2009) reporta que en Lago Huetzalin (Xochimilco) encontró 42 especies de rotíferos siendo las familias Brachionidae y Lecanidae las que presentaron mayor número de especies y por otro lado *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus*, *Lepadella patella*, *Lecane bulla*, *L. clostercerca* y *Polyarthra vulgaris* estuvieron presentes durante todo el ciclo anual del estudio.

Aguilar (2013) reportó un total de 38 especies de rotíferos para la Presa Iturbide en el Estado de México, siendo las especies dominantes: *Keratella cochlearis*, *Trichocerca similis*, *Polyarthra vulgaris* y *Pompholyx sulcata*.

Muñoz-Colmenares (2014) realizó un estudio de la diversidad de rotíferos monogonontos en zonas litorales en el Lago de Zempoala, Estado de Morelos. Encontró 64 especies, de las cuales 19 fueron dominantes.

Figuroa-Sánchez (2015) llevó a cabo un estudio de la estructura de la comunidad zooplanctónica en la Presa Madín y el Lago de Zumpango, Estado de México. Reportó 32 especies de rotíferos en el primer sitio y 33 especies en el segundo, mostrando que las familias más representadas fueron Brachionidae y Lecanidae.



Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar la riqueza taxonómica y diversidad de Rotíferos Monogonontos durante un ciclo anual (2013 - 2014) en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente, México D.F.

Objetivos Particulares:

- Conocer la riqueza de especies de rotíferos de cada cuerpo de agua a lo largo de un año.
- Cuantificar la abundancia específica de los organismos en cada cuerpo de agua durante el periodo anual.
- Cuantificar las variables físico-químicas seleccionadas (pH, Temperatura, Alcalinidad, Dureza, Oxígeno disuelto, Nitratos, Fosfatos, Clorofila a y Turbidez) en cada uno de los cuerpos de agua mensualmente por un periodo de un año.
- Relacionar las variables físico-químicas de los diferentes cuerpos de agua con la diversidad de las especies encontradas en cada uno de ellos mediante análisis estadísticos.



Área de Estudio

La Cantera Oriente es una de las 13 zonas de amortiguamiento (A3) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA). Se encuentra en las coordenadas geográficas: 19° 19' 13.35" Latitud Norte y 99° 10' 25.34" Longitud Oeste (Fig. 1). Presenta una altitud de 2270 msnm y tiene una superficie total de 7.5 hectáreas (Lot, 2007).

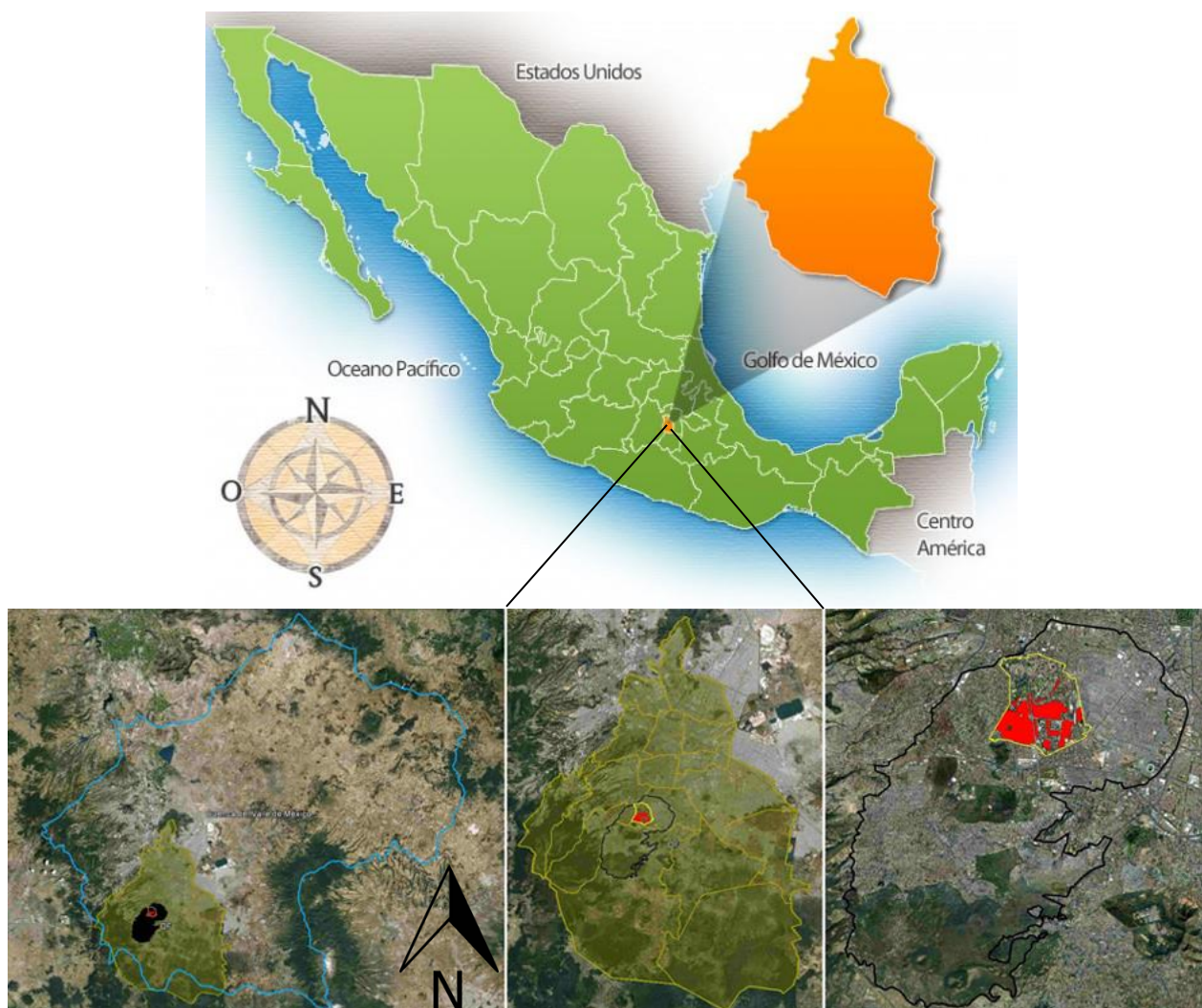


Figura 1.- Imágenes de Google Earth donde se indican las poligonales de la Cuenca de México (azul), el Distrito Federal (verde), el Pedregal de San Ángel (negro), Ciudad Universitaria (amarillo) y la REPSA (rojo).



Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la época de lluvias abarca los meses de mayo a octubre y la época seca comprende a los meses de noviembre a abril. La precipitación media anual es de 833 mm. A diferencia de la gran mayoría de la vegetación de matorral xerófilo del pedregal, la Cantera cuenta con paisajes artificiales arbóreos y de arbustos así como paisajes lacustres y de humedales. Presenta cinco cuerpos de agua (Fig. 4) que suman una superficie total de 11,906.45 m² que representa el 14.4% del área total de la Reserva (Lot, 2007).

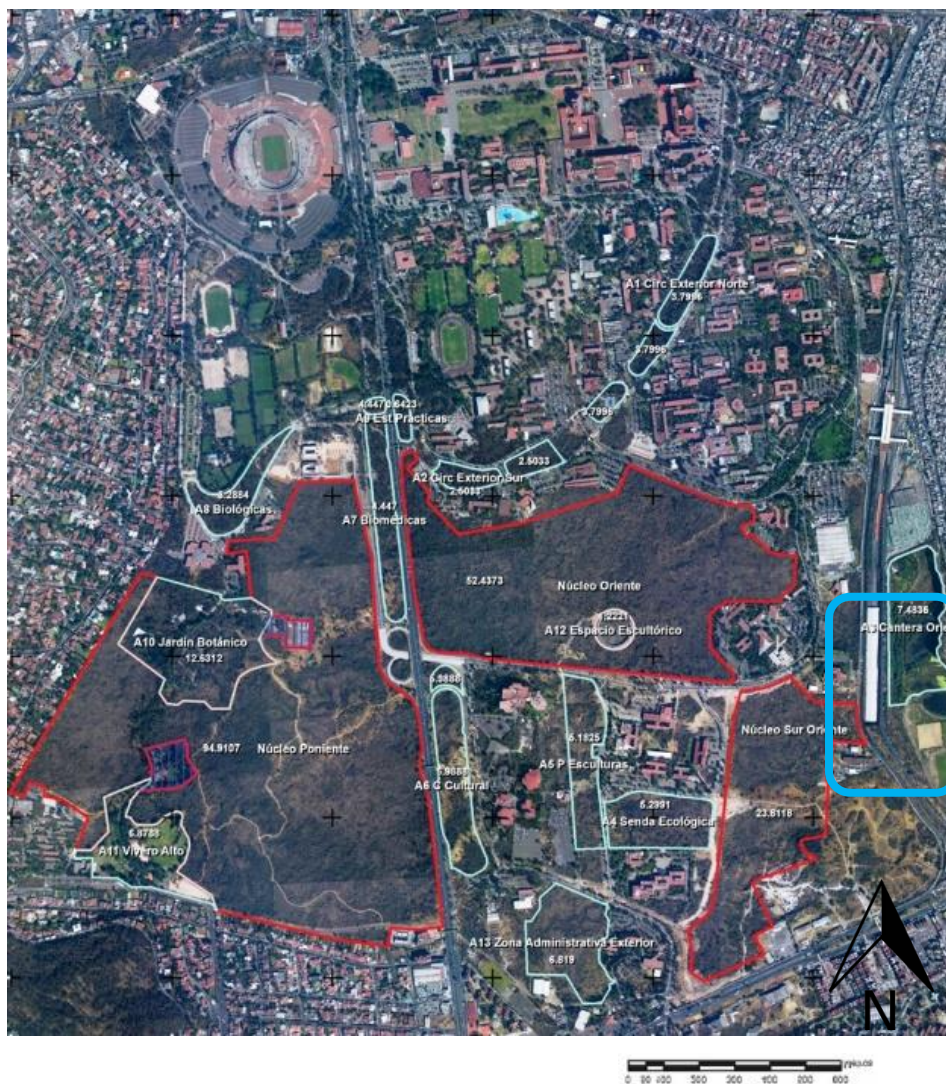


Figura 2.- Fotografía satelital de la REPSA donde se muestra la ubicación de la Cantera Oriente (azul).

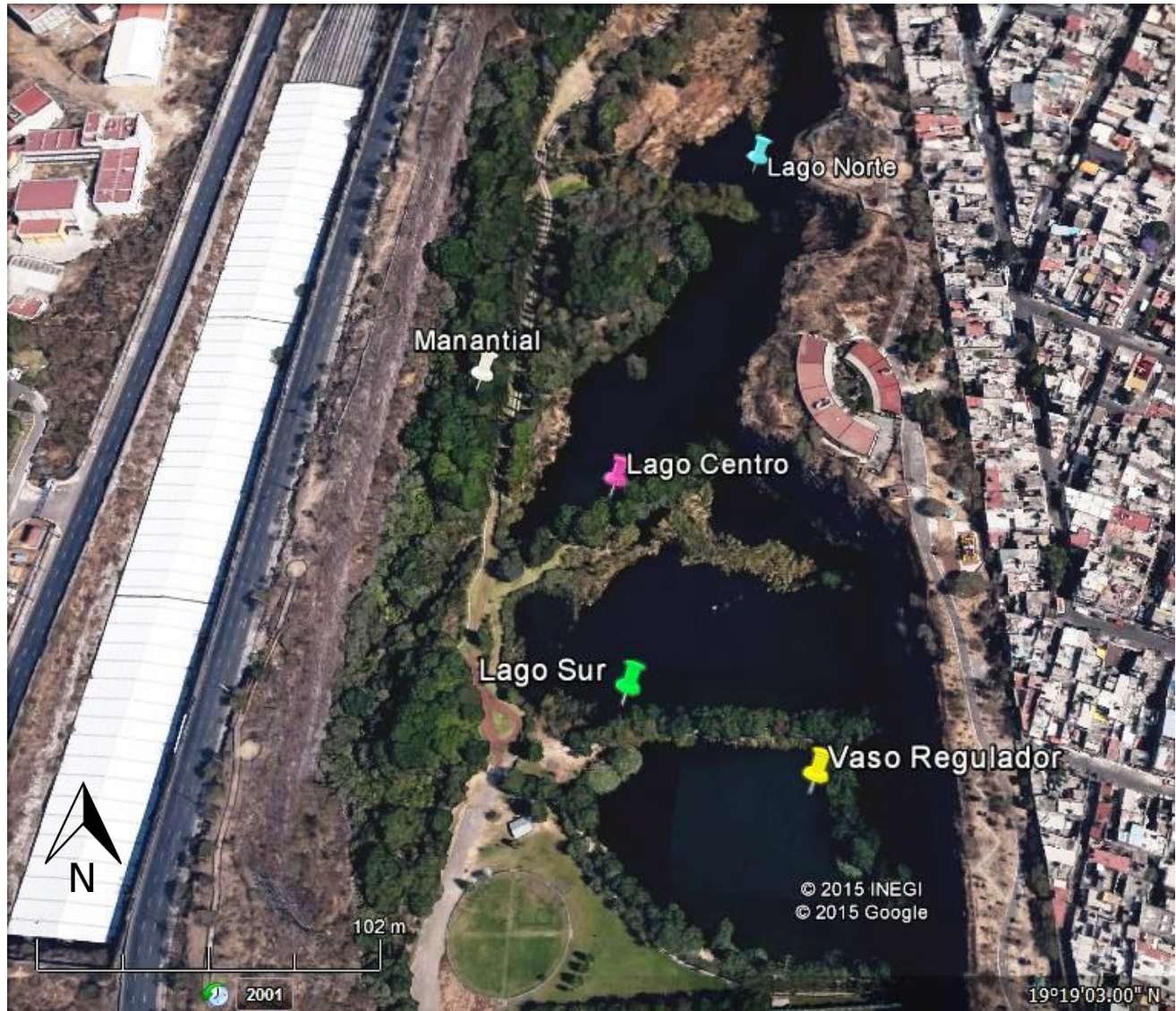


Figura 3.- Fotografía satelital de la Cantera Oriente con la ubicación de los puntos de muestreo.



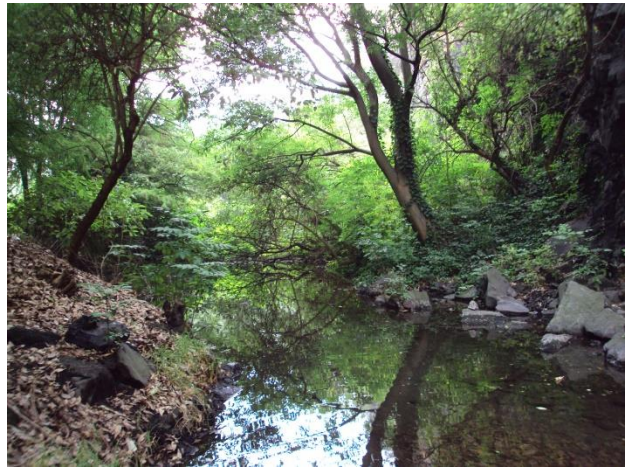
Vaso Regulador



Lago Sur



Lago Centro



Manantial



Lago Norte



Camino Principal a los Lagos

Figura 4.- Fotografías de los sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Materiales y Métodos

Muestreo en Campo

La toma de muestras se realizó mensualmente iniciando en septiembre de 2013 y finalizando en agosto de 2014. Se tuvo el cuidado de realizar el muestreo a la misma hora y siguiendo el mismo recorrido. Las zonas de muestreo se eligieron en base a la accesibilidad de las zonas litorales de cada uno de los lagos y del manantial además de escoger sitios con presencia de vegetación acuática.

Zooplankton

Para las muestras de zooplankton se filtraron 80 litros de agua de cada lago a una distancia entre 0.5 y 1 m de la orilla a una profundidad desde superficie hasta 0.5 metros a través de una red con 50 μm de apertura de malla en cada uno de los diferentes sitios de estudio. Posteriormente se concentraron en un volumen de 250 ml y se les agregó formol a una concentración final de 4% para preservar a los organismos. Finalmente los frascos se trasladaron al Laboratorio de Zoología Acuática de la Unidad de Morfofisiología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, U.N.A.M.

Variables Físico-Químicas *in situ*

Se determinaron en cada estación de muestreo las siguientes variables fisicoquímicas: Temperatura, Oxígeno disuelto y Porcentaje de saturación de oxígeno utilizando un Oxímetro modelo YSI 55, pH y conductividad específica (K_{25}) con un Conductímetro modelo Conductronic PC-18.



Nutrientes

Para la obtención de la muestra en el campo, se utilizaron jeringas estándar de 60 ml de volumen y a través de filtros de acetato de celulosa y nitrocelulosa marca Millipore de 0.22 μm se filtró el agua y se depositó en pequeños botes de plástico con tapa, almacenándolos en un contenedor de polietileno con hielos.

Variables Físico-Químicas *ex situ*

Utilizando botellas de cristal color ámbar de 500 ml de capacidad, se tomaron muestras de agua en la superficie de cada uno de los cinco sitios designados y posteriormente se almacenaron en refrigeración para finalmente analizar en el laboratorio los valores de dureza y alcalinidad mediante métodos titulométricos de acuerdo a lo referido en (APHA, 1998). La turbidez se midió en NTU utilizando un turbidímetro marca Cole Parmer.

Para la extracción de clorofila *a*, primeramente se filtró agua superficial de los lagos utilizando jeringas estándar de 60 ml de volumen a través de filtros Millipore de 0.45 μm de acetato de celulosa y nitrocelulosa. Posteriormente se mantuvieron en congelación los filtros para después añadirles acetona al 90% (APHA, 1998) y obtener las lecturas en un espectrofotómetro marca Elyptica modelo ELY 2000.

Trabajo en Laboratorio

Las muestras de zooplancton se analizaron en el Laboratorio de Zoología Acuática de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Nitratos y Fósforo Reactivo Disuelto

La concentración del fósforo reactivo disuelto (FRD) fue determinada mediante el método de Murphy y Riley (1962) y la concentración de nitratos por el método de Strickland y Parsons (1972) en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología; utilizando para su análisis un Autoanalizador de flujo segmentado marca SKALAR modelo San Plus.



Determinación Taxonómica

La identificación de las especies se llevó a cabo utilizando un microscopio estereoscópico marca Nikon modelo SMZ645 con un máximo de aumento de 50x, un microscopio óptico marca Nikon modelo E600 con objetivos de 4x, 10x, 20x, 40x y 100x y un microscopio óptico invertido marca Nikon modelo E100 con objetivos de 4x, 10x, 40x y 100x. Para la determinación correcta de las especies se utilizaron las claves especializadas de Koste (1978) y Pennak (1989) de acuerdo a las características taxonómicas requeridas como la forma del organismo y el tipo de trophi. Posteriormente se realizó un registro fotográfico de los organismos identificados.

Densidad poblacional

Para la determinación de individuos por litro, se homogeneizó la muestra agitándola mediante inversión del frasco e inmediatamente después con una pipeta Pasteur modificada se tomó una alícuota y se depositó en una cámara de Sedwick-Rafter con capacidad de 1 ml teniendo la precaución de no dejar burbujas que ocasionaran variación en el volumen de muestra. La cámara se colocó en un microscopio óptico y se contaron todos los individuos presentes. Esto se realizó tres veces por muestra para tener una mayor precisión en el conteo.



Diversidad de Rotíferos

Para obtener la diversidad de especies se aplicó el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1993).

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i)(\log^2 P_i)$$

H' = Índice de Diversidad de especies (Bits/Individuo)

P_i = Proporción numérica de cada especie dentro del total de organismos contados por muestra.

Análisis Estadísticos

Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la densidad de rotíferos para cada uno de los sitios y uno más para todo el conjunto. También se realizaron diagramas de Olmstead- Tukey para conocer las especies dominantes, constantes, temporales y raras en cada uno de los sitios utilizando el programa Sigmaplot v.11. Finalmente se realizaron análisis de correspondencia canónica para determinar la influencia de las variables ambientales sobre las especies de rotíferos con el programa CANOCO v.4.5.



Resultados

Riqueza Específica

El presente trabajo es el primer estudio que se realiza en La Cantera Oriente en lo respectivo a identificación de especies de rotíferos a lo largo de un período anual efectuando muestreos mensuales, por lo tanto se puede considerar que las especies de dichos organismos encontradas hasta este momento son nuevos registros para la zona.

Al final del análisis de las muestras obtenidas de los cuerpos de agua de la Cantera Oriente (CO) a lo largo del período de estudio se registraron 68 especies de rotíferos representando 3 órdenes, 15 familias y 26 géneros. Las familias con mayor número de especies fueron Lecanidae con 16 especies, Lepadellidae con 9 especies, Brachionidae con 8 especies y Notommatidae con 8 especies. En la Tabla 1 se observan todas las especies de rotíferos observadas en el presente estudio.

El Vaso Regulador (VR) registró un total de 41 especies de rotíferos pertenecientes a 3 órdenes, 14 familias y 19 géneros. El Lago Sur (LS) registró la mayor riqueza de especies de los cinco cuerpos de agua con un total de 44 especies de rotíferos que corresponden a 2 órdenes, 12 familias y 17 géneros. El Lago Centro (LC) registró un total de 39 especies de rotíferos pertenecientes a 2 órdenes, 13 familias y 18 géneros.

El Manantial (MN) registró la menor riqueza específica de los cinco cuerpos de agua con 27 especies de rotíferos que abarcan 2 órdenes, 11 familias y 16 géneros. Finalmente el Lago Norte (LN) registró 36 especies de rotíferos pertenecientes a 2 órdenes, 11 familias y 17 géneros.

En la Tabla 2 se presentan los datos de ausencia y presencia de todas las especies de rotíferos encontradas a lo largo del período de estudio en la CO.



Tabla 1.- Listado de especies de rotíferos presentes en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.

Especies de Rotíferos	Meses											
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Familia: Brachionidae												
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851								X	X	X		
<i>B. budapestinensis</i> Daday, 1885								X	X			
<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1766	X	X	X			X		X	X	X		X
<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	X	X									X	
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)								X				
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)				X	X		X			X	X	
Familia: Collothecidae												
<i>Collotheca</i> sp									X			
Familia: Notommatidae												
<i>Cephalodella catellina</i> (O. F. Muller, 1786)		X	X	X	X	X	X	X				X
<i>C. forficula</i> (Ehrenberg, 1831)												
<i>C. gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>C. remanei</i> Wiszniewski, 1934			X		X	X						
<i>C. ventripes</i> (Dixon-Nuttall, 1901)				X		X	X				X	
<i>Eosphora thoides</i> Wulfert, 1935											X	X
<i>Pleurotrocha petromyzon</i> (Ehrenberg, 1830)						X						
Familia: Dicranophoridae												
<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)			X	X	X	X	X		X	X	X	X
Family: Euchlanidae Ehrenberg, 1838												
<i>Euchlanis calpidia</i> (Myers, 1930)	X							X				
<i>E. deflexa</i> Gosse												
<i>E. dilatata</i> Ehrenberg, 1832	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Familia: Filiniidae												
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	X		X									
Familia: Lecanidae												
<i>Lecane aculeata</i> (Jakubski, 1912)	X											
<i>L. bifurca</i> (Bryce 1892)						X						
<i>L. closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>L. curvicornis</i> (Murray, 1913)							X					
<i>L. decipiens</i> (Murray, 1913)						X		X				X
<i>L. flexilis</i> (Gosse, 1886)						X		X				
<i>L. furcata</i> (Murray, 1913)		X		X				X	X			X
<i>L. hamata</i> (Stokes, 1896)	X											
<i>L. inermis</i> (Bryce, 1892)	X					X	X		X	X		X
<i>L. luna</i> (Müller, 1776)									X	X		X
<i>L. lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Familia: Lecanidae	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
<i>L. nana</i> (Murray, 1913)								X	X			
<i>L. pyriformis</i> (Daday, 1905)							X	X			X	X
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg, 1832)									X	X	X	
<i>L. stichaea</i> Harring, 1913						X	X					
<i>L. unguitata</i> (Fadeev, 1925)						X						
Familia: Lepadellidae												
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>C. uncinata</i> (O. F. Muller, 1773)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	X			X			X		X		X	X
<i>L. ovalis</i> (F. Muller, 1896)		X	X	X	X			X		X	X	
<i>L. patella</i> (O. F. Muller, 1773)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>L. rhomboides</i> (Gosse, 1886)									X			
<i>L. triba</i> Myers, 1934						X						
<i>L. triptera</i> Ehrenberg, 1930						X		X				
<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832)	X		X	X	X	X	X			X		
Familia: Flosculariidae												
<i>Limnias ceratophylli</i> Schrank, 1803						X						
<i>Limnias melicerta</i> Weisse, 1848						X						
<i>Sinantherina semibullata</i> (Thorpe, 1889)	X						X					
Familia: Mytilinidae												
<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)						X	X		X			
<i>L. salpina</i> (Ehrenberg, 1834)						X			X			
<i>Mytilina mucronata</i> (O. F. Muller, 1773)				X					X			
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Familia: Synchaetidae												
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Familia: Proalidae												
<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X		X	X	X	X	X		
Familia: Testudinellidae												
<i>Testudinella mucronata</i> (Gosse, 1886)	X	X			X		X	X				X
<i>T. patina</i> (Hermann, 1783)	X	X	X	X		X		X		X	X	
Familia: Trichocercidae												
<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)			X					X				
<i>T. porcellus</i> (Gosse, 1886)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>T. pusilla</i> (Lauterborn, 1898)								X	X	X	X	X
<i>T. ruttneri</i> Donner, 1953	X		X			X		X				X
<i>T. similis</i> (Wierzejski, 1893)	X			X								
<i>T. weberi</i> (Jennings, 1903)	X		X		X			X	X	X		X
Familia: Trichotriidae												
<i>Trichotria pocillum</i> (O. F. Muller, 1776)						X						
<i>T. tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)		X	X	X		X		X	X	X		



Tabla 2.- Presencia y ausencia de los rotíferos en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente a lo largo del periodo de estudio.

Especies de Rotíferos	Sitios				
	VR	LS	LC	M	LN
Familia: Brachionidae					
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851			X		
<i>B. budapestinensis</i> Daday, 1885		X	X		X
<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1766	X	X	X		X
<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783	X	X	X		X
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943		X	X		
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)	X	X	X	X	X
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)					X
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)			X	X	X
Familia: Collothecidae					
<i>Collotheca</i> sp	X				
Familia: Notommatidae					
<i>Cephalodella catellina</i> (O. F. Muller, 1786)	X	X	X	X	X
<i>C. gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X
<i>C. remanei</i> Wiszniewski, 1934	X	X		X	
<i>C. ventripes</i> (Dixon-Nuttall, 1901)	X	X		X	X
<i>Eosphora thoides</i> Wulfert, 1935	X	X	X		X
<i>Pleurotrocha petromyzon</i> (Ehrenberg, 1830)	X				
Familia: Dicranophoridae					
<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X
Family: Euchlanidae Ehrenberg, 1838					
<i>Euchlanis calpidia</i> (Myers, 1930)	X				X
<i>E. dilatata</i> Ehrenberg, 1832	X	X	X	X	X
Familia: Filiniidae					
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	X		X		
Familia: Lecanidae					
<i>Lecane aculeata</i> (Jakubski, 1912)		X			X
<i>L. bifurca</i> (Bryce 1892)	X				
<i>L. closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	X	X	X	X	X
<i>L. curvicornis</i> (Murray, 1913)					X
<i>L. decipiens</i> (Murray, 1913)	X	X			
<i>L. flexilis</i> (Gosse, 1886)	X	X			
<i>L. furcata</i> (Murray, 1913)	X	X	X	X	X
<i>L. hamata</i> (Stokes, 1896)	X				
<i>L. inermis</i> (Bryce, 1892)	X	X	X	X	X
<i>L. luna</i> (Müller, 1776)		X	X		
<i>L. lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X



Familia: Lecanidae	VR	LS	LC	M	LN
<i>L. nana</i> (Murray, 1913)		X			
<i>L. pyriformis</i> (Daday, 1905)		X	X	X	
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg, 1832)		X			
<i>L. stichaea</i> Harring, 1913		X	X		
<i>L. unguitata</i> (Fadeev, 1925)	X	X			
Familia: Lepadellidae					
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X
<i>C. uncinata</i> (O. F. Muller, 1773)	X	X	X	X	X
<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	X		X	X	X
<i>L. ovalis</i> (F. Muller, 1896)	X	X	X	X	X
<i>L. patella</i> (O. F. Muller, 1773)	X	X	X	X	X
<i>L. rhomboides</i> (Gosse, 1886)				X	
<i>L. triba</i> Myers, 1934			X		
<i>L. triptera</i> Ehrenberg, 1930					X
<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X
Familia: Flosculariidae					
<i>Limnias ceratophylli</i> Schrank, 1803	X				
<i>Limnias melicerta</i> Weisse, 1848	X				
<i>Sinantherina semibullata</i> (Thorpe, 1889)					X
Familia: Mytilinidae					
<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)		X	X		
<i>L. salpina</i> (Ehrenberg, 1834)		X			
<i>Mytilina mucronata</i> (O. F. Muller, 1773)		X			X
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	X
Familia: Synchaetidae					
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	X	X	X	X	X
Familia: Proalidae					
<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1832)	X	X	X	X	
Familia: Testudinellidae					
<i>Testudinella mucronata</i> (Gosse, 1886)	X		X		X
<i>T. patina</i> (Hermann, 1783)	X	X	X	X	X
Familia: Trichocercidae					
<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)	X	X	X		X
<i>T. porcellus</i> (Gosse, 1886)	X	X	X	X	X
<i>T. pusilla</i> (Lauterborn, 1898)		X	X		X
<i>T. ruttneri</i> Donner, 1953	X	X	X		X
<i>T. similis</i> (Wierzejski, 1893)	X	X			
<i>T. weberi</i> (Jennings, 1903)	X	X		X	X
Familia: Trichotriidae					
<i>Trichotria pocillum</i> (O. F. Muller, 1776)			X	X	
<i>T. tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)		X	X	X	



Se encontraron un total de 28 especies de rotíferos en el primer mes de muestreo (septiembre de 2013) en los cinco cuerpos de agua de la CO. En octubre se añadieron 4 especies más. En el siguiente muestreo se encontraron 3 especies más, mientras que en diciembre se agregaron nuevamente 3 especies más a la lista de riqueza total. El muestreo del mes de enero de 2014 no generó una sola especie diferente a las que ya se tenían registradas. Febrero fue un mes muy interesante en términos de riqueza ya que se encontraron 13 especies de rotíferos más, en marzo solamente 2 especies más, abril sumó 5 especies, mayo contabilizó 4 especies más, en junio no se registró aumento en la riqueza total, julio solamente contribuyó con una especie diferente y finalmente al término del año de muestreos en agosto de 2014 tampoco se aumentó la riqueza total.

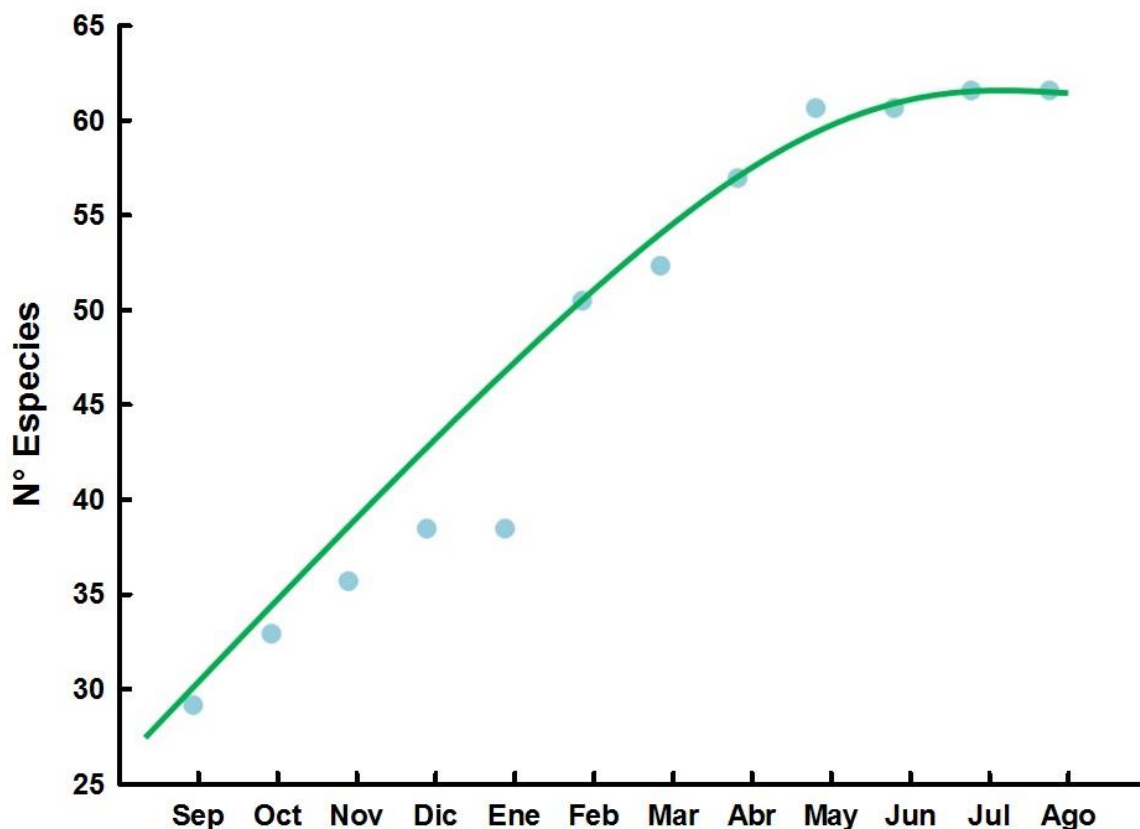


Fig. 5 Número de especies encontradas a través de los diferentes meses del período 2013-2014 en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Dominancia de Especies

A lo largo del período de estudio variaron ampliamente las abundancias y las frecuencias en que se presentaron las especies de rotíferos en cada uno de los cinco cuerpos de agua. Se determinó la dominancia de especies para cada uno de los diferentes sitios de muestreo mediante la prueba de Olmstead-Tukey, la cual nos permite conocer las especies dominantes, constantes, temporales y raras.

El análisis de todos los cuerpos de agua en conjunto obtuvo un total de 19 especies dominantes (Fig. 6) a lo largo del año lo cual corresponde al 30.2 % del total de la riqueza específica, 11 especies temporales que representan el 17.5 % de los rotíferos encontrados, 33 especies raras que corresponden al 52.3 % y ninguna especie constante o común. Al realizar los análisis en cada cuerpo de agua se obtuvo que el Vaso Regulador presentó a lo largo del año 13 especies dominantes (Fig. 7) que equivalen al 32 % de la riqueza de ese cuerpo de agua, 2 especies temporales que representan el 5 %, 26 especies raras que corresponden al 63 % y ninguna especie en el rubro de constante o común. El Lago Sur presentó un total de 16 especies dominantes (Fig. 8) lo cual significa el 36 %, 3 especies temporales que representan el 7 %, 23 especies raras que equivalen al 52 % y 2 especies comunes que corresponden al restante 5 %. Por otro lado el Lago Centro contabilizó un total de 13 especies dominantes (Fig. 9) para un total del 33 % de la riqueza específica del sitio, 3 especies temporales contabilizando un 8 %, 23 especies raras que equivalen al 59 % y ninguna especie constante. El Manantial obtuvo un total de 10 especies dominantes (Fig. 10) para un 37 %, 3 especies temporales que representan el 11 %, 11 especies raras que suman el 41 % y 3 especies constantes contabilizando el restante 11 %.

Finalmente el Lago Norte registró un total de 14 especies dominantes (Fig. 11) lo cual representa el 38% del total de los organismos encontrados en ese cuerpo de agua, 2 especies temporales que equivalen al 6 %, 19 especies raras que corresponden al 53 % y 1 especie constante con el 3 % restante.



Cuerpos de Agua de la Cantera Oriente

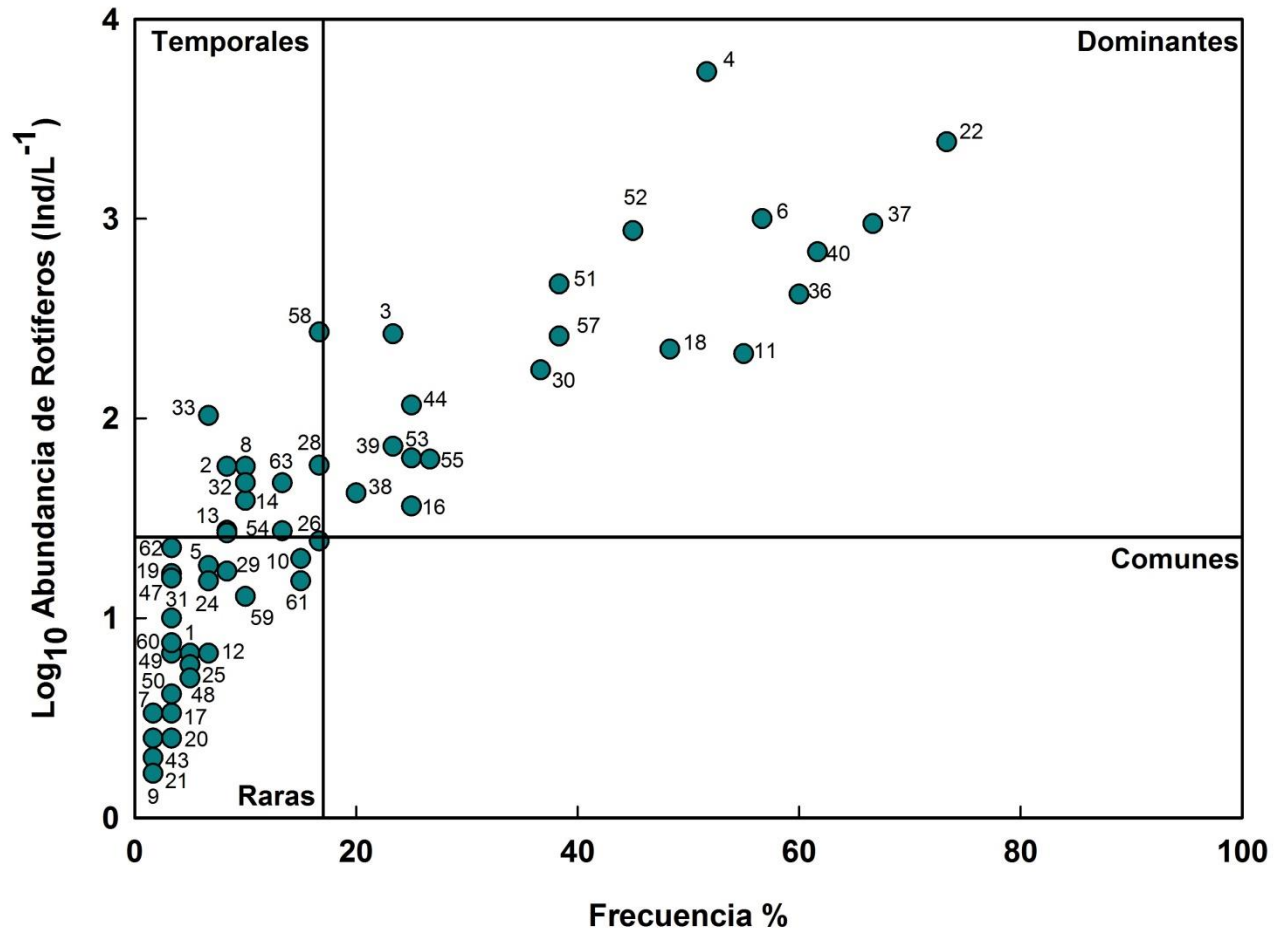


Fig. 6. Dominancia de las especies de rotíferos encontradas en todos los cuerpos de agua de la Cantera Oriente a lo largo del período de estudio.

1 *Brachionus angularis*, 2 *B. budapestinensis*, 3 *B. calyciflorus*, 4 *B. quadridentatus*, 5 *Keratella americana*, 6 *K. cochlearis*, 7 *K. tropica*, 8 *Platylas quadricornis*, 9 *Collotheca sp.*, 10 *Cephalodella catellina*, 11 *C. gibba*, 12 *C. remanei*, 13 *C. ventripes*, 14 *Eosphora thoides*, 15 *Pleurotrocha petromyzon*, 16 *Dicranophorus grandis*, 17 *Euchlanis calpidia*, 18 *E. dilatata*, 19 *Filinia longiseta*, 20 *Lecane aculeata*, 21 *L. bifurca*, 22 *L. closteroerca*, 23 *L. curvicornis*, 24 *L. decipiens*, 25 *L. flexilis*, 26 *L. furcata*, 27 *L. hamata*, 28 *L. inermis*, 29 *L. luna*, 30 *L. lunaris*, 31 *L. nana*, 32 *L. pyriformis*, 33 *L. quadridentata*, 34 *L. stichaea*, 35 *L. unguitata*, 36 *Colurella obtusa*, 37 *C. uncinata*, 38 *Lepadella acuminata*, 39 *L. ovalis*, 40 *L. patella*, 41 *L. rhomboides*, 42 *L. triba*, 43 *L. triptera*, 44 *Squatinella mutica*, 45 *Limnias ceratophylli*, 46 *L. melicerta*, 47 *Sinatherina semibullata*, 48 *Lophocharis oxysternon*, 49 *L. salpina*, 50 *Mytilina mucronata*, 51 *M. ventralis*, 52 *Polyarthra vulgaris*, 53 *Proales decipiens*, 54 *Testudinella mucronata*, 55 *T. patina*, 56 *Trichocerca elongata*, 57 *T. porcellus*, 58 *T. pusilla*, 59 *T. ruttneri*, 60 *T. similis*, 61 *T. weberi*, 62 *Trichotria pocillum*, 63 *T. tetractis*



Vaso Regulador

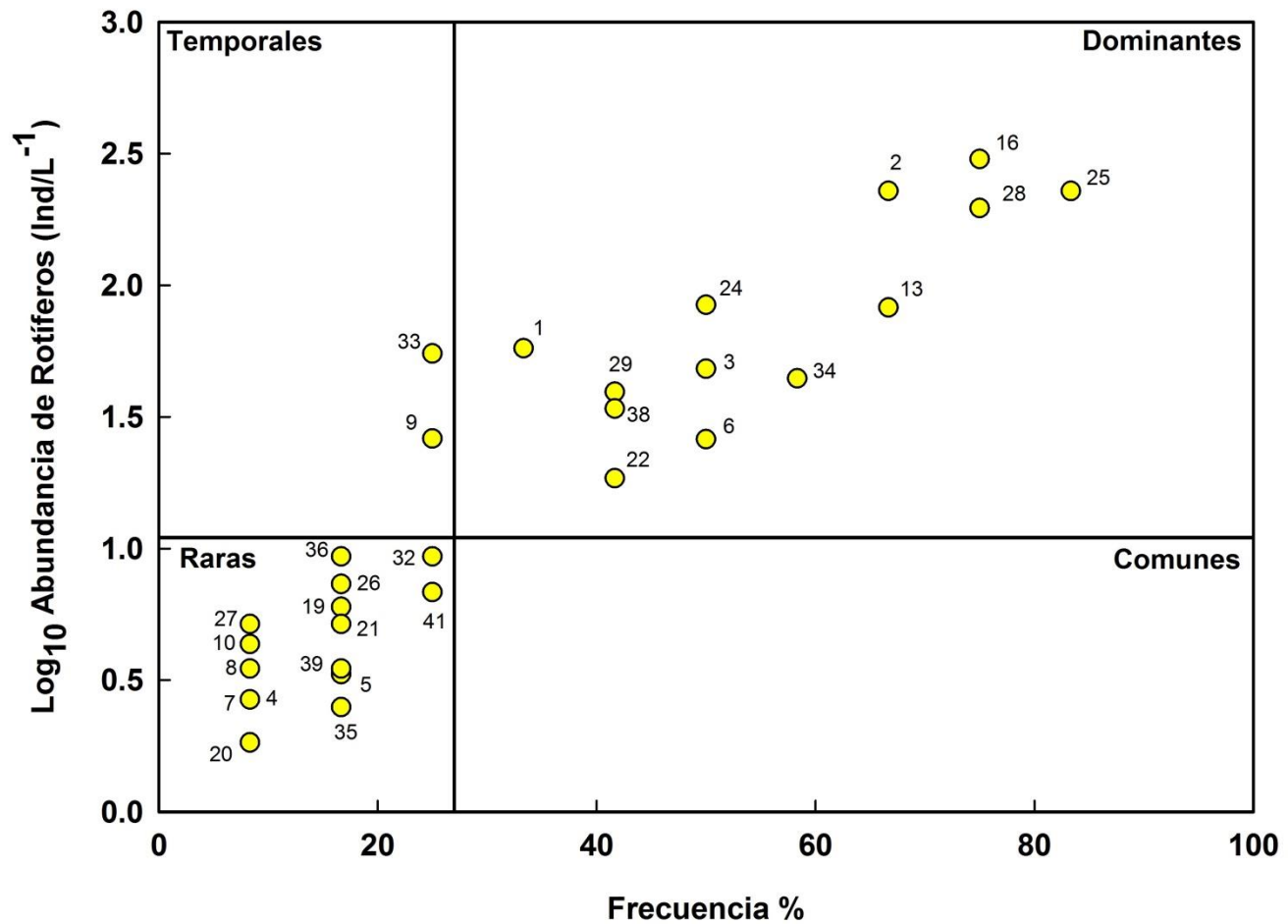


Fig. 7. Dominancia de las especies de rotíferos encontradas en el Vaso Regulador de la Cantera Oriente a lo largo del período de estudio. 1 *Brachionus calyciflorus*, 2 *B. quadridentatus*, 3 *Keratella cochlearis*, 4 *Collotheca* sp, 5 *Cephalodella catellina*, 6 *C. gibba*, 7 *C. remanei*, 8 *C. ventripes*, 9 *Eosphora thoides*, 10 *Pleurotrocha petromyzon*, 11 *Dicranophorus grandis*, 12 *Euchlanis calpidia*, 13 *E. dilatata*, 14 *Filinia longiseta*, 15 *Lecane bifurca*, 16 *L. closterocerca*, 17 *L. decipiens*, 18 *L. flexilis*, 19 *L. furcata*, 20 *L. hamata*, 21 *L. inermis*, 22 *L. lunaris*, 23 *L. unguitata*, 24 *Colurella obtusa*, 25 *C. uncinata*, 26 *Lepadella acuminata*, 27 *L. ovalis*, 28 *L. patella*, 29 *Squatinella mutica*, 30 *Limnias ceratophylli*, 31 *L. melicerta*, 32 *Mytilina ventralis*, 33 *Polyarthra vulgaris*, 34 *Proales decipiens*, 35 *Testudinella mucronata*, 36 *T. patina*, 37 *Trichocerca elongata*, 38 *T. porcellus*, 39 *T. ruttneri*, 40 *T. similis*, 41 *T. weberi*.



Lago Sur

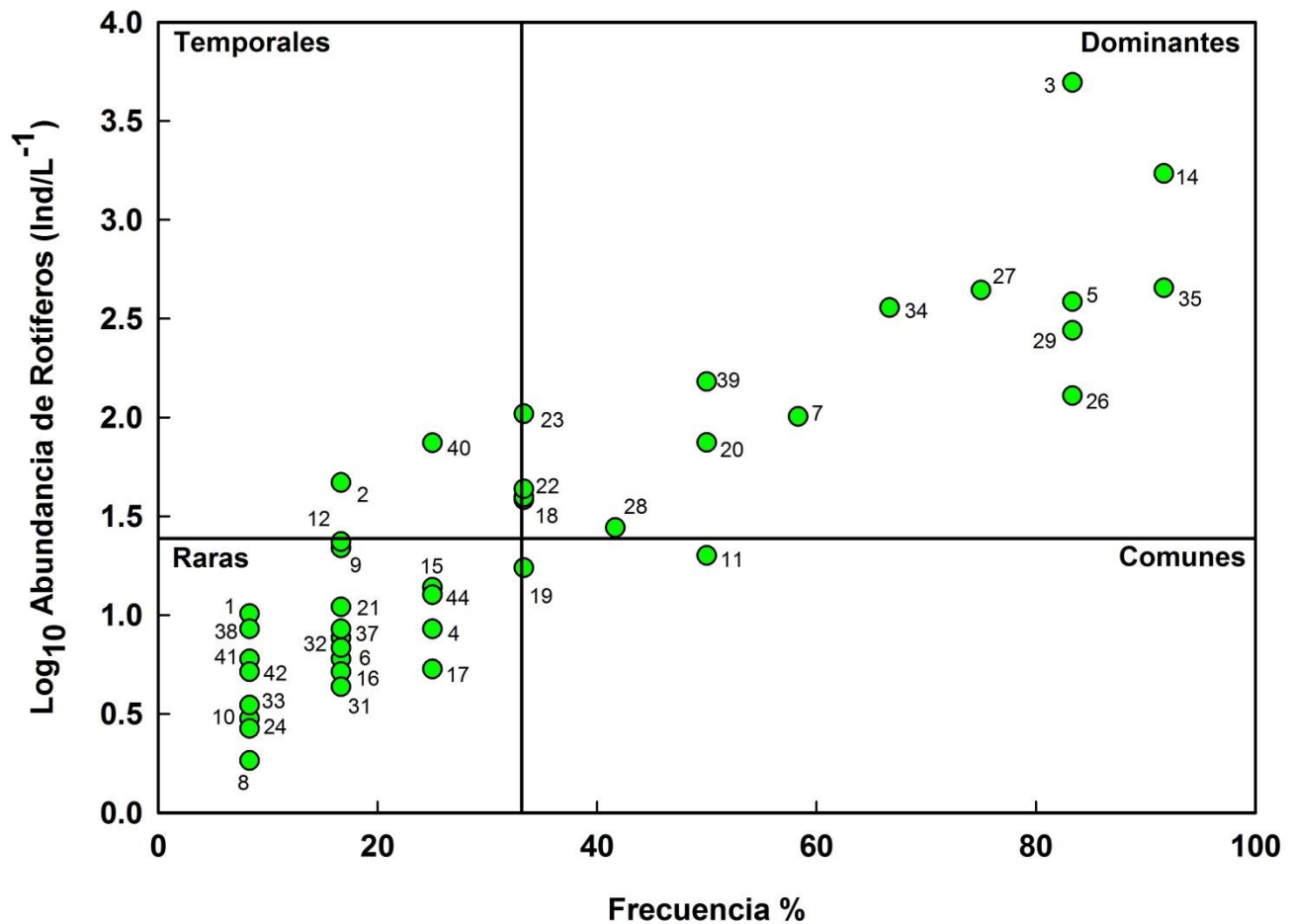


Fig. 8. Dominancia de las especies de rotíferos encontradas en el Lago Sur de la Cantera Oriente a lo largo del período de estudio. 1 *Brachionus budapestinensis*, 2 *B. calyciflorus*, 3 *B. quadridentatus*, 4 *Keratella americana*, 5 *K. cochlearis*, 6 *Cephalodella catellina*, 7 *C. gibba*, 8 *C. remanei*, 9 *C. ventripes*, 10 *Eosphora thoides*, 11 *Dicranophorus grandis*, 12 *Euchlanis dilatata*, 13 *Lecane aculeata*, 14 *L. closterocerca*, 15 *L. decipiens*, 16 *L. flexilis*, 17 *L. furcata*, 18 *L. inermis*, 19 *L. luna*, 20 *L. lunaris*, 21 *L. nana*, 22 *L. pyriformis*, 23 *L. quadridentata*, 24 *L. stichaea*, 25 *L. unguitata*, 26 *Colurella obtusa*, 27 *C. uncinata*, 28 *Lepadella ovalis*, 29 *L. patella*, 30 *Squatinella mutica*, 31 *Lophocharis oxysternon*, 32 *L. salpina*, 33 *Mytilina mucronata*, 34 *M. ventralis*, 35 *Polyarthra vulgaris*, 36 *Proales decipiens*, 37 *Testudinella patina*, 38 *Trichocerca elongata*, 39 *T. porcellus*, 40 *T. pusilla*, 41 *T. ruttneri*, 42 *T. similis*, 43 *T. weberi*, 44 *Trichotria tetractis*.



Lago Centro

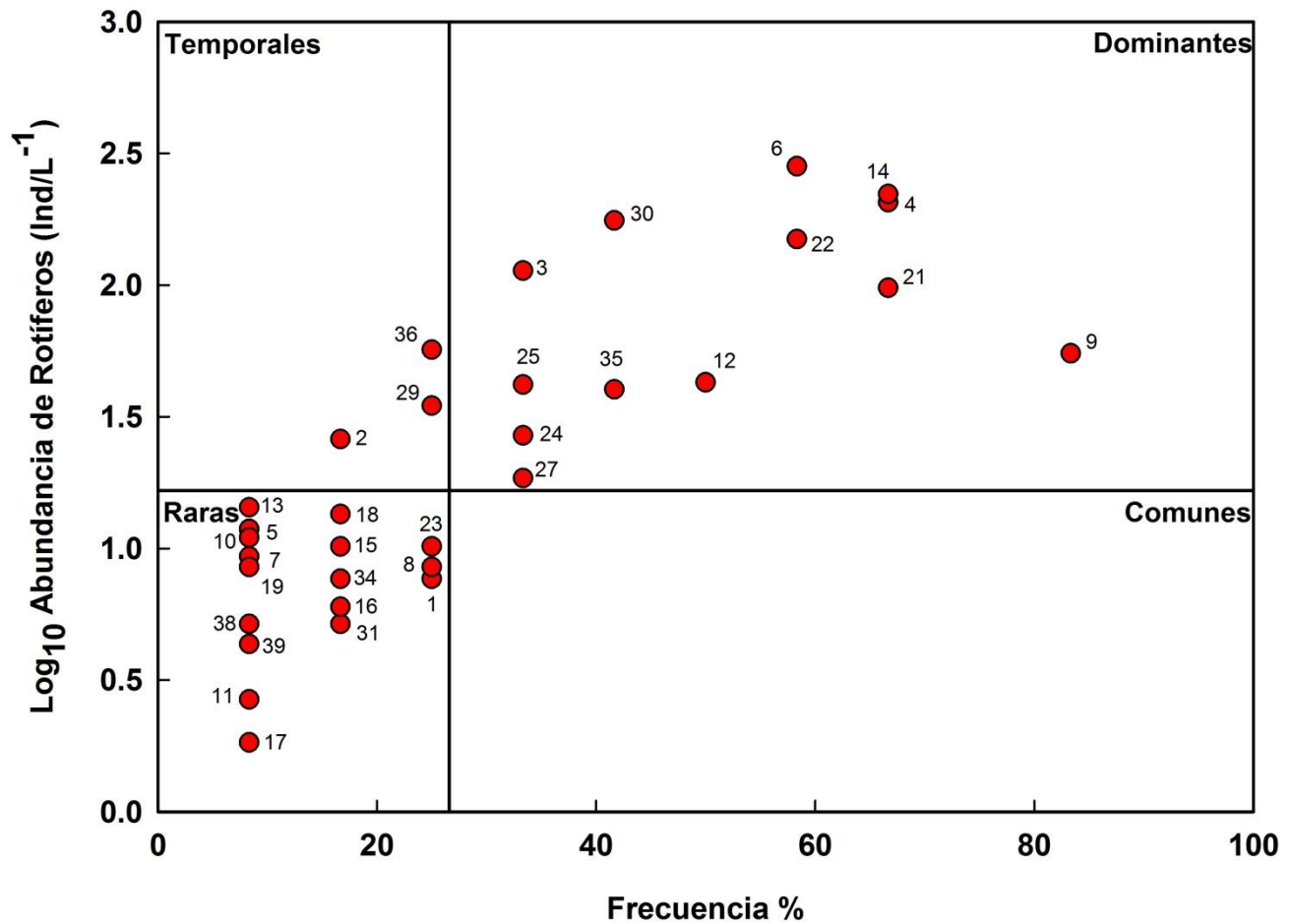


Fig. 9. Dominancia de las especies de rotíferos encontradas en el Lago Centro de la Cantera Oriente a lo largo del período de estudio. 1 *Brachionus angularis*, 2 *B. budapestinensis*, 3 *B. calyciflorus*, 4 *B. quadridentatus*, 5 *Keratella americana*, 6 *K. cochlearis*, 7 *Platytias quadricornis*, 8 *Cephalodella catellina*, 9 *C. gibba*, 10 *Eosphora thoides*, 11 *Dicranophorus grandis*, 12 *Euchlanis dilatata*, 13 *Filinia longiseta*, 14 *Lecane closterocerca*, 15 *L. furcata*, 16 *L. inermis*, 17 *L. luna*, 18 *L. lunaris*, 19 *L. pyriformis*, 20 *L. stichaea*, 21 *Colurella obtusa*, 22 *C. uncinata*, 23 *Lepadella acuminata*, 24 *L. ovalis*, 25 *L. patella*, 26 *L. triba*, 27 *Squatinella mutica*, 28 *Lophocharis oxysternon*, 29 *Mytilina ventralis*, 30 *Polyarthra vulgaris*, 31 *Proales decipiens*, 32 *Testudinella mucronata*, 33 *T. patina*, 34 *Trichocerca elongata*, 35 *T. porcellus*, 36 *T. pusilla*, 37 *T. ruttneri*, 38 *Trichotria pocillum*, 39 *T. tetractis*.



Manantial

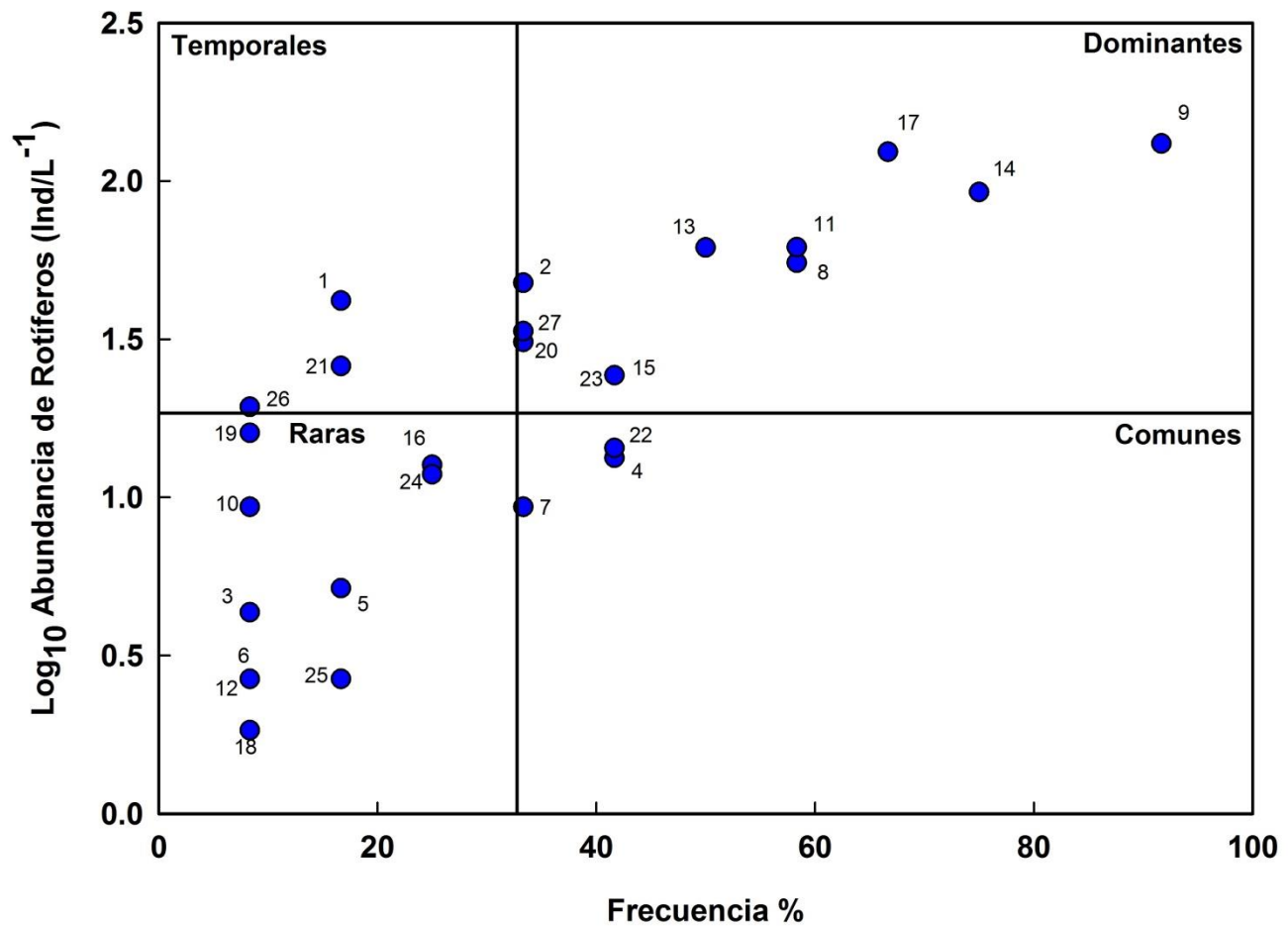


Fig. 10. Dominancia de las especies de rotíferos encontradas en el Manantial de la Cantera Oriente a lo largo del período de estudio. 1 *Keratella cochlearis*, 2 *Platyias quadricornis*, 3 *Cephalodella catellina*, 4 *C. gibba*, 5 *C. remanei*, 6 *C. ventripes*, 7 *Dicranophorus grandis*, 8 *Euchlanis dilatata*, 9 *Lecane closteroerca*, 10. *L. inermis*, 11 *L. lunaris*, 12 *L. pyriformis*, 13 *Colurella obtusa*, 14 *C. uncinata*, 15 *Lepadella acuminata*, 16 *L. ovalis*, 17 *L. patella*, 18 *L. rhomboides*, 19 *Squatinella mutica*, 20 *Mytilina ventralis*, 21 *Polyarthra vulgaris*, 22 *Proales decipiens*, 23 *Testudinella patina*, 24 *Trichocerca porcellus*, 25 *T. weberi*, 26 *Trichotria pocillum*, 27 *T. tetractis*.



Lago Norte

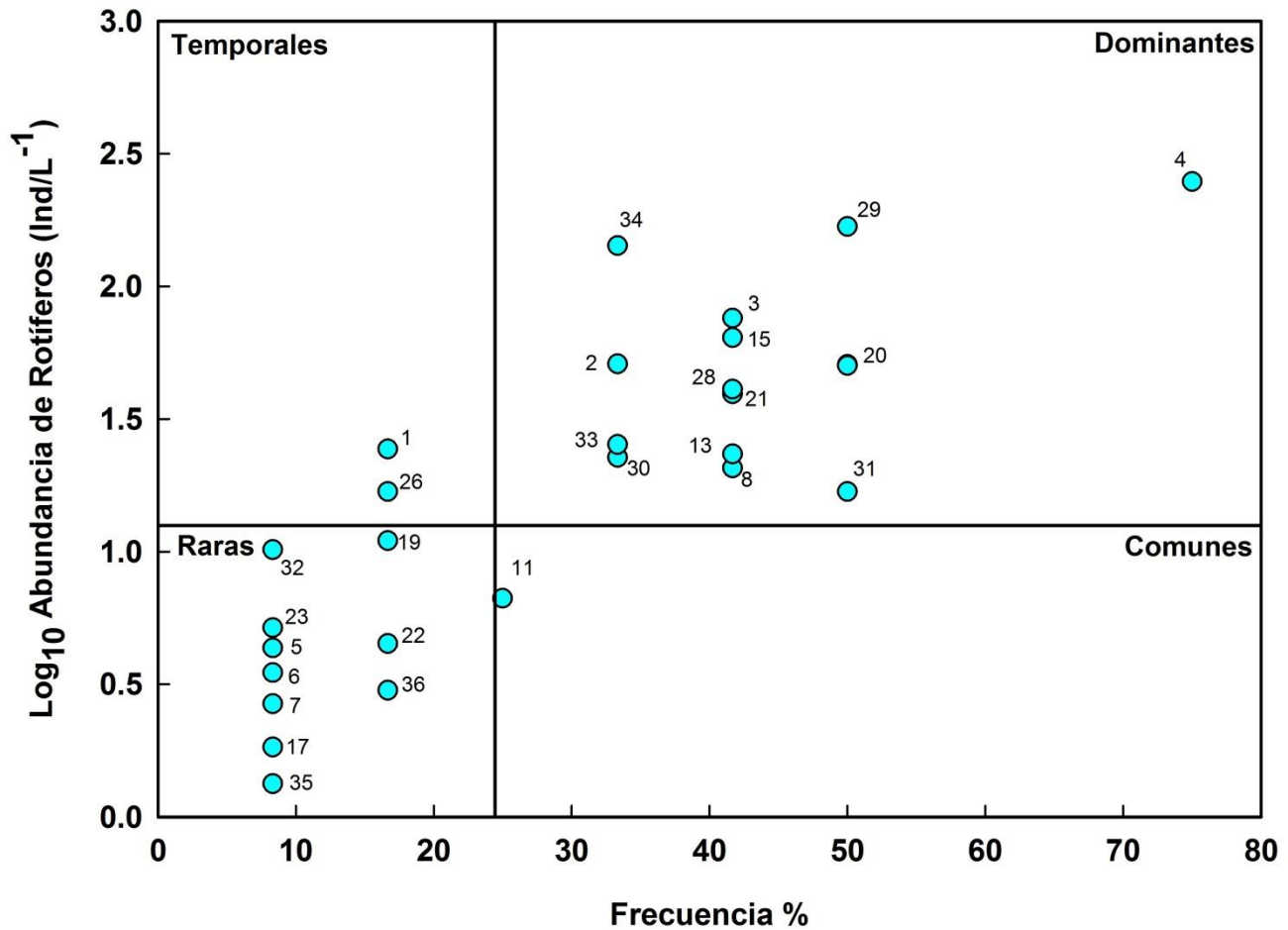


Fig. 11. Dominancia de las especies de rotíferos encontradas en el Lago Norte de la Cantera Oriente a lo largo del período de estudio. 1 *Brachionus budapestinensis*, 2 *B. calyciflorus*, 3 *B. quadridentatus*, 4 *Keratella cochlearis*, 5 *K. tropica*, 6 *Platylas quadricornis*, 7 *Cephalodella catellina*, 8 *C. gibba*, 9 *C. ventripes*, 10 *Eosphora thoides*, 11 *Dicranophorus grandis*, 12 *Euchlanis calpidia*, 13 *E. dilatata*, 14 *Lecane aculeata*, 15 *L. closterocerca*, 16 *L. curvicornis*, 17 *L. furcata*, 18 *L. inermis*, 19 *L. lunaris*, 20 *Colurella obtusa*, 21 *C. uncinata*, 22 *Lepadella acuminata*, 23 *L. ovalis*, 24 *L. patella*, 25 *Squatinella mutica*, 26 *Sinantherina semibullata*, 27 *Mytilina mucronata*, 28 *M. ventralis*, 29 *Polyarthra vulgaris*, 30 *Testudinella mucronata*, 31 *T. patina*, 32 *Trichocerca elongata*, 33 *T. porcellus*, 34 *T. pusilla*, 35 *T. ruttneri*, 36 *T. weberi*.



Densidad poblacional

Las especies de rotíferos que a lo largo de todo el año presentaron las mayores abundancias en general en todos los cuerpos de agua fueron *Lecane closterocerca* (Fig. 12), *Brachionus quadridentatus* (Fig. 13), *Colurella uncinata* (Fig. 14), *Lepadella patella* (Fig. 15), *Polyarthra vulgaris* (Fig. 16), *Keratella cochlearis* (Fig. 17), *Lecane lunaris* (Fig. 18) y *Trichocerca pusilla* (Fig. 19). En cada cuerpo de agua hubo diferencias en cuanto a la abundancia y densidad de cada especie, sin embargo las especies mencionadas anteriormente fueron las más dominantes del presente estudio. A continuación se describe brevemente cada uno de los sitios de muestreo con las abundancias de las especies más dominantes en cada uno de ellos y con las especies que presentaron las menores densidades.

El Vaso Regulador presentó a *Lecane closterocerca*, *Brachionus quadridentatus*, *Colurella uncinata*, y *Lepadella patella* como las especies dominantes. A pesar de no estar presente todo el año, *Lecane closterocerca* fue la especie con las mayores abundancias en este lugar presentando un máximo de 79 Ind/L en el mes de junio, *Brachionus quadridentatus* mostró un máximo de 50 Ind/L en el mes de abril, *Colurella uncinata* contabilizó un máximo de 65 Ind/L en el mes de junio y *Lepadella patella* aportó un máximo de 63 Ind/L en el mismo mes. Por otro lado las especies que presentaron las menores abundancias fueron *Lecane hamata*, *L. flexilis*, *L. unguitata*, *Cephalodella remanei*, *Dicranophorus grandis*, *Euchlanis calpidia* y *Testudinella mucronata*.

El Lago Sur contó con *Brachionus quadridentatus*, *Lecane closterocerca*, *Polyarthra vulgaris* y *Colurella uncinata* como las especies dominantes. *Brachionus quadridentatus* tuvo una densidad máxima de 1958 Ind/L en el mes de junio, *Lecane closterocerca* tuvo en el mismo mes un máximo de 960 Ind/L, *Polyarthra vulgaris* registró un máximo de 95 Ind/L en septiembre y *Colurella uncinata* mostró una densidad máxima de 192 Ind/L en agosto.



Las especies con las abundancias más bajas en el Lago Sur fueron *Lecane aculeata*, *L. unguitata*, *L. stichaea* y *Cephalodella remanei*.

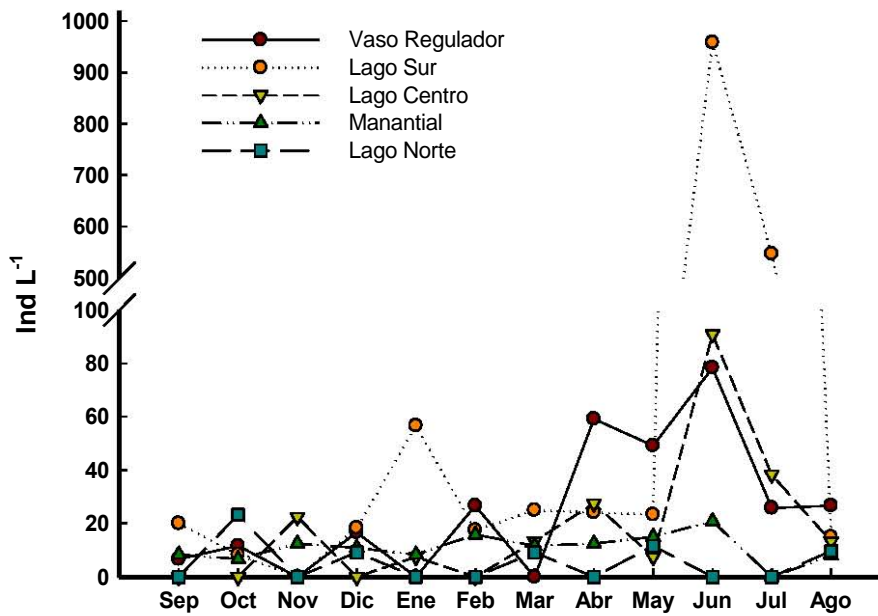
El Lago Centro tuvo como especies más abundantes a *Keratella cochlearis*, *Lecane closterocerca*, *Brachionus quadridentatus* y *Polyarthra vulgaris*. *Keratella cochlearis* tuvo una densidad máxima de 160 Ind/L en el mes de junio mientras que *Lecane closterocerca* registró un máximo de 90 Ind/L en el mismo mes, por su parte *Brachionus quadridentatus* mostró un pico máximo de 94 Ind/L también en junio y *Polyarthra vulgaris* sumó un máximo de 60 Ind/L en el mes de abril. Las especies que contabilizaron las menores abundancias de este sitio fueron *Lecane luna*, *L. stichaea*, *Dicranophorus grandis*, *Lepadella triba* y *Lophocaris oxysternon*.

El Manantial registró con las mayores densidades a lo largo del año a *Lecane closterocerca*, *Lepadella patella*, *Colurella uncinata* y *Lecane lunaris*. Con un máximo de 21 Ind/L en el mes de junio, *Lecane closterocerca* mostró ser la especie más dominante del sitio al estar ausente sólo un mes del año; *Lepadella patella* contabilizó un máximo de 43 Ind/L en el mes de julio, *Colurella uncinata* tuvo su densidad más alta con 17 Ind/L en Octubre y *Lecane lunaris* con 27 Ind/L en febrero. Las especies que presentaron las más bajas abundancias fueron *Lepadella rhomboides*, *Trichocerca weberi*, *Lecane pyriformis* y *Cephalodella ventripes*.

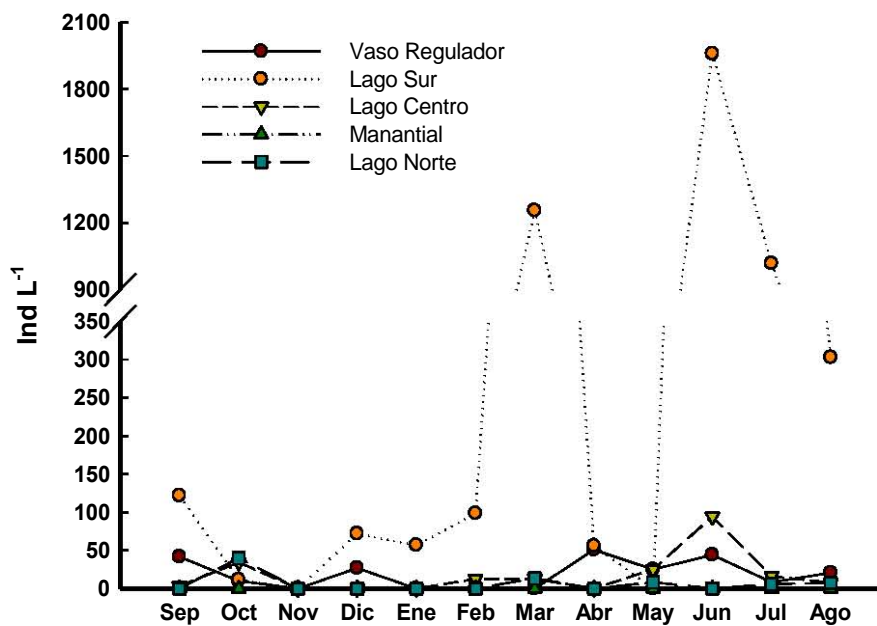
Por último, el Lago Norte registró con las mayores abundancias a través del año a *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca pusilla* y *Brachionus quadridentatus*. La máxima densidad la obtuvo *Keratella cochlearis* con 176 Ind/L en el mes de abril, *Polyarthra vulgaris* tuvo un máximo de 83 Ind/L en el mes de julio, *Trichocerca pusilla* en el mismo mes contabilizó 79 Ind/L y *Brachionus quadridentatus* tuvo su máximo en el mes de octubre con 40 Ind/L. Las especies que obtuvieron las menores abundancias fueron *Trichocerca ruttneri*, *Lecane furcata*, *L. curvicornis*, *L. aculeata*, *Euchlanis calpidia*, *Eosphora thoides*, *Mytilina mucronata* y *Cephalodella catellina*.



Lecane closterocerca



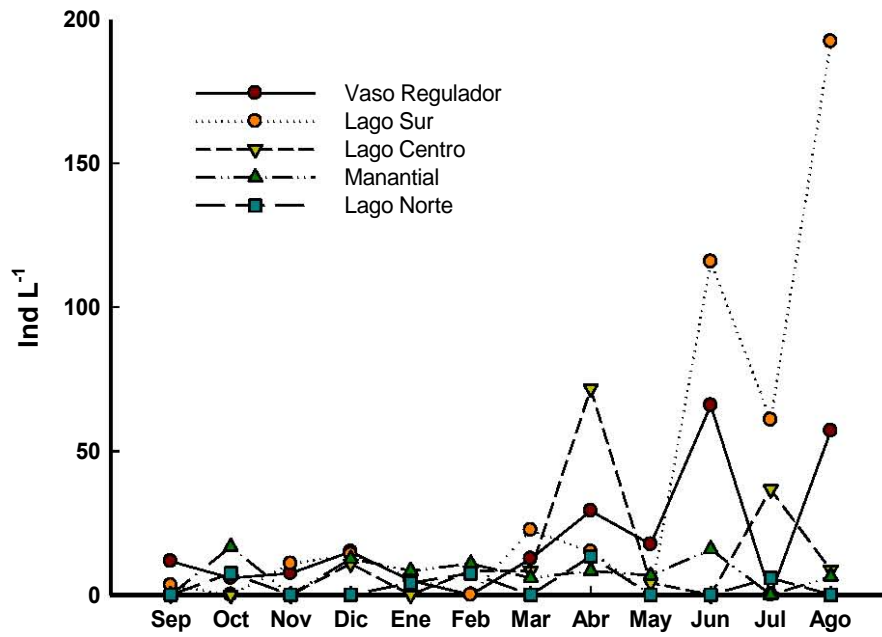
Brachionus quadridentatus



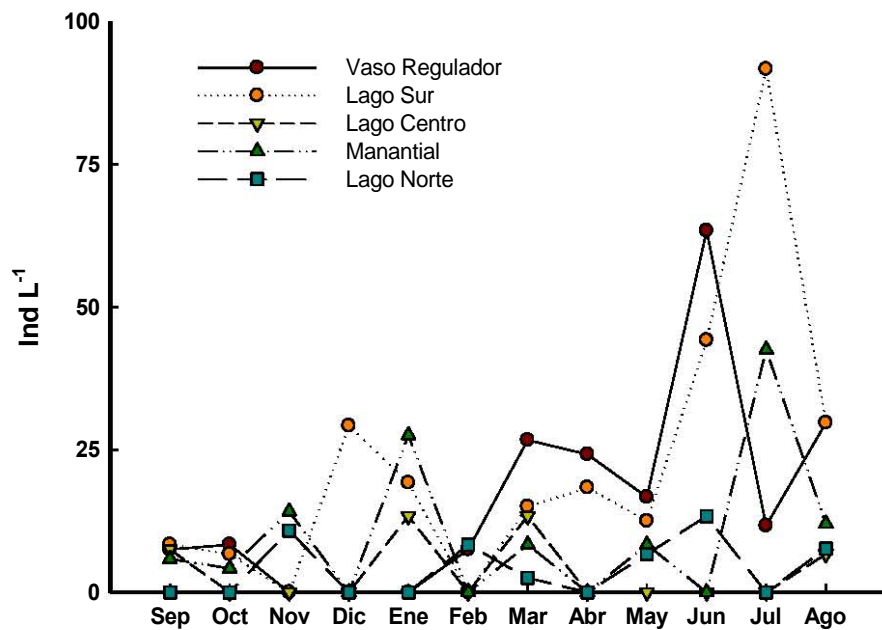
Figs. 12 y 13. Especies con las mayores abundancias a lo largo del año en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Colurella uncinata



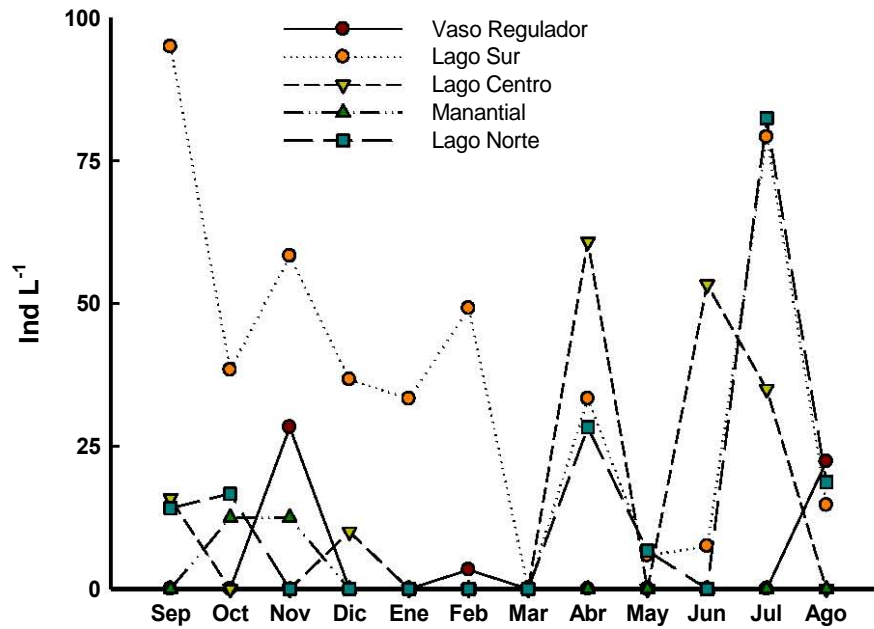
Lepadella patella



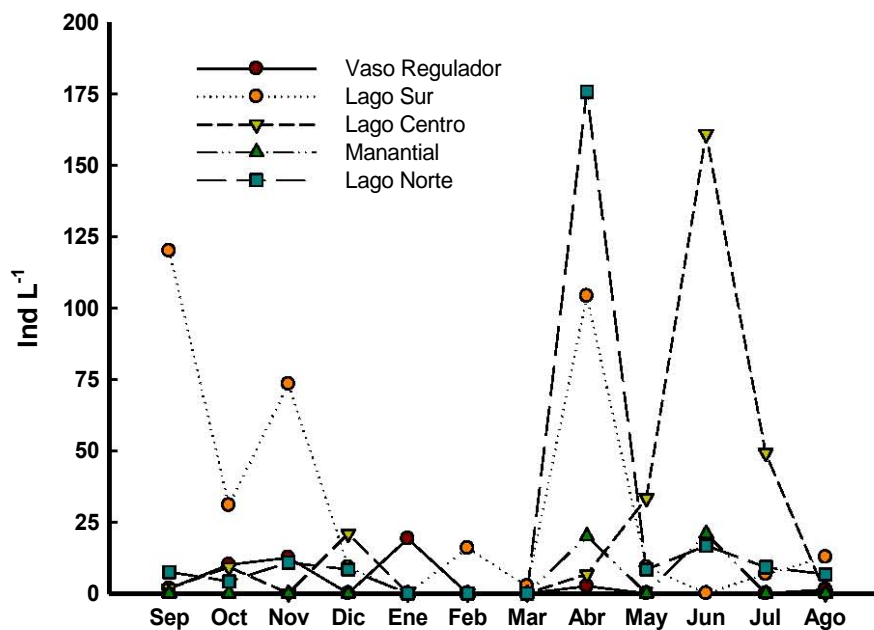
Figs. 14 y 15. Especies con las mayores abundancias a lo largo del año en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Polyarthra vulgaris



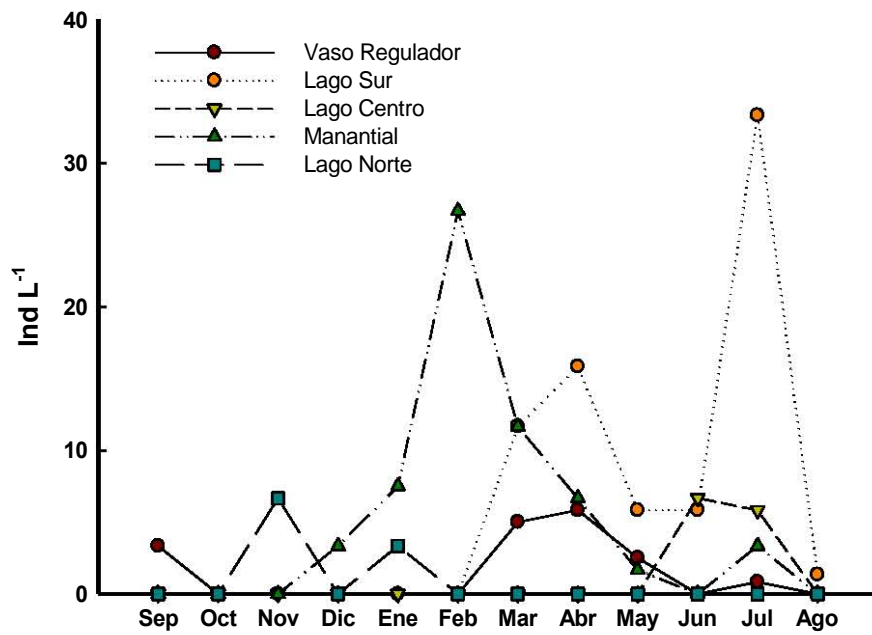
Keratella cochlearis



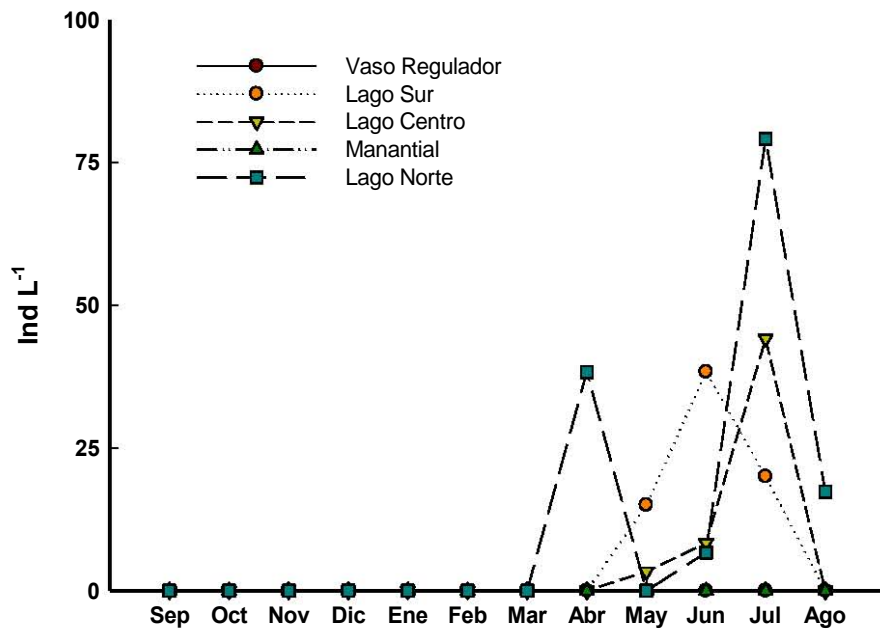
Figs. 16 y 17. Especies con las mayores abundancias a lo largo del año en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Lecane lunaris



Trichocerca pusilla



Figs. 18 y 19. Especies con las mayores abundancias a lo largo del año en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Diversidad

Se analizó la diversidad de especies utilizando el Índice de Shannon-Wiener en cada uno de los cuerpos de agua de la CO. En conjunto, el valor más de alto de diversidad se obtuvo en el Lago Centro en el mes de marzo con 3.66 Bits/Ind mientras que el valor más bajo lo obtuvo el Lago Sur en el mes de marzo con 1.09 Bits/Ind. (Fig. 20). El promedio de la diversidad de rotíferos en todos los cuerpos de agua a lo largo del año fue de 2.69 Bits/Ind. (Fig. 21).

Por otro lado, analizando cada uno de los cuerpos de agua por separado, el valor más alto del Vaso Regulador fue de 3.34 Bits/Ind en el mes de septiembre mientras que el valor más bajo fue de 2.32 Bits/Ind en el mes de enero. El promedio de la diversidad de especies de este sitio en el período anual fue de 2.81 Bits/Ind.

El Lago Sur registró un valor máximo de diversidad de 3.54 Bits/Ind en el mes de abril mientras que el valor mínimo fue de 1.09 Bits/Ind para el mes de marzo; el promedio a lo largo del año fue de 2.54 Bits/Ind.

El Lago Centro presentó como valor más alto de diversidad 3.66 Bits/Ind en el mes de marzo y el valor más bajo fue de 2.25 Bits/Ind en el mes de septiembre. En este sitio el promedio anual fue de 2.79 Bits/Ind.

El Manantial obtuvo un valor de diversidad máxima de 3.16 Bits/Ind en el mes de febrero y una mínima de 1.95 Bits/Ind en el mes de julio. El promedio a lo largo del año fue de 2.71 Bits/Ind.

Finalmente el Lago Norte registró un valor de diversidad máxima de 3.26 Bits/Ind en el mes de agosto y un valor mínimo de 1.63 Bits/Ind en julio. En este sitio el promedio anual de la diversidad de rotíferos fue de 2.60 Bits/Ind.



Índice de Shannon-Wiener

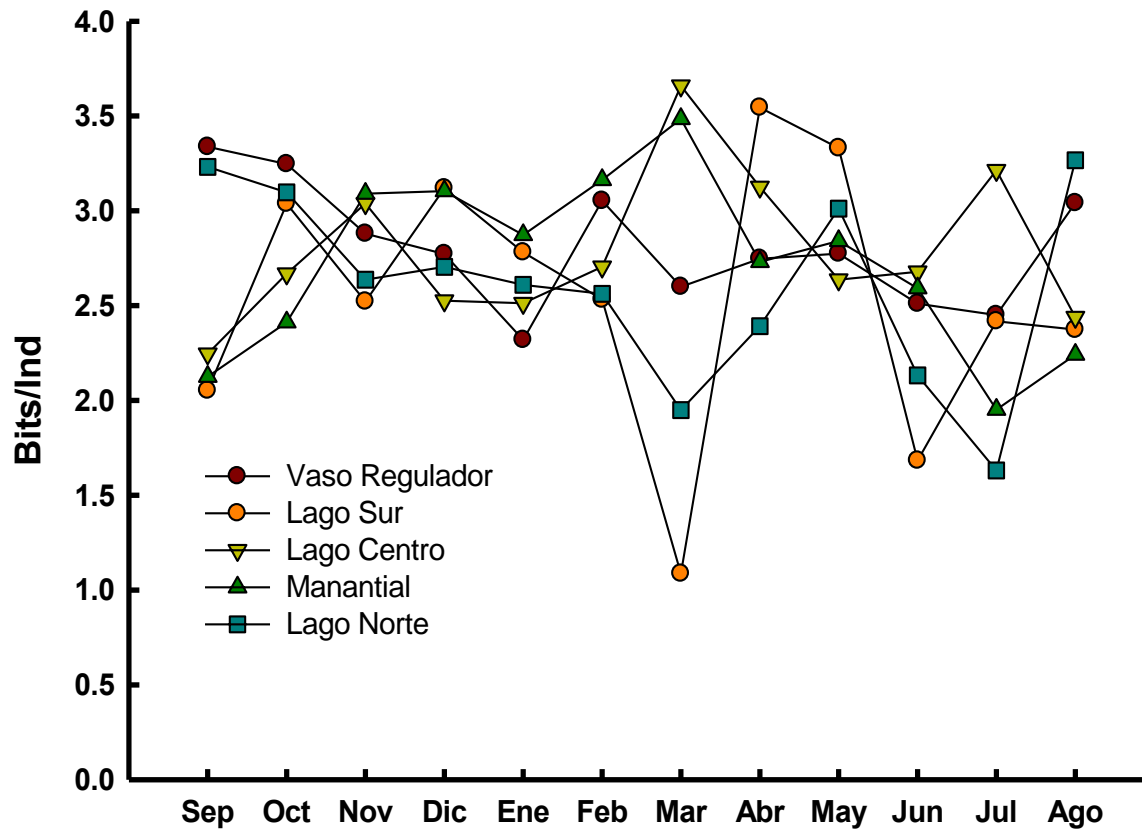


Fig. 20. Variación de la diversidad de especies de rotíferos a lo largo del período 2013-2014 en todos los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Diversidad Anual

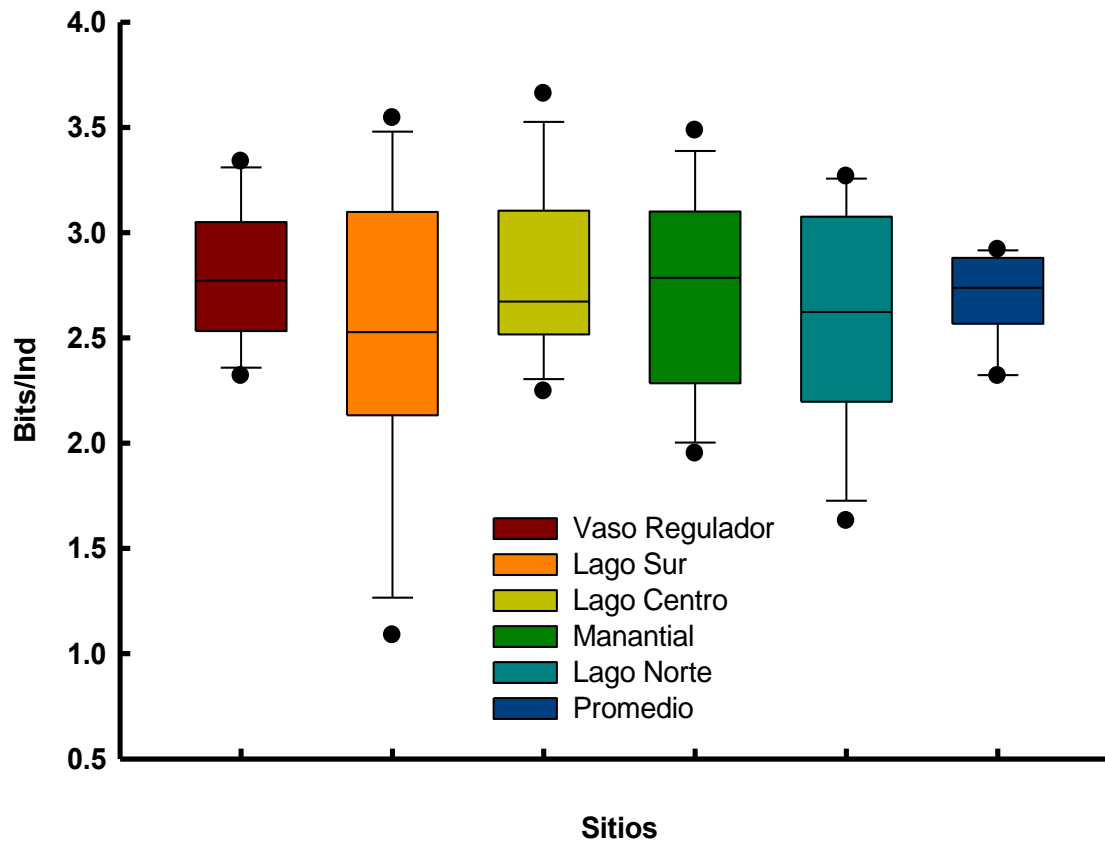


Fig. 21. Variación de la diversidad de especies de rotíferos a lo largo del período 2013-2014 mostrando los promedios anuales con los valores máximos y mínimos en todos los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.



Parámetros Físicoquímicos y Nutrientes

Temperatura (Fig. 22)

El promedio a lo largo de los doce meses de muestreo en todos los cuerpos de agua fue de 18.7 °C, mientras que el intervalo de temperatura varió entre 15.5 y 23.5 °C. En el Vaso Regulador los valores fueron entre 16.0 a 21.7 °C, en el Lago Sur entre 16.0 y 23.5 °C, en el Lago Centro entre 16.2 y 22.3 °C, en el Manantial entre 16.4 y 18.1 °C y finalmente el Lago Norte tuvo valores entre 15.5 y 21.1 °C. La temperatura más baja (15.5°C) se registró en el mes de noviembre en el Lago Norte mientras que el valor más alto (23.5°C) fue en el mes de agosto en el Lago Sur. El Manantial presentó el promedio más bajo de temperatura a lo largo de todo el año (17.4°C) mientras que el Lago Centro obtuvo el valor más alto (19.4°C) durante el período de estudio.

Conductividad (K_{25}) (Fig. 23)

El promedio de los valores de conductividad a lo largo del año en los diferentes cuerpos de agua fue de 404 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Por otro lado el intervalo de los valores estuvo entre 325 y 456 $\mu\text{S cm}^{-1}$. El Vaso Regulador registró valores entre los 325 y 441 $\mu\text{S cm}^{-1}$, el Lago Sur estuvo entre 358 y 430 $\mu\text{S cm}^{-1}$, el Lago Centro varió de 370 a 456 $\mu\text{S cm}^{-1}$ mientras que el Manantial registró entre 374 y 445 $\mu\text{S cm}^{-1}$, finalmente el Lago Norte contabilizó valores entre 379 y 428 $\mu\text{S cm}^{-1}$. El valor más alto (456 $\mu\text{S cm}^{-1}$) fue en el mes de diciembre en el Lago Centro y el valor más bajo (325 $\mu\text{S cm}^{-1}$) fue en el mes de agosto en el Vaso Regulador. El promedio más bajo a lo largo del año fue para el Vaso Regulador con 392 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y el valor más alto fue para el Lago Norte con 409 $\mu\text{S cm}^{-1}$.



Oxígeno Disuelto (Fig. 25)

Al término de las mediciones de todos los sitios durante los meses de muestreo, el promedio fue de 10.1 mg.L^{-1} . El intervalo de los valores durante el período de estudio varió entre 4.2 y 18.7 mg.L^{-1} . El Vaso Regulador registró entre 7.2 y 13.2 mg.L^{-1} , el Lago Sur entre 8.7 y 18.7 mg.L^{-1} , el Lago Centro varió de 5.5 a 15.1 mg.L^{-1} , el Manantial de 4.2 a 6.3 mg.L^{-1} y finalmente el Lago Norte entre 4.4 y 17.5 mg.L^{-1} . El valor más alto (18.7 mg.L^{-1}) fue en el mes de septiembre en el Lago Sur y el más bajo (4.2 mg.L^{-1}) en el mes de julio en el Manantial. El promedio anual más bajo fue para el Manantial con 5.5 mg.L^{-1} mientras que el valor más alto fue en el Lago Sur registrando 13.8 mg.L^{-1} .

Turbidez (Fig. 26)

La turbidez se midió en NTU (Unidades Nefelométricas). Todos los sitios promediaron 6.4 NTU al finalizar los doce meses de muestreo. El intervalo de valores estuvo entre 1 y 27.5 NTU. El Vaso Regulador registró entre 1.5 y 5.6 NTU, el Lago Sur entre 10.5 y 27.5 NTU, el Lago Centro varió de 3.2 a 6.8 NTU, el Manantial de 1 a 1.4 NTU y finalmente el Lago Norte de 2.4 a 4.1 NTU. El valor más bajo lo obtuvo el Manantial en octubre, enero y febrero con datos cercanos a 1 NTU mientras que el valor más alto lo registró el Lago Sur con 27.5 NTU en el mes de octubre. El sitio con el promedio más bajo de turbidez fue el Manantial con un valor de 1.2 NTU mientras que el Lago Sur tuvo el promedio más alto con un valor de 17 NTU.

Clorofila a (Fig. 27)

El valor promedio de los cinco sitios al término de los análisis fue de $44.3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. El intervalo de todos los valores estuvo comprendido entre 0.38 y $126.9 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. El Vaso Regulador presentó datos de entre 0.74 y $25.4 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, el Lago Sur entre 9.6 y $104.5 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, el Lago Centro de 0.65 a $126.9 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, el Manantial de 0.38 a $73.4 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ y el Lago Norte de 2.5 a $98.5 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.



El valor más bajo fue del mes de agosto en el Manantial con $0.38 \mu\text{g.L}^{-1}$ mientras que el valor más alto fue en el Lago Centro en el mes de diciembre con $126.9 \mu\text{g.L}^{-1}$. El sitio con el menor valor promedio de clorofila *a* durante todo el año fue el Manantial con $8.4 \mu\text{g.L}^{-1}$ y el sitio con el valor más alto fue el Lago Sur con $46.3 \mu\text{g.L}^{-1}$.

pH (Fig. 28)

El promedio final de los doce meses en todos los cuerpos de agua fue de 7.9, un poco mayor a la neutralidad. El intervalo general varió entre 6.4 y 9.9. El Vaso Regulador varió entre 6.4 y 8.2, el Lago Sur entre 7.8 y 9.9, el Lago Centro de 7.3 a 9.5, el Manantial entre 6.4 y 8.2 y el Lago Norte de 6.5 a 9.1. El valor más bajo (6.4) lo obtuvieron el Vaso Regulador en junio y el Manantial en diciembre y mayo, mientras que el valor más alto (9.9) fue en septiembre en el Lago Norte. Por otro lado el promedio anual más bajo fue de 7.1 en el Manantial y el más alto fue de 9.2 en el Lago Sur.

Dureza Total (Fig. 29)

El promedio de todos los sitios al término de los muestreos fue de 154mg.L^{-1} . Los valores generales registrados fueron de 100 a 200mg.L^{-1} . El Vaso Regulador, el Lago Sur y el Manantial presentaron de 100 a 200mg.L^{-1} . El Lago Centro osciló entre 120 y 190mg.L^{-1} y el Lago Norte de 130 a 190mg.L^{-1} . El valor más bajo (100mg.L^{-1}) lo obtuvieron el Vaso Regulador y el Lago Sur en octubre mientras que el valor más alto (200mg.L^{-1}) lo obtuvieron los mismos sitios y el Manantial en los meses de noviembre (todos), marzo y mayo (sólo el Vaso Regulador). El promedio por sitios registró al Manantial con el valor más bajo contabilizando 140mg.L^{-1} y al Vaso Regulador con el valor más alto, registrando 172mg.L^{-1} .

Alcalinidad Total (Fig. 30)

El valor promedio de todos los sitios fue de 83mg.L^{-1} , mientras que los valores de todos los sitios oscilaron entre 60 y 104mg.L^{-1} . El Vaso Regulador presentó entre 60 y 84mg.L^{-1} , el Lago Sur entre 80 y 104mg.L^{-1} , el Lago Centro entre 76 y 92mg.L^{-1} , el Manantial varió de 76 a 88mg.L^{-1} y el Lago Norte entre 70 y 100mg.L^{-1} .



El valor más bajo (60 mg.L^{-1}) fue durante los meses de enero y abril en el Vaso Regulador mientras que el valor más alto (104 mg.L^{-1}) fue en el mes de febrero en el Lago Sur. En lo referente al promedio por sitios, el valor más bajo lo registró el Vaso Regulador con 70 mg.L^{-1} mientras que el más alto fue para el Lago Sur con 91 mg.L^{-1} .

Nitratos (Fig. 31)

El promedio general de los datos fue de 7.6 mg.L^{-1} . El intervalo de los valores osciló entre 2.4 y 12.2 mg.L^{-1} . El Vaso Regulador tuvo un mínimo de 7.3 y un máximo de 9.4 mg.L^{-1} , el Lago Sur registró cifras de 2.6 a 12.2 mg.L^{-1} , el Lago Centro entre 4.4 y 10.1 mg.L^{-1} , el Manantial de 6.1 a 11.4 mg.L^{-1} y finalmente el Lago Norte con 2.4 a 10.3 mg.L^{-1} . El valor más bajo (2.4 mg.L^{-1}) lo registró el Lago Norte en el mes de junio mientras que el valor más alto (12.2 mg.L^{-1}) lo obtuvo el Lago Sur en el mes de diciembre. El sitio con el menor promedio anual fue el Lago Sur con 5.6 mg.L^{-1} y el sitio con el valor más elevado fue el Manantial con 8.4 mg.L^{-1} .

Fósforo Reactivo Disuelto (FRD) (Fig. 32)

El valor promedio de todos los sitios durante el transcurso del año fue de 0.32 mg.L^{-1} . Los valores de FRD de los cuerpos de agua oscilaron entre 0.03 y 0.84 mg.L^{-1} . El Vaso Regulador estuvo entre 0.09 y 0.52 mg.L^{-1} , el Lago Sur varió entre 0.03 y 0.43 , el Lago Centro de 0.08 a 0.47 , el Manantial de 0.12 a 0.84 mg.L^{-1} y el Lago Norte de 0.08 a 0.54 mg.L^{-1} . El valor más bajo (0.03 mg.L^{-1}) fue en los meses de septiembre y octubre en el Lago Sur mientras que el valor más alto obtenido (0.84 mg.L^{-1}) fue en el mes de junio en el Manantial. El promedio anual registró el valor más bajo con 0.13 mg.L^{-1} al Lago Sur y el valor más alto con 0.48 mg.L^{-1} al Manantial.



Temperatura

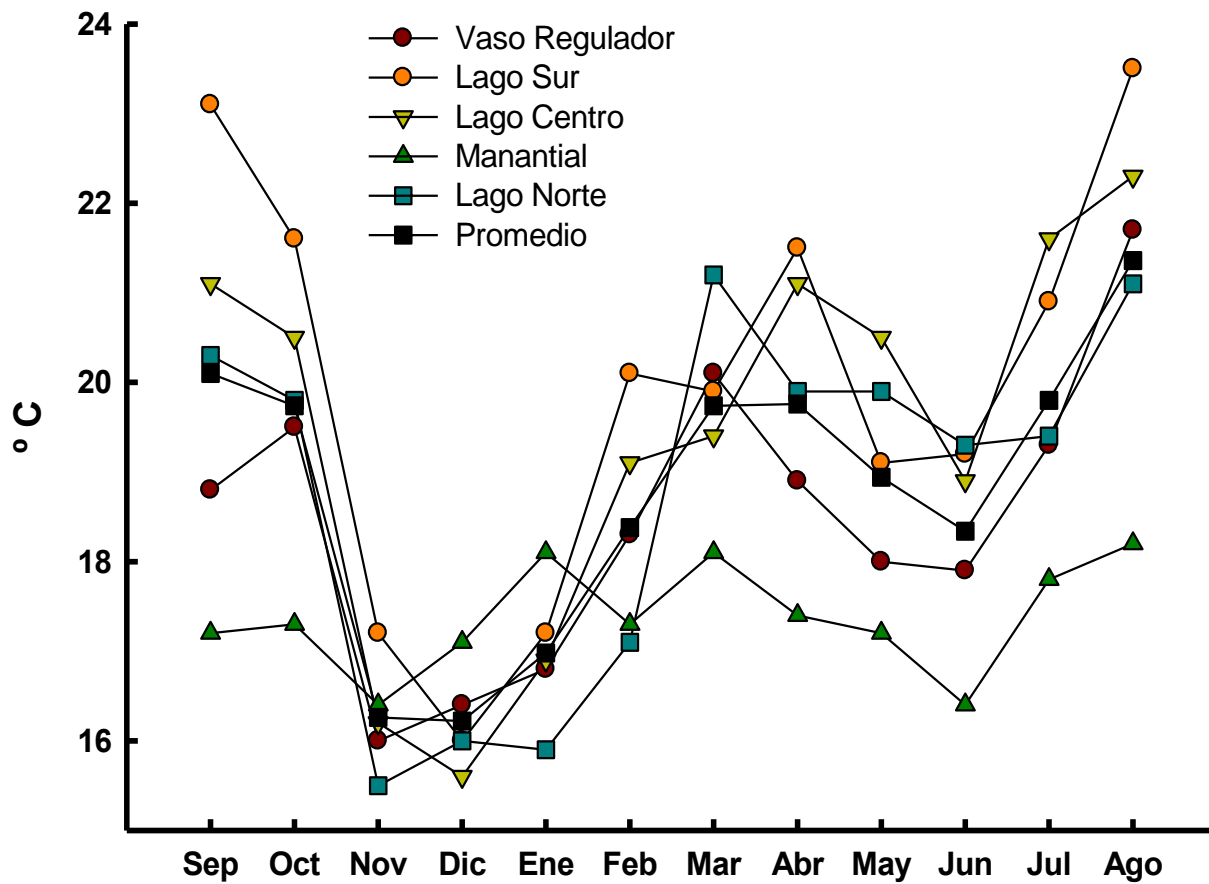


Fig. 22. Temperatura a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Conductividad Específica

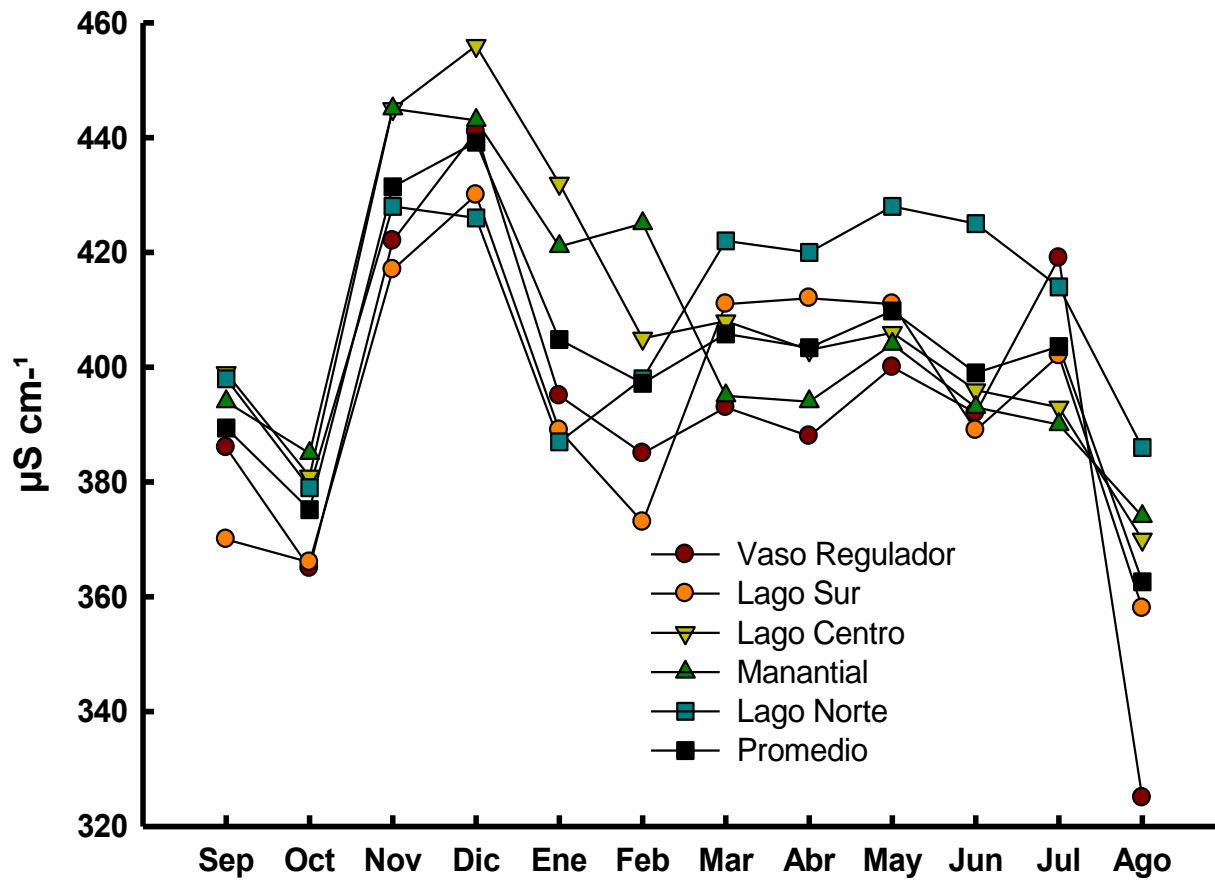


Fig. 23. Conductividad a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Saturación de Oxígeno

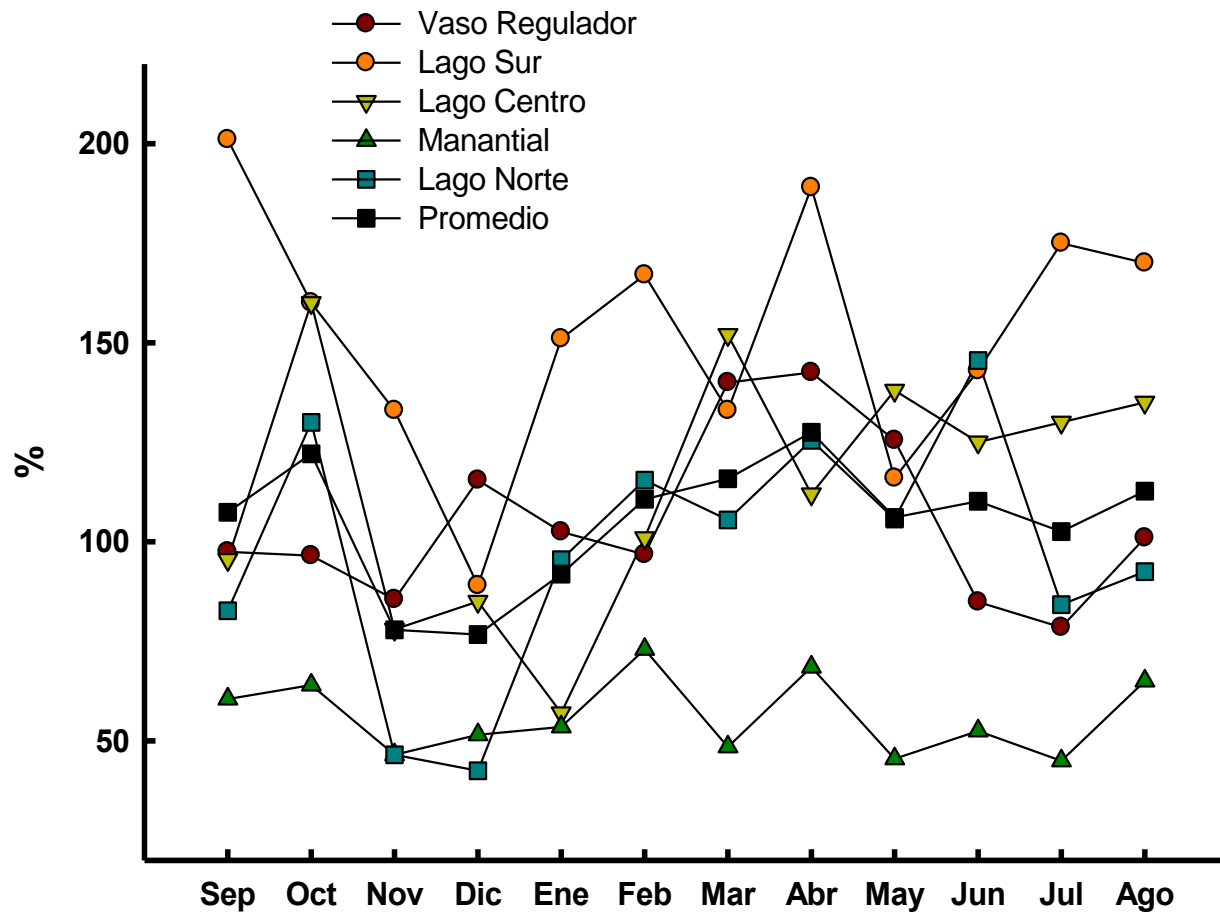


Fig. 24. Porcentaje de Saturación de Oxígeno a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Oxígeno Disuelto

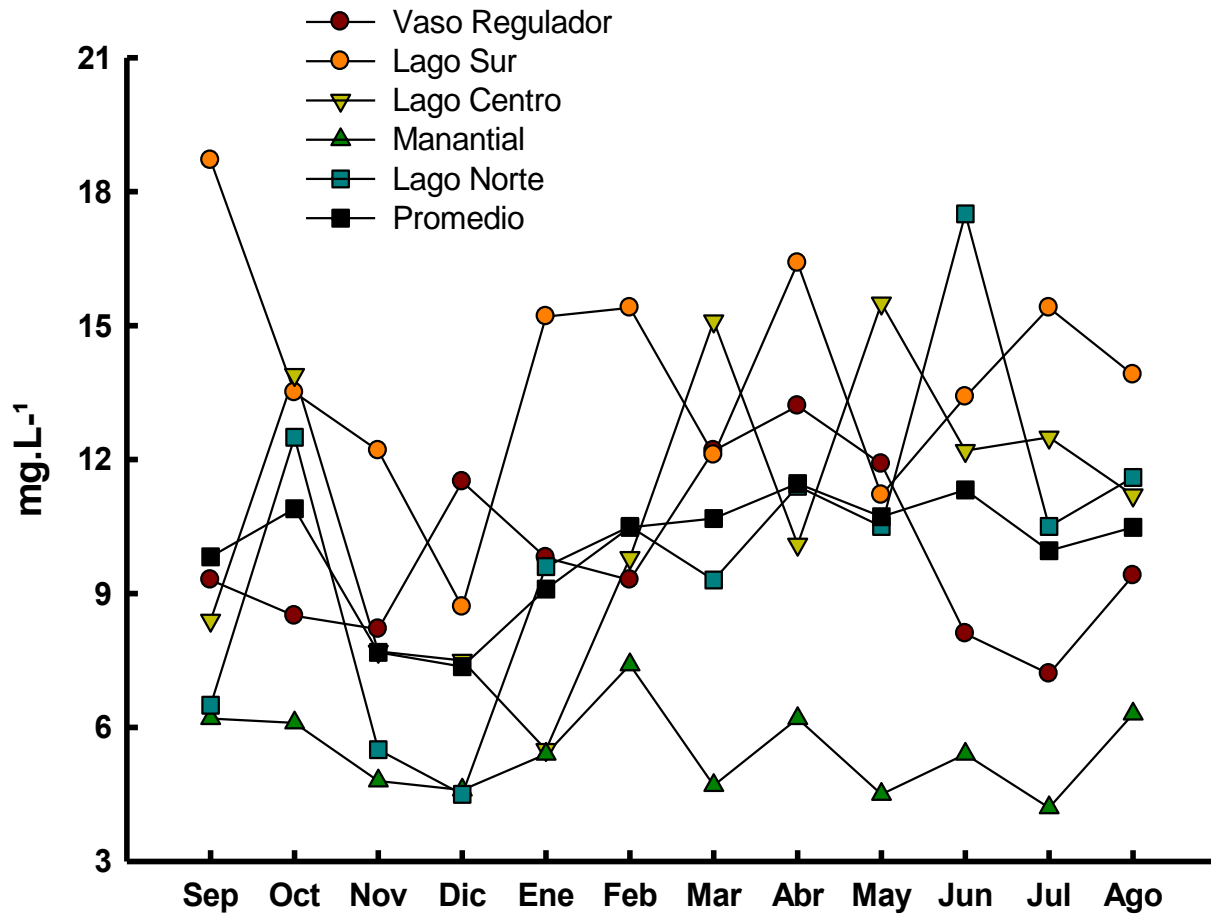


Fig. 25. Niveles de Oxígeno Disuelto a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Turbidez

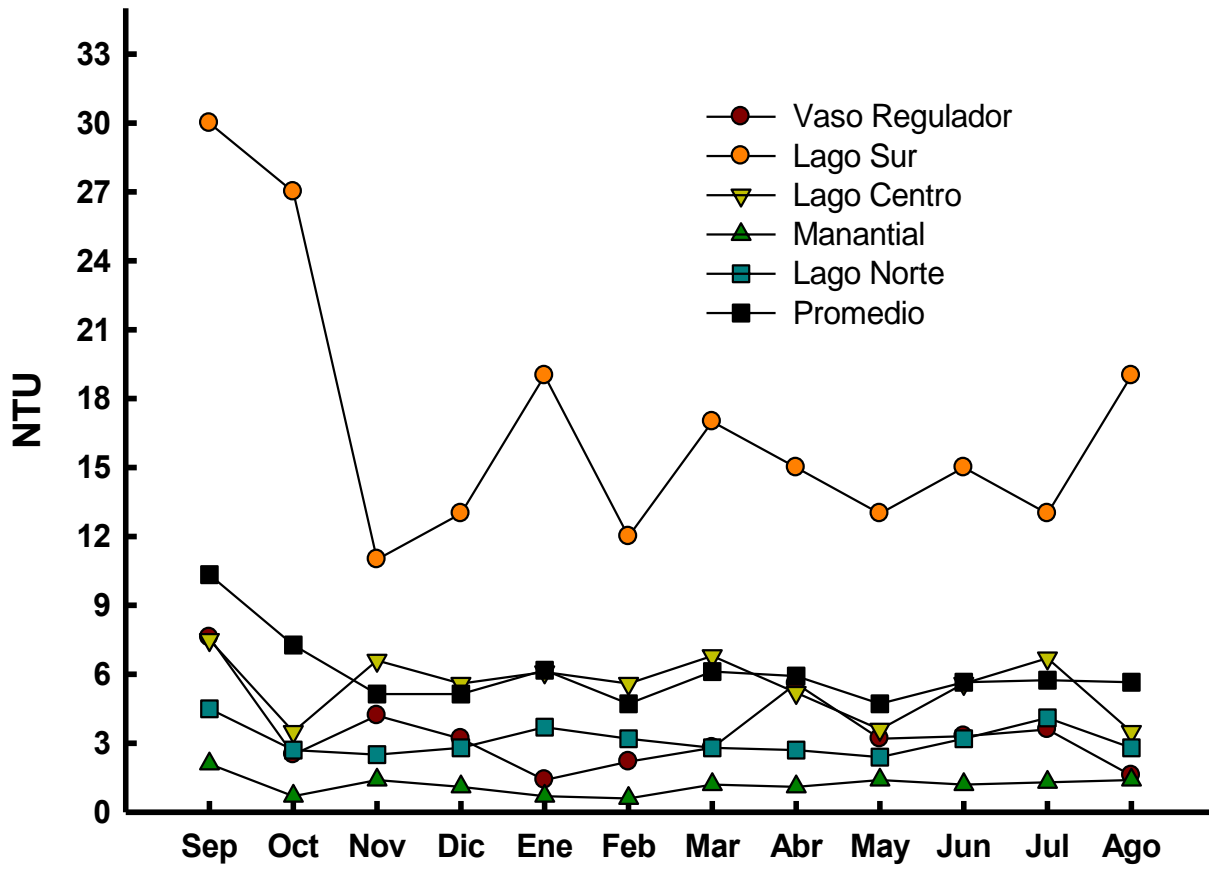


Fig. 26. Turbidez a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Clorofila a

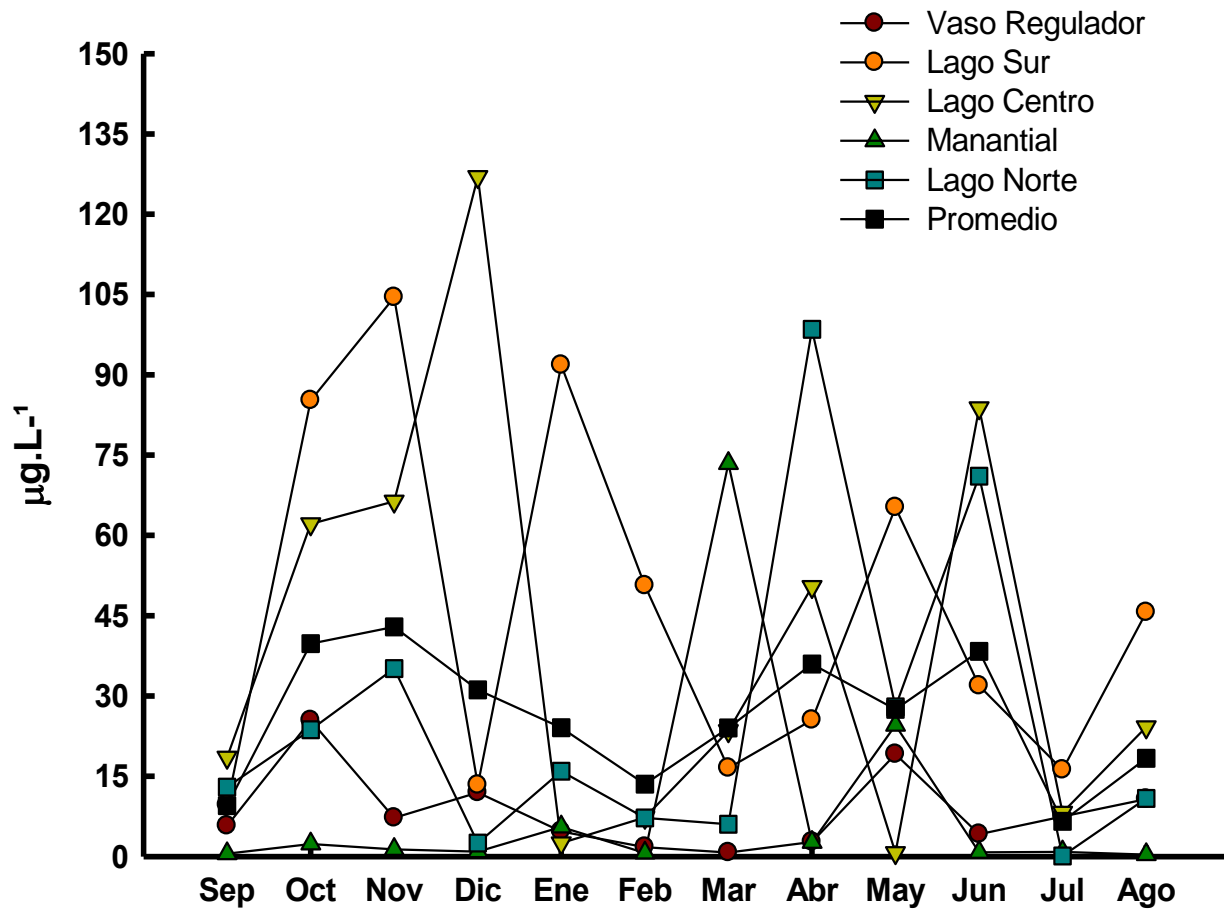


Fig. 27. Valores de Clorofila a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.

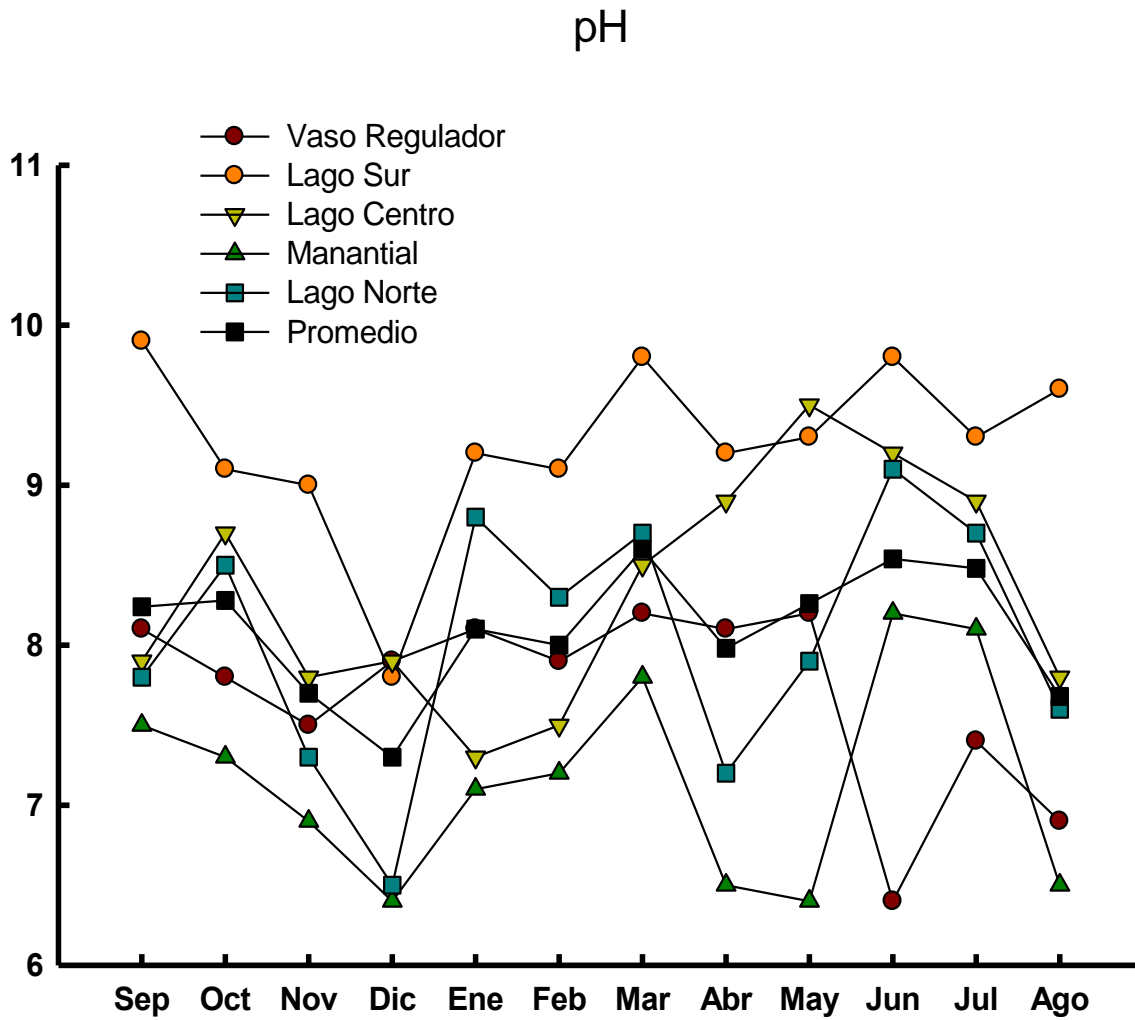


Fig. 28. Niveles de pH a lo largo del periodo 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Dureza Total

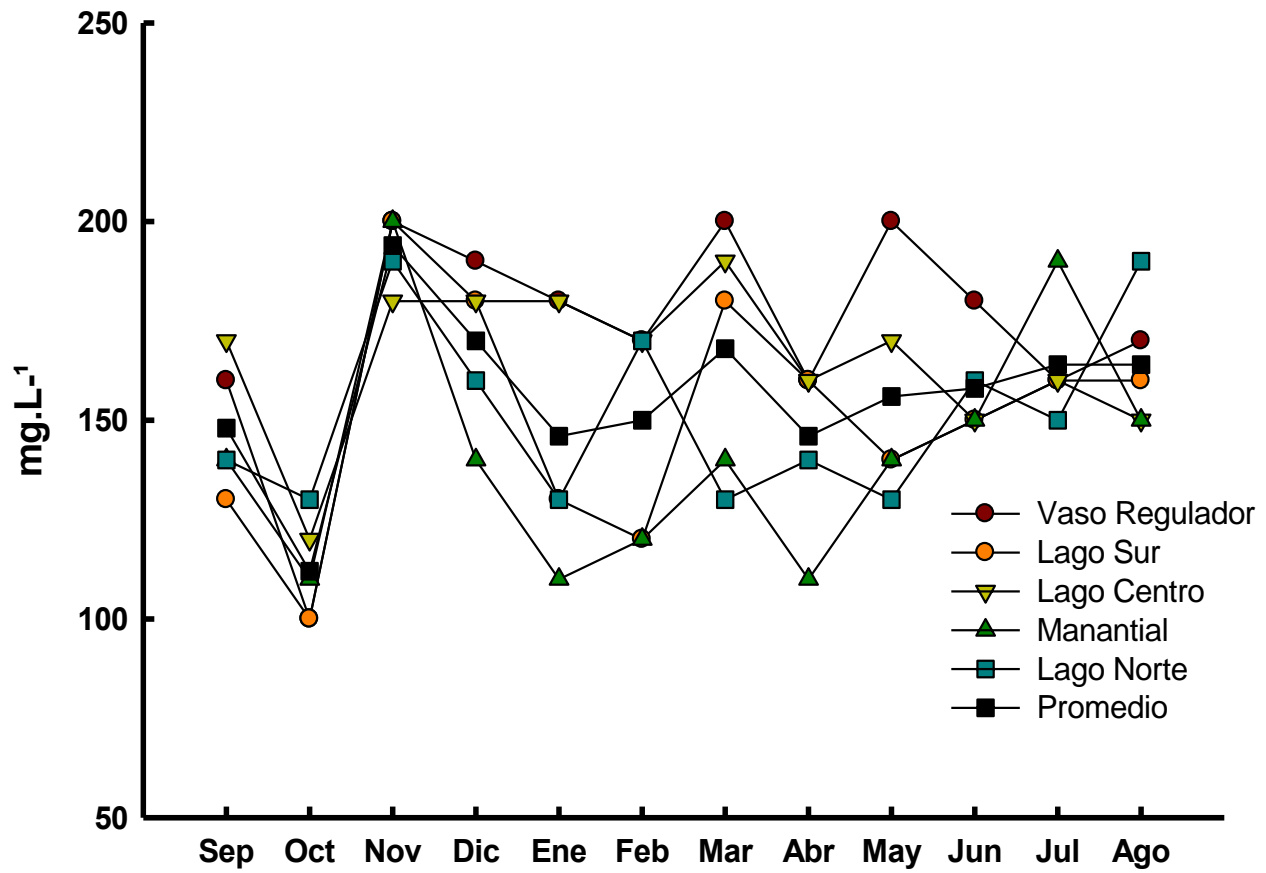


Fig. 29. Dureza Total a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Alcalinidad Total

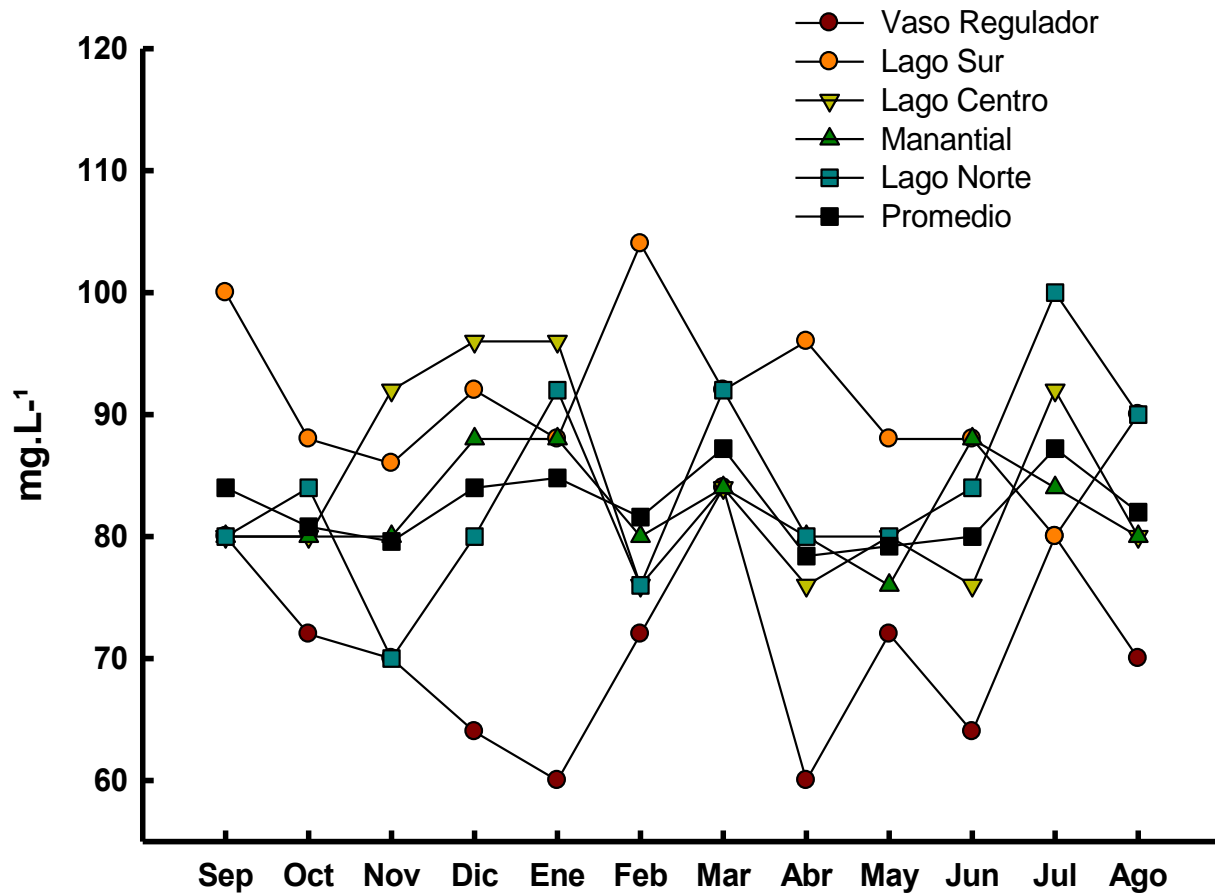


Fig. 30. Alcalinidad Total a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Nitratos

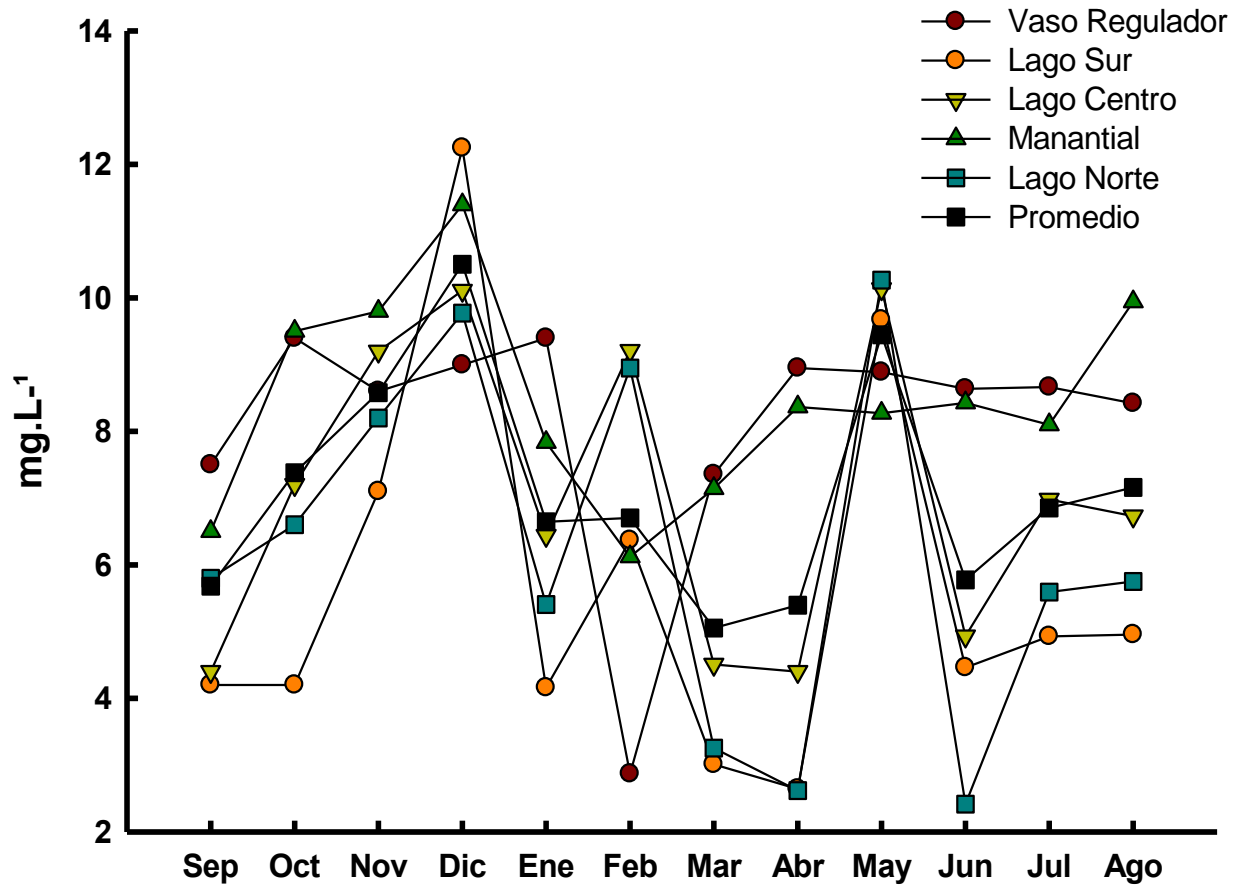


Fig. 31. Niveles de Nitratos a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Fósforo Reactivo Disuelto

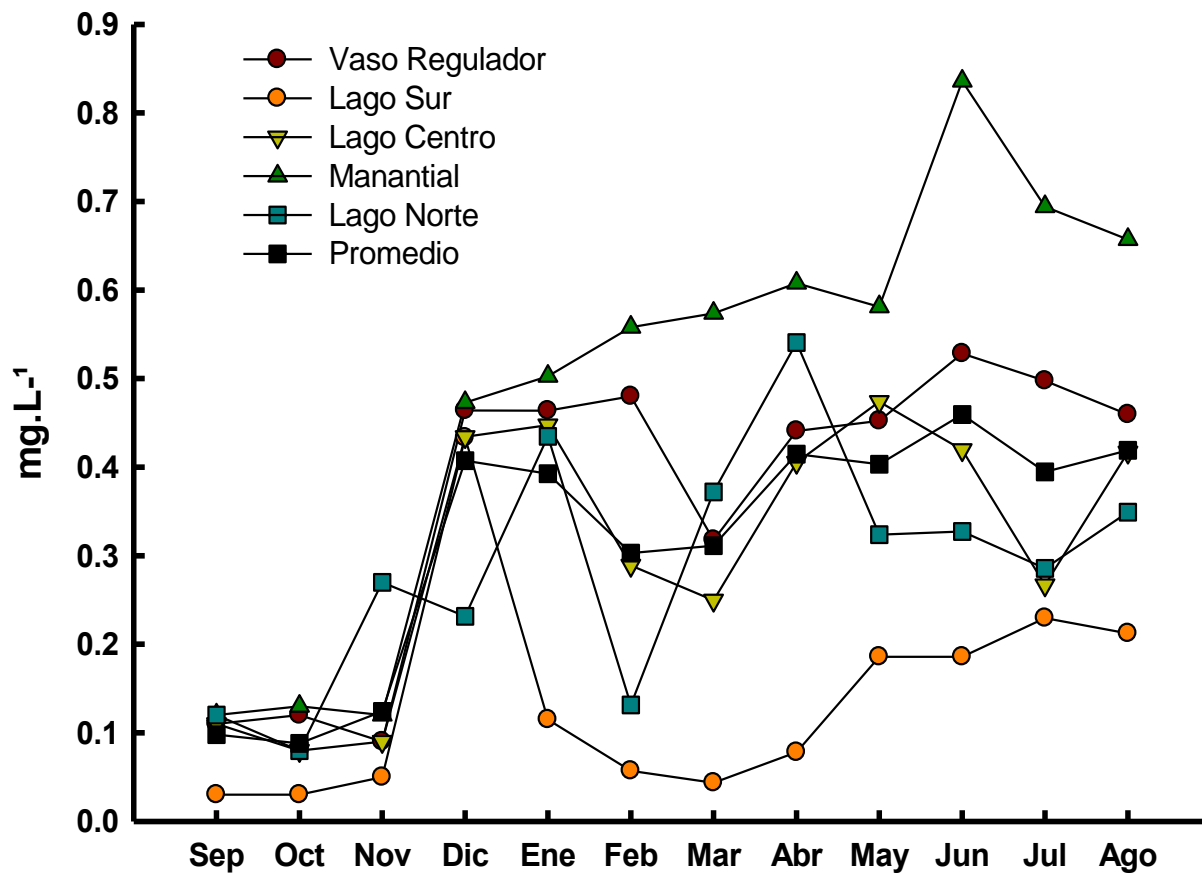


Fig. 32. Niveles de Fósforo reactivo disuelto a lo largo del período 2013-2014 en los diferentes sitios de muestreo en la Cantera Oriente.



Análisis Estadísticos

Se realizaron análisis de correspondencia canónica con el objetivo de poder establecer qué variables en el sistema pueden explicar de mejor manera la presencia de algunas de las especies y su relación con los parámetros fisicoquímicos en cada uno de los sitios de muestreo. En un inicio se utilizaron todas las especies de cada uno de los cuerpos de agua para obtener el análisis pero se fueron descartando al no tener un valor estadísticamente significativo. Finalmente se obtuvieron las gráficas de correlación canónica con las especies dominantes en cada sitio; cabe señalar que en cada uno de los análisis se explica más del 60 % de la variación acumulada en los dos primeros ejes de ordenación.

Como se puede apreciar en las figuras 33 a 37 las especies dominantes de rotíferos están ampliamente distribuidas en la gráfica y eso las vincula de cierta manera a determinadas variables ambientales, sin embargo, también se puede observar que existen especies que no se asocian a ninguna variable y por lo tanto se puede considerar que se encuentran dentro del intervalo de tolerancia a las mismas.



Vaso Regulador

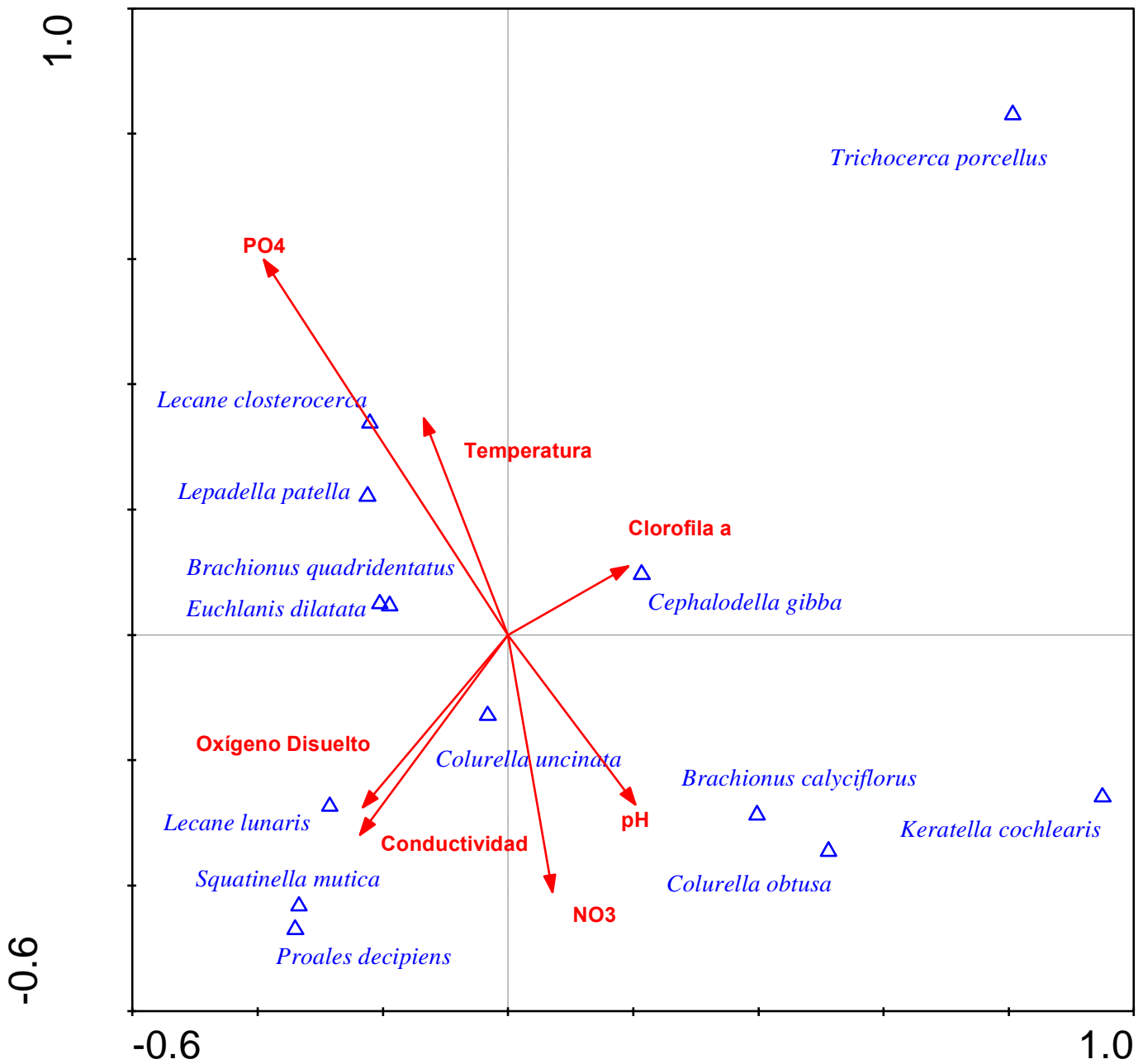


Fig. 33. Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y los parámetros fisicoquímicos a lo largo del período 2013-2014 en el Vaso Regulador.



Lago Sur

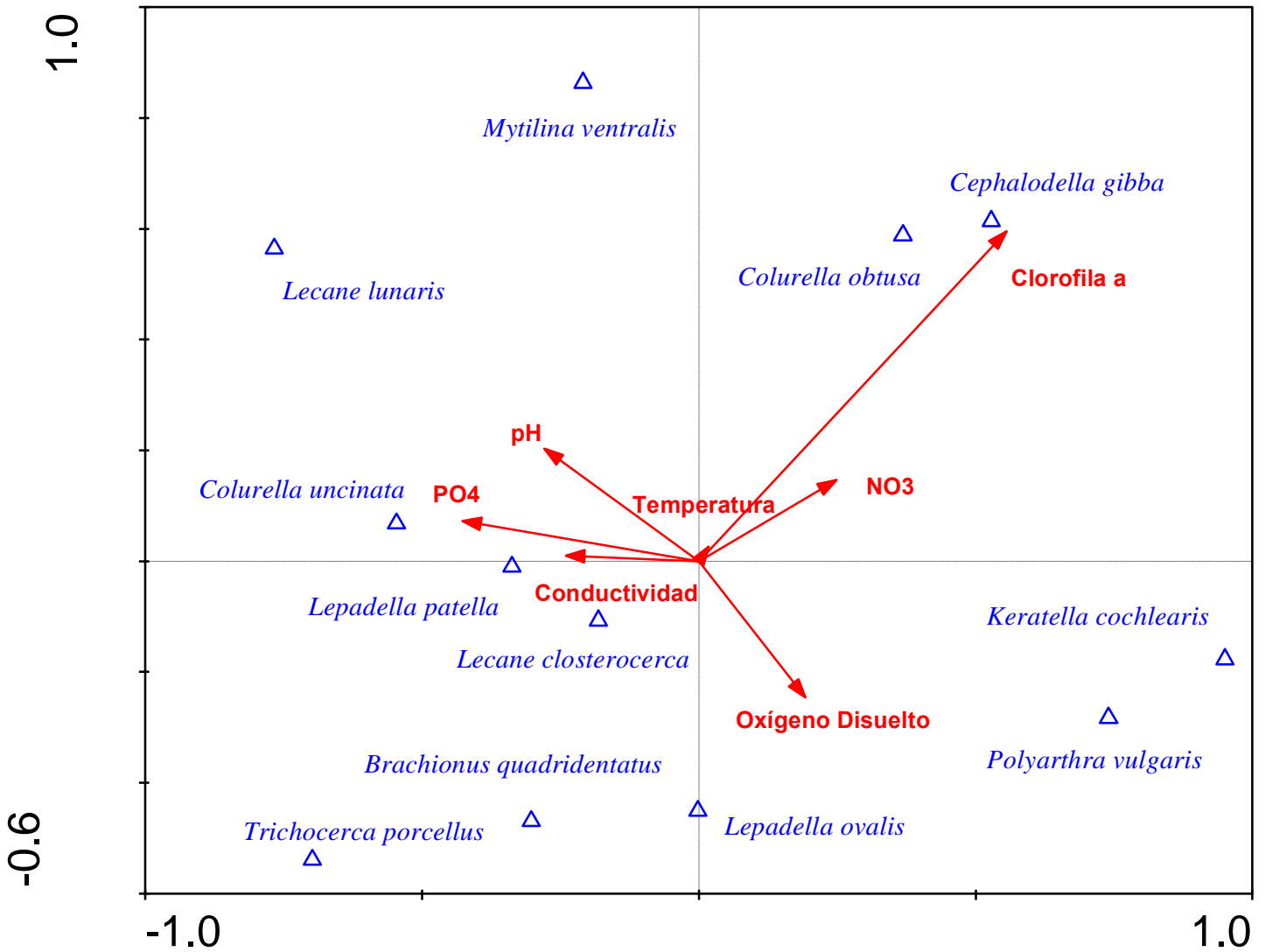


Fig. 34. Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y los parámetros fisicoquímicos a lo largo del período 2013-2014 en el Lago Sur.



Lago Centro

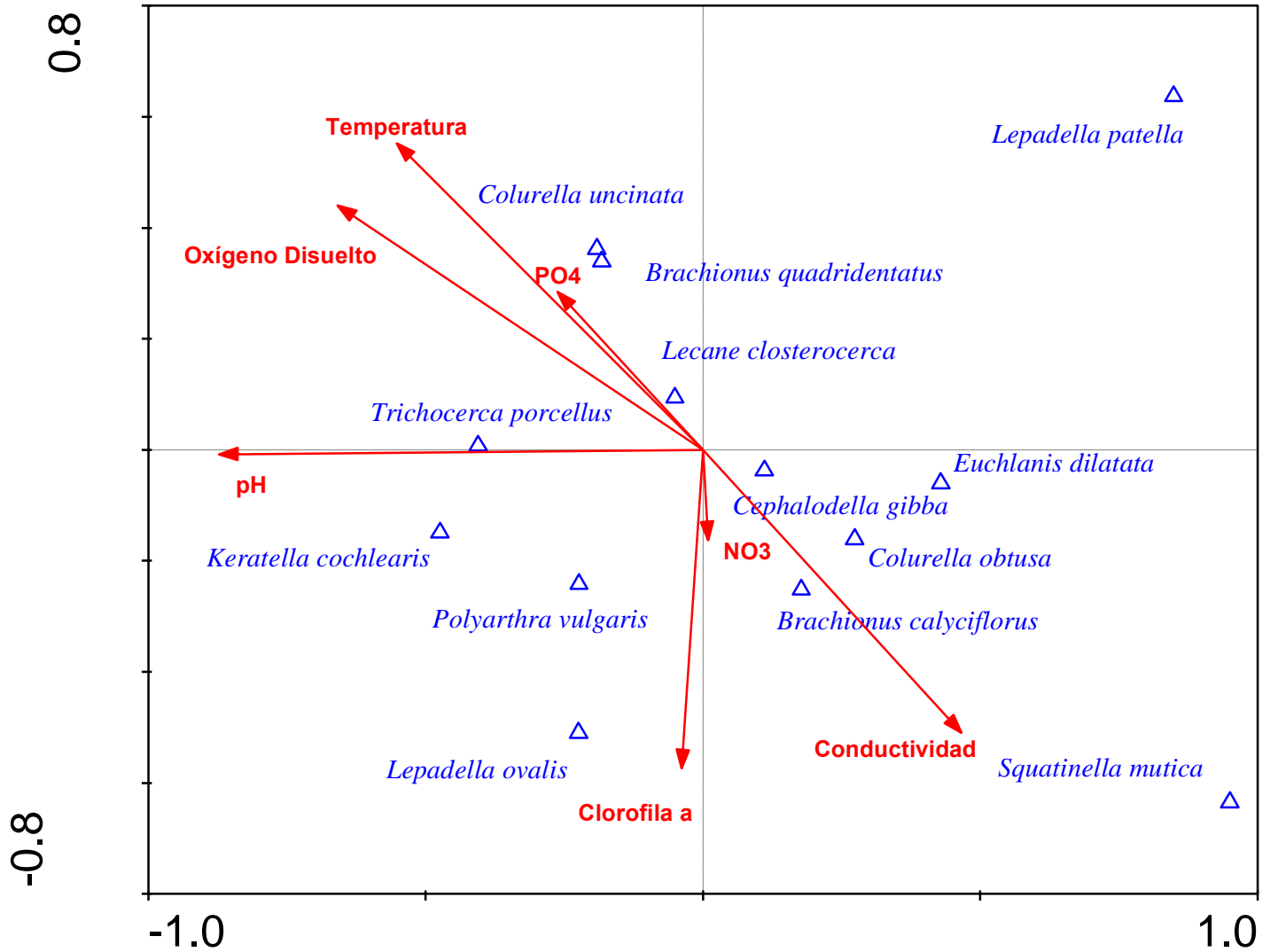


Fig. 35. Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y los parámetros fisicoquímicos a lo largo del período 2013-2014 en el Lago Centro.



Manantial

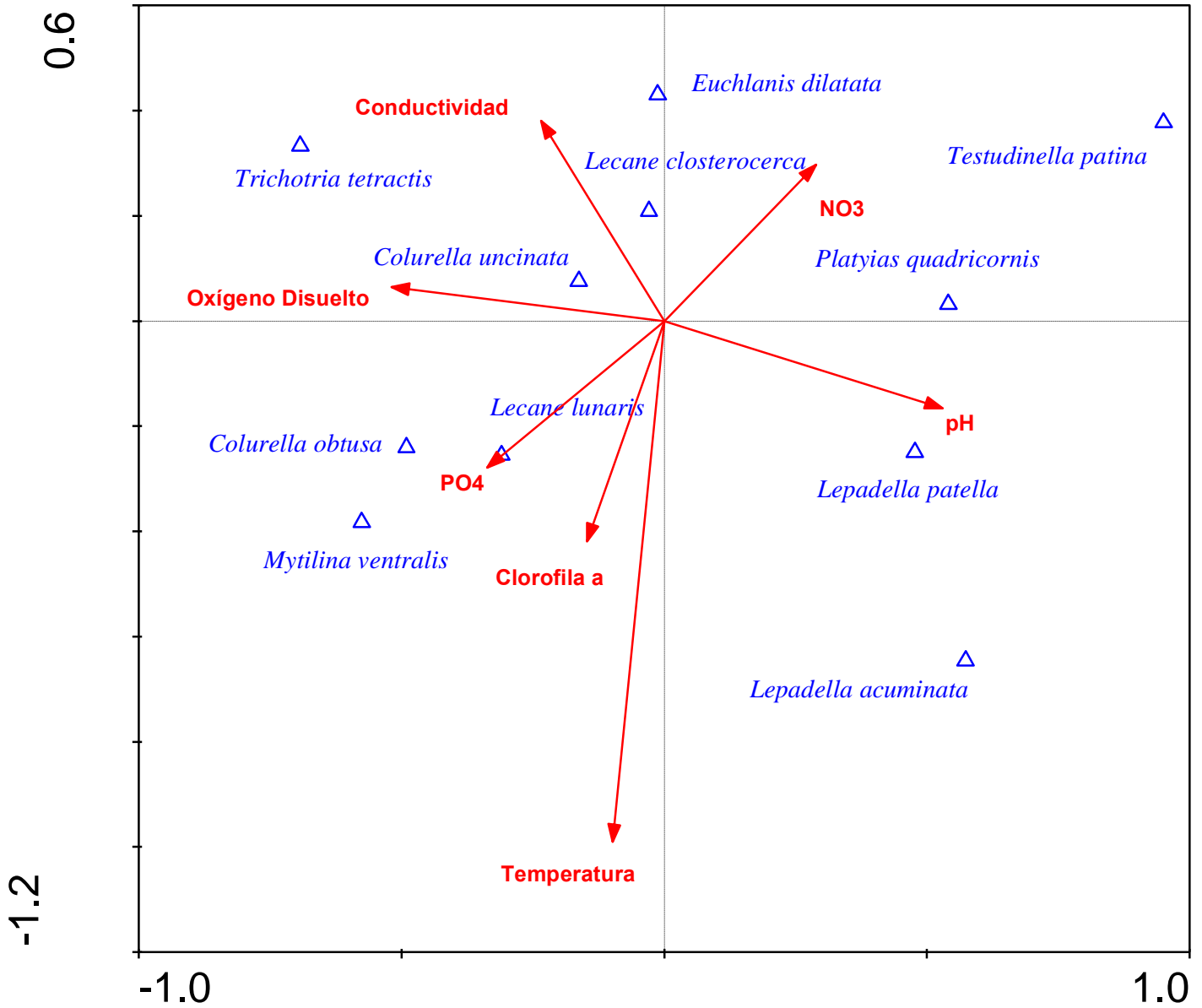


Fig. 36. Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y los parámetros fisicoquímicos a lo largo del período 2013-2014 en el Manantial.



Lago Norte

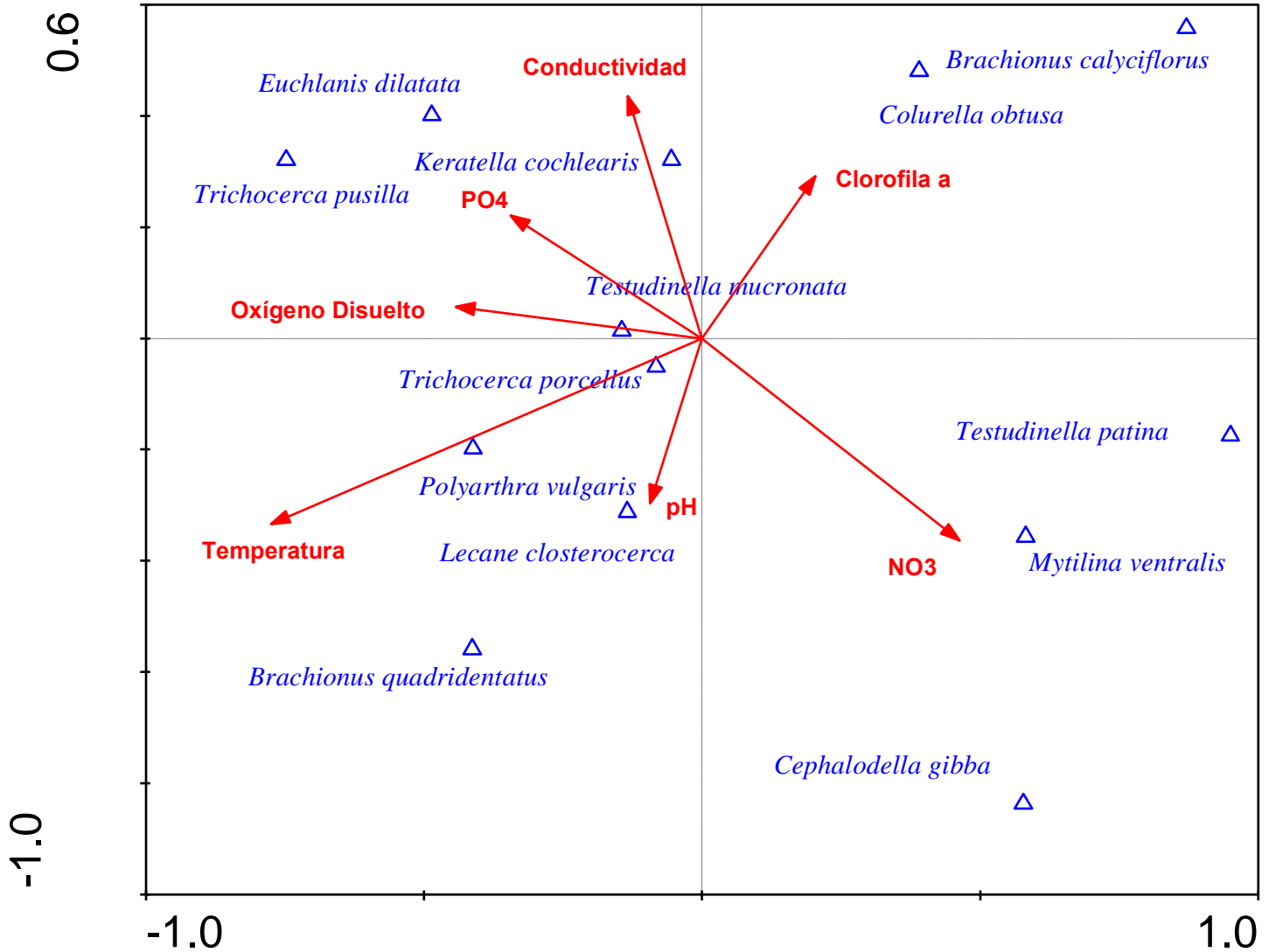


Fig. 37. Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies de rotíferos dominantes y los parámetros fisicoquímicos a lo largo del período 2013-2014 en el Lago Norte.



Discusión

Los lagos poco profundos han llamado la atención de los limnólogos en años recientes por la importancia ecológica que representa su alta diversidad y la dinámica de sus nutrientes (Moss, 2010). En los últimos años, los cuerpos de agua epicontinentales se enfrentan a problemas de eutrofización y otros temas relacionados (pérdida de la biodiversidad, contaminación química, proliferación de especies exóticas) por lo tanto se necesitan implementar medidas correctas para su preservación y/o restauración. Sin embargo el primer paso debe ser medir el estado de los sistemas de agua analizando la estructura de sus comunidades biológicas: Se ha observado que el zooplancton es un excelente indicador del estado trófico de los lagos (Castro *et al.*, 2005).

El desarrollo urbano afecta negativamente la riqueza de especies y por ende los ambientes acuáticos naturales van siendo reemplazados por pequeños cuerpos de agua artificiales y, aunque la riqueza de especies en estos sitios se ha encontrado muy similar a la de los relativamente no dañados, las comunidades de rotíferos en los lagos urbanos son poco conocidas (Ejsmont-Karabin y Kuczyńska-Kippen 2001). La Cantera Oriente (CO) se encuentra localizada en una zona altamente urbanizada por lo tanto presenta un hábitat muy diferente a los de otros cuerpos de agua epicontinentales (Lot, 2007).

Los cuerpos de agua de la CO en el Distrito Federal se localizan en una zona de transición climática denominada Región Neotropical ya que por su ubicación latitudinal podrían clasificarse como tropicales pero por las bajas temperaturas medidas en el agua debido a la altitud y a la diferente irradiación solar que recibe cada uno de ellos, se podrían catalogar como templados (Lewis, 1996).



En la República Mexicana, Sarma *et al.* (2009) reportaron cerca de 300 especies de rotíferos representadas en 4 órdenes y 27 familias. En el presente estudio se encontraron 68 especies de rotíferos pertenecientes a 3 órdenes y 15 familias. A nivel de familias este estudio representa el 56 % de las que se conocen en el país.

Las familias más representadas en este trabajo fueron Lecanidae con 16 especies, Lepadellidae con 9 especies, Brachionidae con 8 especies y Notommatidae con 8 especies, por lo tanto se ratifica lo que Segers (1995) menciona respecto a que la familia Lecanidae es típica de las zonas litorales en cuerpos de agua dulce ya que aunque pueden nadar cortas distancias dependen de un sustrato y también es interesante señalar que es el segundo género con mayor diversidad de rotíferos en el mundo; mientras que Kuczyńska-Kippen (2014) señala que los géneros *Lepadella* y *Cephalodella* son típicamente litorales en cuerpos de agua poco profundos y que presentan una alta transparencia.

En el Distrito Federal se han reportado 90 especies de rotíferos (Serranía, 2006) por lo tanto este estudio reporta el 76% de la riqueza específica total de rotíferos para el territorio. Por lo anterior se puede considerar que los cuerpos de agua de la CO presentan una alta diversidad de rotíferos y coincide con otros estudios en la zona central del país con alta diversidad (Jiménez-Contreras, 2007; Osnaya, 2010; Muñoz-Colmenares, 2014).

Es interesante señalar que la gran mayoría de los cuerpos de agua localizados a grandes altitudes en México tienen más de 30 especies de rotíferos aunque rara vez el número es mayor de 70 (Sarma y Elías-Gutiérrez, 1998). Por ejemplo en Valle de Bravo, una reserva de agua localizada a 1830 msnm, la diversidad de rotíferos es cercana a 30 especies (Nandini *et al.*, 2008).

Rico-Martínez y Silva-Briano (1993) reportan más de 10 especies de *Brachionus* en lagos de la zona central de México. La presencia de éste género es raro en aguas a bajas temperaturas (<16°C) a nivel mundial (Koste, 1978; Wallace *et al.*, 2006).



En este estudio se encontraron 4 especies de *Brachionus*, posiblemente una razón de la baja diversidad del género es la profundidad de los lagos (Claps *et al.*, 2011). Por lo anterior su distribución en cuerpos de agua situados a grandes altitudes en México, requiere un mayor estudio.

De igual forma García-Morales y Elías-Gutiérrez (2004) mencionan que las familias Brachionidae, Lecanidae y Trichocercidae se encuentran en casi todos los cuerpos dulceacuícolas en México. Sládeček (1983) propone el índice $Q_{B/T}$, el cual nos proporciona información sobre el nivel trófico de los sistemas dulceacuícolas y para ello se requiere la presencia de especies de *Brachionus* y de *Trichocerca*, las primeras son típicas de cuerpos de agua eutróficos y las segundas caracterizan a los sistemas oligotróficos.

Los valores del índice $Q_{B/T}$ entre 0 y 1 indican condiciones de oligotrofia, entre 1 y 2, de mesotrofia y finalmente valores mayores de 2 corresponden a cuerpos de agua eutróficos. Tomando en cuenta las especies encontradas en la CO y aplicando el anterior índice podríamos decir en general, que todos los cuerpos de agua de la CO son oligotróficos aunque considerando otros factores como niveles de clorofila *a*, densidad de las especies de rotíferos y materia orgánica suspendida debemos determinar si es aplicable y viable para nuestro estudio.

La CO presenta cuerpos de agua artificiales con profundidades de 0.5 hasta 5 metros dependiendo de la zona, los cuales se originaron a partir de la extracción de la roca basáltica del lugar (Lot, 2007). Los lagos son alimentados por el agua de lluvia, el drenaje de las colonias aledañas y por filtraciones del subsuelo; por lo anterior, el agua de la CO presenta altos niveles de nutrimentos en ciertos meses del año. El sistema de lagos en la CO se puede caracterizar en general como heterogéneo debido en parte a la diferencia de valores en parámetros tales como temperatura, pH, clorofila *a*, etc. Lo cual coincide con el intervalo de tolerancia a diferentes variables fisicoquímicas de los rotíferos reportado en México por García-Morales y Elías-Gutiérrez (2004), Serranía (2006), Enríquez (2009) y Jiménez-Contreras (2009); cabe señalar que dicha tolerancia varía dependiendo de cada especie (Bērziņš y Pejler, 1989).



Es sabido que uno de los factores más importantes para modificar el metabolismo de los organismos y por lo tanto generar cambios en la riqueza específica es la variación de la temperatura (Snell *et al.*, 1987; Duggan *et al.*, 1998; Alcocer y Bernal-Brooks, 2010) en este caso, el promedio anual fue de 18.7°C, resaltando que el Lago Norte tuvo 15.5°C en el mes de noviembre siendo la más baja registrada en los cinco cuerpos de agua mientras que el Lago Sur obtuvo la mayor temperatura del estudio a lo largo del año en el mes de agosto con 23.5°C.

Dentro de este intervalo de temperatura la gran mayoría de los rotíferos alcanzan grandes abundancias ya que son valores óptimos para su crecimiento y reproducción (Pejler y Bērzinš, 1989).

El pH mantuvo un rango de 6.4 a 9.9 con un promedio anual de 7.9, esto significa en general que los lagos se pueden considerar ligeramente ácidos a alcalinos y se encuentran dentro del intervalo de tolerancia de la gran mayoría de las especies de rotíferos reportado por Bērzinš y Pejler (1987).

Los datos de pH obtenidos son parecidos a los de otros reservorios de agua mexicanos en el centro del país, como lo reportan Aguilar (2013) en un cuerpo de agua mesotrófico, Figueroa-Sánchez (2014) en dos lagos eutróficos y Muñoz-Colmenares (2014) en un lago oligotrófico.

Sládeček (1983) señala que en aguas con $\text{pH} > 7$ existen pocas especies con un gran número de individuos mientras que en aguas con tendencias hacia la acidez se registra una mayor diversidad con bajas abundancias. En este estudio se observó lo contrario ya que el Lago Sur presentó los niveles más altos de pH y la mayor riqueza específica, esto puede deberse en parte a la fotosíntesis en proceso, la presencia o ausencia de depredadores y a los niveles de nutrientes en el ambiente (Wallace *et al.*, 2006; Kuczyńska-Kippen, 2014).

La conductividad anual promedio de $405 \mu\text{S cm}^{-1}$ es ligeramente mayor a la reportada por Hernández y colaboradores (2007) en la misma CO.



En la zona central de México, Jiménez-Contreras (2007) reporta valores ampliamente menores para el Lago de Xochimilco a lo largo de un período anual, mientras que Guzmán-Trejo (2012) menciona datos cinco veces más altos para el Lago Tezozomoc en el Distrito Federal ya que este cuerpo de agua es abastecido con aguas residuales tratadas.

Los niveles de oxígeno disuelto presentaron un intervalo entre 4.2 mg.L^{-1} hasta 18.7 mg.L^{-1} con un promedio anual de 10.1 mg.L^{-1} . Bērzinš y Pejler (1989) señalaron que la concentración de oxígeno es un factor muy importante en la distribución de los rotíferos tanto vertical como horizontalmente en los cuerpos de agua ya que algunas especies son encontradas en altas abundancias en concentraciones bajas de oxígeno aunque en general esto es poco común.

Lampert y Sommer (1997) mencionan que la concentración del oxígeno disuelto en lagos poco profundos varía dependiendo de la distribución de los organismos y a la mineralización del detritus.

En la CO se puede apreciar que los mayores valores de oxígeno disuelto se presentaron en el Lago Sur con cifras de 18.7 mg.L^{-1} lo cual nos habla de un cuerpo de agua sobresaturado de oxígeno, debido en parte a la cantidad de fitoplancton presente en el sitio (Wetzel, 2001; Moss, 2010).

Los niveles de turbidez en general fueron muy bajos, con rangos menores a 1.0 NTU hasta 27.5 NTU presentando una media anual de 6.4 NTU. De acuerdo con Kalf (2003) el sitio con la mayor cantidad de especies, mayores índices de clorofila *a* y alto nivel de pH presentará el mayor valor de turbidez, lo cual coincidió con lo medido en el Lago Sur. Por el contrario, el Manantial presentó los menores valores debido a que no cuenta con la presencia de macrófitas, tiene la menor cantidad de especies de rotíferos y los valores de temperatura y clorofila *a* son los más bajos de los cinco sitios, lo cual concuerda con lo mencionado por Sládeček (1983).



La dureza total expresada en mg.L^{-1} como CaCO_3 se mantuvo entre 100 y 200 mg/L en los cinco sitios a lo largo del año, lo cual es superior a los valores reportados por Muñoz-Colmenares (2014) para el Lago de Zempoala en Morelos en el cual reportó 64 especies de rotíferos en las zonas litorales, datos muy similares a los de la CO.

En otro estudio realizado en el Lago Huetzalin en Xochimilco, Enríquez (2004) obtuvo valores superiores a los presentados en este estudio, encontrando 40 especies de rotíferos. Es importante señalar que este cuerpo de agua al igual que el Vaso Regulador en la CO es un lago urbano, artificial y abastecido con aguas residuales.

La alcalinidad total expresada en mg.L^{-1} como CaCO_3 osciló entre los 60 y 104 mg.L^{-1} en todos los cuerpos de agua; comparado con los resultados obtenidos por Gómez-Márquez *et al.* (2013) en un cuerpo de agua en el Estado de Morelos, con niveles de dureza altos y ligeramente alcalinos, podemos considerar que el agua de la CO en general es moderadamente dura y presenta una alcalinidad baja (Arredondo, 1986).

De acuerdo a Arora y Mehra (2003) no hay una relación significativa entre la abundancia de rotíferos y la dureza, alcalinidad y la turbidez. Niveles altos de alcalinidad generan altos niveles de pH los cuales son ocasionados por alta actividad fotosintética y de esta manera los rotíferos cuentan con mayor cantidad de alimento disponible (Bērzinš y Pejler, 1987).

La concentración de los nutrimentos en un lago está asociada a los periodos de mezcla y estratificación a lo largo de la columna de agua, por lo tanto al estratificarse hay un menor flujo de nutrimentos (Ramos-Higuera *et al.*, 2008). En este caso, al mezclarse continuamente los lagos, podemos confirmar el por qué los valores de los nutrimentos medidos a lo largo del año son muy similares y constantes en cada uno de ellos.



Nandini (1999) señala que todos los cuerpos de agua experimentan el proceso de la eutrofización con el tiempo, entre otras cosas por causa de la actividad humana como agricultura y contaminación por medio de aguas residuales que van directamente a los lagos.

Los valores de nitratos en la CO tuvieron una media anual de 7.6 mg.L^{-1} , En este caso, el Vaso Regulador presentó la media anual más alta (8.7 mg.L^{-1}) debido en parte a que es el cuerpo de agua que recibe directamente las descargas del drenaje de la zona urbana adyacente.

Miracle *et al.* (2007) señalaron que la diversidad de rotíferos es un parámetro que se ve ampliamente afectado por la cantidad de nutrimentos disponibles en el ambiente y disminuye al incrementarse las concentraciones de nitratos en más de 5 mg.L^{-1} y las del fósforo reactivo disuelto en más de 0.5 mg.L^{-1} ya que se empieza a generar una mayor turbidez y una disminución en la presencia de macrófitas. Enríquez (2004) reporta valores de nitratos entre 12 y 20 mg.L^{-1} para el Lago Huetzalin en Xochimilco, el cual es eutrófico; por otro lado Muñoz-Colmenares (2014) obtuvo valores del mismo elemento $<1 \text{ mg.L}^{-1}$ para el Lago de Zempoala el cual es oligotrófico.

Por otra parte, el fósforo reactivo disuelto (FRD) presentó una concentración promedio anual de 0.32 mg.L^{-1} , lo cual está dentro de los valores reportados por Alcocer y Bernal-Brooks (2010) para lagos mexicanos. Es interesante señalar que la concentración de FRD principalmente es aportada por fuentes externas a los lagos, y en parte es por eso que los niveles más altos obtenidos en la CO fueron del Manantial ya que el subsuelo y las paredes presentan filtraciones hacia éste cuerpo de agua.



Las concentraciones de clorofila *a* variaron ampliamente y los valores oscilaron entre <1 a $127\mu\text{g.L}^{-1}$. Esta diferencia en los valores puede ser debida al origen y a la dinámica de los lagos debido a su altitud (Lewis, 1996), a factores como el viento, la actividad fotosintética al momento de realizar la toma de la muestra, a la presencia de ciertos organismos, la circulación del agua, etc. (Lampert y Sommer, 1997; Wetzel, 2001; Kalff, 2003).

En la CO resaltan dos cuerpos de agua por los niveles de clorofila *a*: El Lago Sur y el Manantial. El primero porque presenta las más altas concentraciones a lo largo del año, entre otros factores debido a la irradiación solar, la presencia de microalgas (observación personal cualitativa), la cantidad de oxígeno disponible en el sistema y la diversidad de especies zooplanctónicas (Duggan, 2001); y el segundo porque entre otros factores tiene el menor grado de turbidez, presenta muy poca irradiación solar debido a su ubicación, presenta los menores índices de oxígeno disponible en el ambiente y tiene la menor diversidad de zooplancton de los cinco cuerpos de agua (Lewis, 1996; Wetzel, 2001; Moss, 2010).

El Vaso Regulador es el sitio con la mayor diversidad de especies de rotíferos en promedio de los cinco cuerpos de agua estudiados (2.81 Bits/Ind) ya que la presencia de macrófitas favorece la alta diversidad de los organismos (Bakker *et al.*, 2012; Alarcón-Elbal, 2013), por otro lado la diversidad más baja en promedio la registró el Lago Sur con 2.54 Bits/Ind. Posiblemente porque hubo una alta abundancia del género *Brachionus* que pudo deberse entre otras cosas a la concentración de clorofila *a* presente y a la disponibilidad del alimento lo cual dio como resultado que se monopolizaran los recursos evitando que otras especies los obtuvieran (Pejler y Bērziņš, 1989; Nandini *et al.*, 2005).



El género *Lecane* fue el que más especies registró por sitio, por lo tanto este estudio comprueba lo que Pejler y Bērzīnš (1994) mencionan acerca de la diversidad del género y de su presencia típicamente litoral. La especie *Lecane closterocerca* fue una de las más abundantes en todos los sitios estudiados; similares resultados fueron obtenidos por Ortega-Mayagoitia *et al.* (2000) en un humedal en España a lo largo de 3 años de muestreo. En aguas epicontinentales mexicanas *Lecane* es el género que presenta la mayor diversidad de especies (Sarma *et al.*, 2009; Vázquez-Sánchez *et al.*, 2014).

Es interesante señalar que el pico máximo de abundancia de *Lecane closterocerca* fue de 79 Ind/L en el Vaso Regulador mientras que la especie *Brachionus quadridentatus* obtuvo un pico máximo de 1960 Ind/L en el Lago Sur. Típicamente *Brachionus* es un género que se localiza en la zona pelágica y no tanto en la litoral (Castro *et al.*, 2005) y su distribución en México es muy variable, por ejemplo en Valle de Bravo, donde se registra una profundidad de alrededor de 30 metros (Merino-Ibarra *et al.*, 2008) se han encontrado sólo dos especies (Jiménez-Contreras *et al.*, 2009) mientras que en Xochimilco se reportan 13 especies (Flores-Burgos *et al.*, 2003). Por otra parte, García-García (2012) reporta 6 especies para Chimaliapan, un cuerpo de agua poco profundo y a gran altitud (2560 msnm) en la parte central de México. *Keratella cochlearis* fue otra especie muy abundante en nuestro estudio, alcanzando un pico máximo de 176 Ind/L en el Lago Norte y 160 Ind/L en el Lago centro.

Arora y Mehra (2003) señalan que la mayor abundancia de rotíferos obtenida en su estudio fue de ésta especie, también mencionan que las concentraciones de nutrimentos y clorofila *a* determinan la presencia de algunas especies como en este caso, ya que se ha comprobado que *Keratella cochlearis* es un organismo filtrador que prefiere bacterias y pequeños flagelados (Holst *et al.*, 1998).



De acuerdo al Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) obtenido, los primeros dos ejes de ordenación explican el 65% de la varianza total acumulada de especies.

En el Vaso Regulador, *Lecane closterocerca*, *Lepadella patella*, *Brachionus quadridentatus* y *Euchlanis dilatata* al parecer están positivamente relacionados con la temperatura, mientras que *Lecane lunaris* es más dependiente del oxígeno disuelto; por otro lado *Brachionus calyciflorus* se relaciona más con el pH al igual que *Colurella obtusa* mientras que *Trichocerca porcellus* y *Keratella cochlearis* aparentemente no presentan alta sensibilidad a los cambios en el ambiente (Bērzinš y Pejler, 1989; Duggan et al., 1998).

Cephalodella gibba está directamente relacionada con la concentración de clorofila *a* y reafirma lo que Kuczyńska-Kippen (2014) señala respecto a que los géneros *Colurella*, *Cephalodella* y *Trichocerca* son comunes en ambientes que presentan alta transparencia. De acuerdo al índice de Sládeček (1983) éste cuerpo de agua tendría un valor de 0.4, por lo tanto se consideraría oligotrófico.

En el Lago Sur nuevamente se observa que *Cephalodella gibba* está directamente relacionada con la clorofila *a* y ésta vez también *Colurella obtusa* (Castro et al., 1998). Los parámetros de pH, nitratos y temperatura no influyen directamente a ninguna de las especies dominantes mientras que la conductividad está relacionada con la presencia de *Lepadella patella* y *Lecane closterocerca*. Los niveles de oxígeno disuelto en el agua tienen baja influencia en la presencia de *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Lepadella ovalis* (Arora y Mehra, 2003; Kuczyńska-Kippen y Joniak, 2010). En este cuerpo de agua el valor del índice de Sládeček (1983) es de 0.5, esto lo ubicaría en la categoría de lago oligotrófico.

En el Lago Centro existe una relación directa del pH con la presencia de *Trichocerca porcellus* mientras que el FRD disponible en el ambiente está ligado directamente a las especies *Brachionus quadridentatus*, *Colurella uncinata* y *Lecane closterocerca*.



Los valores de conductividad en la zona presumiblemente están relacionados con la aparición de *Squatinella mutica* y en este sitio parece ser que *Lepadella ovalis* se relaciona positivamente con los niveles de clorofila *a*, las especies *Cephalodella gibba*, *Colurella obtusa* y *Brachionus calyciflorus* están relacionadas con las concentraciones de nitratos. Por otro lado *Lepadella patella* y *Euchlanis dilatata* parecen no depender de ningún factor para estar presentes (Kuczyńska-Kippen y Milecka, 2009; Kuczyńska-Kippen y Basinska, 2014). El valor del índice de Sládeček (1983) para este lago es de 1.0, por lo tanto se encontraría entre el intervalo de la oligotrofia a la mesotrofia.

En el Manantial la temperatura, pH y la clorofila *a* no son significativos en la presencia de alguna especie, por otro lado *Colurella uncinata* y *Trichotria tetractis* se relacionan positivamente con el oxígeno disuelto mientras que *Platylas quadricornis* y *Testudinella patina* tienen una relación positiva con las concentraciones de nitratos (Pejler y Bērziņš, 1989; Holst *et al.*, 1998). En este sitio no se encontró la presencia de una sola especie del género *Brachionus*, por lo tanto los valores del índice de Sládeček (1983) serían de 0, otorgándole el estatus de cuerpo de agua oligotrófico.

En el Lago Norte existe una relación positiva entre *Colurella obtusa* y *Brachionus calyciflorus* con las concentraciones de clorofila *a*, mientras que los niveles de oxígeno disuelto disponible se relacionan con *Testudinella mucronata* pero parece no tener efecto en la presencia de *Testudinella patina*. La temperatura influye en la presencia de *Polyarthra vulgaris* y *Trichocerca porcellus* (Pejler y Bērziņš, 1993; Castro *et al.*, 2005). El valor del índice de Sládeček (1983) es de 0.6, confiriendo al lago el estado de oligotrofia.

Gaohua *et al.* (2013) recomiendan usar la abundancia de rotíferos como indicador trófico del lago, de esta manera mencionan que cuando los rotíferos presentan abundancias de 0-500 Ind/L se consideraría oligotrófico el sistema, de 500-1000 Ind/L sería mesotrófico con tendencia a eutrófico y 1000-2500 Ind/L definitivamente eutrófico.



En el presente estudio consideramos que debido a los niveles de nutrimentos, la presencia de macrófitas y a los valores obtenidos de algunos parámetros fisicoquímicos, el Vaso Regulador debe considerarse un cuerpo de agua mesotrófico, el Lago Sur debe ser tratado como eutrófico con tendencia a la hipereutrofía, el Lago Centro como mesotrófico con tendencia a la eutrofización, el Manantial lo consideramos oligotrófico y el Lago Norte tratado como mesotrófico.

Finalmente, creemos que se necesitan más estudios para determinar la aplicación y viabilidad del índice $Q_{B/T}$ en aguas mexicanas a grandes altitudes, por ejemplo, Valle de Bravo, es un embalse de mesoeutrófico a eutrófico debido a los nutrimentos y materia orgánica suspendida, por lo tanto, aplicando este índice el cuerpo de agua sería oligotrófico debido a que se cuenta con la presencia de más especies del género *Trichocerca* que del género *Brachionus* (Ramírez-García *et al.*, 2002).



Conclusiones

Los cuerpos de agua de la CO cuentan con el 56% de las familias de rotíferos reportadas para todo el país y con el 76% de las especies reportadas para el Distrito Federal.

Tomando en cuenta la riqueza y abundancia de las especies, la diversidad de rotíferos en la zona litoral de los cuerpos de la CO es alta.

En general, las especies de rotíferos encontradas en el presente estudio están dentro del intervalo de valores reportados por diversos autores en los parámetros de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH, nitratos, fosfatos, alcalinidad, dureza, clorofila a y turbidez.

De acuerdo a los análisis de correspondencia canónica, los factores ambientales más relacionados con las especies dominantes fueron la temperatura, el pH, las concentraciones de oxígeno disuelto y los niveles de clorofila a.

Consideramos que debido a los niveles de nutrimentos, a los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos y a la riqueza y abundancia de rotíferos, el Índice de Sládeček no es aplicable ni viable para determinar el estado trófico del sistema.

Por lo tanto proponemos que el Vaso Regulador se considere un cuerpo de agua mesotrófico, el Lago Sur, eutrófico, el Lago Centro, mesotrófico, el Manantial lo consideramos oligotrófico y el Lago Norte, mesotrófico.



Literatura Citada

- Aguilar-Acosta, C.R. 2013. Estudio de la comunidad del zooplancton (Rotíferos, Cladóceros y Copépodos) en la zona litoral de la Presa Iturbide, Estado de México. Tesis de Maestría. Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
- Ahlstrom, E. H. 1932. Plankton Rotatoria from Mexico. *Trans. Am. Microscop. Soc.*, 51: 242-251.
- Alarcón-Elbal, P. M. 2013. Invasive aquatic plants and culicids: a dangerous duo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.* 107: 1-11.
- Alcocer, J. y Bernal-Brooks, F. 2010. Limnology in Mexico. *Hydrobiologia.* 644: 15-68.
- APHA, 1998. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.
- Arora, J. y Mehra, N.K. 2003. Seasonal dynamics of rotifers in relation to physical and chemical conditions of the river Yamuna (Delhi), India. *Hydrobiologia.* 491: 101-109.
- Arredondo, F.J.L. 1986. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad del agua en estanques de piscicultura extensiva. SEPES. Dir. De Fomento Acuícola. Departamento de Asistencia Técnica. México. 182pp.
- Bakker, S. E., Sarneel, J. M., Gulati, R. D., Liu, Z. y Van Donk, E. 2013. Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. *Hydrobiologia.* 710: 23-37.
- Barnes, R. S. and Mann, K. H. 1980. *Fundamentals of Aquatic Ecosystems*. Blackwell Scientific Publications. 230 pp.



- Bērzinš, B. & B. Pejler, 1987. Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia* 147: 107-116.
- Bērzinš, B. & B. Pejler, 1989a. Rotifer occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia* 175: 223-231.
- Bērzinš, B. & B. Pejler, 1989b. Rotifer occurrence and trophic degree. *Hydrobiologia* 182: 171-180.
- Bērzinš, B. & B. Pejler, 1989c. Rotifer occurrence in relation to oxygen content. *Hydrobiologia* 183: 165-172.
- Brehm, V. 1932. *Zool. Anz., Notizen sur Süßwasserfauna Guatemalas und Mexikos.* 99: 63-66.
- Carlin-Nilson, B. 1935. Rotatorien aus Mexiko. *Kungl. Fysiog. Salsk. Lund. Forhand* 5(18):175-185.
- Castro, B.B., Antunes, S.C., Pereira, R., Amadeu, M.V.M., Soares y Goncalves, F. 2005. Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors. *Hydrobiologia.* 543: 221-232.
- Claps, M.C., Gabbellone, N.A. y Benítez, H.H. 2011. Seasonal changes in the vertical distribution of rotifers in a eutrophic shallow lake with contrasting states of clear and turbid water. *Zoological Studies* 50: 454-465.
- CNA., 2014. *Estadísticas del Agua en México 2014.* Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 239pp.
- Danielsdottir, M. G., Brett, M. T. y Arhonditsis, G. B. 2007. Phytoplankton food quality control of planktonic food web processes. *Hydrobiologia.* 589: 29-41.
- De La Lanza, G. y García-Calderón, J.L. (Compiladores) 2002. *Lagos y Presas de México.* AGT Editor.
- Dodds, W. K. 2002. *Freshwater ecology: concepts and environmental applications.* Academic press. USA.



- Duggan, I. C. 2001. The Ecology of Periphytic Rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.
- Duggan, I. C., Green, D. J., Thompson, K., y Shiel, J. R. 1998. Rotifers in relation to litoral ecotone structure in Lake Rotomanuka, North Island, New Zealand. *Hydrobiologia*. 387/388: 179-197.
- Ejsmont-Karabin, J. y Kuczynska-Kippen, N. 2001. Urban rotifers: structure and densities of rotifer communities in wáter bodies of the Poznan agglomeration área (western Poland). *Hydrobiologia*. 446/447: 165-171.
- Elías-Gutiérrez, M. y Sarma, S.S.S. 1998. Phylum: Rotifera, en *Enciclopedia de Quintana Roo, México*. Vol. 1 pp: 327-343.
- Elías-Gutiérrez, M. y Sarma, S.S.S. 1999. Zooplancton de sistemas acuáticos epicontinentales mexicanos en la región central de México. UNAM. FES Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N° H112. México.
- Enríquez-García, C. 2004. Estudio de campo y de laboratorio de la dinámica poblacional de los rotíferos y cladóceros de la zona litoral del Lago Huetzalin, Xochimilco. Tesis de Maestría. FES Iztacala, UNAM.
- Enríquez-García, C. 2009. Interacciones de copépodos dentro de la estructura de la comunidad planctónica del Lago Huetzalin, Xochimilco. Tesis de Doctorado. FES Iztacala. UNAM.
- Figuroa-Sánchez, M, A. 2015. Determinación de la estructura de la comunidad del zooplancton en presencia de cianobacterias: impacto de peces piscívoros sobre el zooplancton como alternativa en el manejo de sistemas dulceacuícolas en México. Tesis de Maestría. FES Iztacala. UNAM.



- Flores-Burgos, J., Sarma, S.S.S. y Nandini, S. 2003. Estudio preliminar sobre la fauna de rotíferos de Xochimilco (México). El agua de cuenca de México. Sus problemas históricos y perspectivas de solución. Proceedings of the Second International Conference on Xochimilco, Ecological Park of Xochimilco, UAM Xochimilco, Mexico City, Mexico. Vol. 1, pp: 163-171.
- Fontaneto, D., De Smet, W. H. y Melone, G. 2008. Identification key to the genera of marine rotifers worldwide. *Meiofauna Marina*, Vol. 16. 75-99 pp.
- Gaohua, J., Xianyun, W. y Liqing, W. 2013. Planktonic rotifers in a subtropical shallow lake: Succession, relationship to environmental factors, and use as bioindicators. Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2013. 14 pp.
- García-García, G., Nandini, S., Sarma, S.S.S., Martínez-Jerónimo, F. y Jiménez-Contreras, J. 2012. Impact of chromium and aluminium pollution on the diversity of zooplankton: A case study in the Chimaliapan wetland (RAMSAR Site) (Lerma basin, Mexico). *Journal of Environmental Science and Health A* 47(4): 534-547.
- García-Morales, A, E. y Elías-Gutiérrez, M. 2004. Rotifera from Southeastern Mexico, New Records and Comments on Zoogeography. Instituto de Biología. UNAM. *Serie Zoología* 75(1): 99-120.
- Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L. y Gallardo-Pineda, V. 2013. Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el Estado de Morelos. *Hidrobiológica*. 23 (2): 227-240.
- Gross, M. E., Hilt, S., Lombardo, P y Mulderij, G. 2007. Searching for allelopathic effects of submerged macrophytes on phytoplankton-state of the art and open questions. *Hydrobiologia*, 584: 77-88.



- Hernández, O., Quiroz, A., Ramírez-García, P. y Lot, A. 2007. Paisaje lacustre: Ecología de la vegetación acuática. En: A. Lot (coord.) Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización ambiental e inventario biológico. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM. México.
- Hoffman, C. V. y Sámano, A. B. 1938. Los criaderos invernales de *Anopheles pseudopunctipennis* en el estado de Oaxaca. Anales del Instituto de Biología. México, 9:181-192.
- Holst, H., Zimmermann, H., Kausch, H. y Koste, W. 1998. Temporal and spatial dynamics of planktonic rotifers in the Elbe estuary during spring. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 47, 261-273.
- Hortelano-Moncada, Y., Cervantes, F., y Trejo, A. 2009. Mamíferos Silvestres. pp 277-293. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel. 2009. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM. México.
- Hutchinson, G. E. 1967. A Treatise of Limnology. Department of Biology. Yale University. John Wiley and Sons. 1115 pp.
- Jiménez-Contreras, J. 2007. Diversidad y densidad de rotíferos monogonontos en algunos canales del Lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM.
- Jiménez-Contreras, J., Sarma, S.S.S., Merino-Ibarra, M. y Nandini, S. 2009. Seasonal changes in the rotifer (Rotifera) diversity from a tropical high altitude reservoir (Valle de Bravo, Mexico). Journal of Environmental Biology 30(2): 191-195 (Triveni Enterprises, Lucknow).
- Kalff, J. 2003. Limnology: Inland Water Ecosystems. Prentice Hall, United States of America. 592 pp.



- Koste, W. (1978). Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. Bornträger, Stuttgart, Vol. 1: Textband 673 pp., Vol. 2: Tafelband 234 pp.
- Krebs, J.R. 1993. Ecological Methodology. Harper Collins Publishers. New York.
- Kuczynska-Kippen, N. 2014. Environmental variables of small mid-field water bodies and the presence of rotifer groups of different ecological requirements. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 23. 373-378.
- Kuczynska-Kippen, N. y Basinska, A. 2014. Habitat as the most important influencing factor for the rotifer community structure at landscape level. International Review of Hydrobiology. 99, 58-64.
- Kuczynska-Kippen, N. y Joniak, T. 2010. The impact of water chemistry on zooplankton occurrence in two types (field versus forest) of small water bodies. International Review of Hydrobiology. 95, 130-141.
- Kuczynska-Kippen, N. y Milecka, E. 2009. The diurnal distribution of the zooplankton community of the littoral zone of Lake Wielkowiejskie (Wielkopolski National Park, Poland). International Journal of Oceanography and Hydrobiology. 38, 91-98.
- Kutikova, L. A. y Silva-Briano, M. 1995 *Keratella Mexicana* sp. nov., a new planktonic rotifer from Aguascalientes, Mexico. Hydrobiologia. 310: 119-122.
- Lampert, W. y Sommer, U. 1997. Limnoecology: The ecology of lakes and streams. Oxford University Press. New York. 382pp.
- Lewis, W. M. 1983. A revised classification of lakes based on mixing. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 40: 1779-1787.
- Lewis, W. M. 1996. Tropical Lakes: How latitude makes a difference. En: Schiemer, F. y Boland, K. T. (Eds). Perspectives in Tropical Limnology. SPB Academic Publishing. 43-64.



- Lot, A. 2007. Editor. Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización ambiental e inventario biológico. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM. México.
- Lot, A. y Camarena, P. 2009. El Pedregal de San Ángel de la Ciudad de México: Reserva Ecológica Urbana de la Universidad Nacional. pp 19-25. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel. 2009. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM.
- Merino-Ibarra, M., Monroy-Ríos, E., Vilaclara, G., Castillo, F. S., Gallegos, M. E. y Ramírez-Zierold, J. 2008. Physical and chemical limnology of a wind-swept tropical highland reservoir. *Aquatic Ecology* 42: 335-345.
- Miracle, M. R., Alfonso, M. T. y Vicente, E. 2007. Fish and nutrient enrichment effects on rotifers in a Mediterranean shallow lake: a mesocosm experiment. *Hydrobiologia*. 593: 77-94.
- Moss, B. 2010. *Ecology of Fresh Waters: A View for the Twenty-First Century*. Wiley-Blackwell, 4th Edition, London.
- Muñoz-Colmenares, M. E. 2014. Diversidad de rotíferos de la Clase Monogononta durante un ciclo anual en el Lago Zempoala, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM.
- Murphy, J. y Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 27: 31-36.
- Nandini, S. 1999. Variations in physical and chemical parameters and plankton community structure in a series of sewage-stabilization ponds. *Rev. Biol. Trop.* 47. 149-156.



- Nandini, S., Merino-Ibarra, M. y Sarma, S.S.S. 2008. Seasonal changes in the zooplankton abundances of the reservoir Valle de Bravo (State of Mexico, Mexico). *Lake and Reservoir Management* 24:321-330 (North American Lake Management Society, Madison, WI, USA).
- Nandini, S., Ramírez-García, P. y Sarma, S.S.S. 2005. Seasonal variations in the species diversity of planktonic rotifers in Lake Xochimilco, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 20(2): 287-294 (Oikos Publications, USA).
- Nava-López, M., Jujnovsky, J., Salinas-García, R., Álvarez-Sánchez, J. y Almeida-Leñero, L. 2009. Servicios Sistémicos. pp 51-60. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel. 2009. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM. México.
- Nogrady, T. Wallace, R. L y Snell, T.W. 1993. Rotifera 1. Biology, ecology and systematics. In H. J. Dumont & T. Nogrady (eds), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. 6. SPB Academic Publishers, The Hague, The Netherlands, 142 pp.
- Novelo, E., Ponce, E. y Ramírez, R. 2009. Las Microalgas de la Cantera Oriente pp 69-80. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel. 2009. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM. México.
- Novelo, E., Ponce, E., Ramírez, R. y Ramírez, M. 2007. Algas. pp 63-95. En: A. Lot (coord.) *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización ambiental e inventario biológico*. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM. México.
- Nyman, M., Korhola, A. y Brooks, S. J. 2005. The distribution and diversity of Chironomidae (Insecta: Diptera) in western finnish lapland, with special emphasis on shallow lakes. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 137–153.



- Ortega-Mayagoitia, E., Armengol, X. y Rojo, C. 2000. Structure and dynamics of zooplankton in a semi-arid wetland, the National Park Las Tablas de Daimiel (Spain). *Wetlands*. Vol. 20. 4: 629-638.
- Ortiz, M., Figueroa, J.M., Salazar, M., Parada, G. y Castillo, L. 2007. Unidades Ambientales. pp 15-42. En: *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización ambiental e inventario biológico*. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM. México.
- Osnaya-Espinosa, L. 2010. Variaciones estacionales de rotíferos (monogonontos) en la Presa Iturbide, Isidro Fabela, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM.
- Osorio-Tafall, B. 1942. Rotíferos planctónicos de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 3(1-4): 23-79.
- Pejler, B. y Bērziņš, B. 1989. On choice of substrate and habitat in brachionid rotifers. *Hydrobiologia*. 186/187: 137-144.
- Pejler, B. y Bērziņš, B. 1993. On the ecology of Colurellidae (Rotifera). *Hydrobiologia*. 263: 61-64.
- Pejler, B. y Bērziņš, B. 1994. On the ecology of Lecane (Rotifera). *Hydrobiologia*. 273: 77-80.
- Pennak, R. W. 1989. *Fresh-water invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca*. John Wiley Publishers, New York. 628 pp.
- Peralta, A. y Prado, J. 2009. Los Límites y la Cartografía. pp 27-42. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. *Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel*. 2009. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM. México.
- Pourriot, R. 1982. Rotifera. En: Hurlbert, S. H. y Villalobos-Figueroa, A. *Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies*. University of San Diego Press. USA. 140-143.



- Ramírez-García, P., Nandini, S., Sarma S.S.S., Robles-Valderrama, E., Cuesta, I. y Hurtado-María, D. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (Mexico). *Hydrobiologia* 467: 99-108 (Kluwer, The Netherlands).
- Ramos-Higuera, E., Alcocer, J., Ortega-Mayagoitia, E. y Camacho, A. 2008. Nitrógeno: elemento limitante para el crecimiento fitoplanctónico en un lago oligotrófico tropical. *Hidrobiológica*. 18 (1): 105-113.
- Rico-Martínez, R. y Silva-Briano, M. 1993. Contribution to the knowledge of the Rotifera of Mexico. *Hydrobiologia* 255/256: 467-474.
- Rico-Martínez, R., Silva-Briano, M., Adabache-Ortíz, A. y Domínguez, C. G. 2003. An update list of rotifers from Lake Chapala. Mexico. *Scientiae Naturae*. 6: 23-32.
- Rioja, E. 1940. Observaciones acerca del plancton del Lago de Pátzcuaro. *Ann. Inst. Biol. México*. XI (2): 417-425.
- Rocha, A., Chávez, R., Ramírez, A., Cházaro, S. 2009. Comunidades, Métodos de Estudio. FES Iztacala UNAM. 248 pp.
- Ruppert, E. E. y Barnes, R. D. 1996. Zoología de los Invertebrados. Mc Graw-Hill. Interamericana. México. 854 pp.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton Rotifers: Biology and Ecology. Verlagbuchhandlung, Stuttgart, Germany.
- SACMEX. 2012. El gran reto del agua en la Ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Distrito Federal. 191pp.
- Sámano, A. 1931. *An. Inst Biol. Mex*, Contribución al conocimiento de la fauna de Rotíferos de México. 2: 157-163.



- Sámano, A. 1936. An. Inst. Biol. Mex, Contribución al conocimiento de la fauna de Actopan, Hidalgo. III. Nota acerca de la fauna de Rotíferos de los depósitos de agua de Actopan y lugares vecinos. 7(2-3): 269-270.
- Sarma, S. S. S. 1999. Checklist of rotifers (Rotifera) from Mexico. Env. Ecol. 17(4): 978-983.
- Sarma, S. S. S., Elías-Gutiérrez, M. y Serranía-Soto, C. 1996. Rotifers from high altitude crater-lakes at Nevado de Toluca Volcano, Mexico. Hidrobiología. 6 (1-2): 33-38.
- Sarma, S. S. S., Ramírez-Pérez, T. y Nandini, S. 2000. Comparison of the sensibility of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera) to selected heavy metals under low and high food (*Chlorella vulgaris*) levels. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 64(5): 735-739 (USA).
- Sarma, S. S. S., Serranía-Soto, C., y Nandini, S. 2009. Rotíferos. En: Ceballos, G., List R., Garduño, G., López-Cano, R., Muñozcano, M.J., Collado, E., San Román, J.E. La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. Gobierno del Estado de México. 113-117 pp.
- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutiérrez, M. 1997. Taxonomic studies of freshwater rotifers (Rotifera) from Mexico. Pol. Arch. Hydrobiol. 44(3): 341-357 (Poland).
- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutiérrez, M. 1998. Rotifer diversity in a central Mexican pond. Hydrobiologia 387/388: 47-54.
- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutiérrez, M. 1999. Rotifers from four natural bodies of central Mexico. Limnologica 29: 475-483.
- Sarma, S. S. S. y Elías-Gutiérrez, M. 2000. Rotifers from Mexico: new records in high altitude ponds. The Southwest. Nat. 45(3): 366-373.



- Sarma, S.S.S. y Martínez-Figueroa, J. 2000. Morfometría de *Filinia cornuta* (Weisse, 1847) (Rotifera: Filiniidae) en el Estanque del Parque Tezozomoc (México). TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 3(2): 75-78.
- Segers, H. 1995. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. The Lecanidae (Monogononta). 6 SPB Academic, The Hague, Netherlands. 226 pp.
- Segers, H. y De Smet, W. 2008. Diversity and endemism in Rotifera: a review, and *Keratella Bory de St Vincent*. Biodivers. Conserv. 17: 303-316.
- Serranía-Soto, C. R. 1996. Diversidad de Rotíferos Monogonontos en algunos sistemas acuáticos del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM.
- Serranía-Soto, C. R. 2006. Diversidad de Rotíferos Monogonontos de la parte central de México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. UNAM. 117pp.
- Siebe, C. 2009. La erupción del volcán Xitle y las lavas del Pedregal hace 1670 ± 35 años AP y sus implicaciones. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. Biodiversidad del ecosistema del pedregal de San Ángel. 2009. Coordinación de la Investigación Científica. UNAM. México.
- Silva-Briano, M., Galván-De la Rosa, R., Pérez-Legaspi, I.A. y Rico-Martínez, R. 2007. Sobre la descripción de *Brachionus araceliae* sp.nov. Una nueva especie de rotífero de agua dulce de México. Hidrobiológica. 17(2): 179-183.
- Silva-Briano, M. y Segers, H. 1992. Una nueva especie del género *Brachionus* (Rotifera, Monogononta) del Estado de Aguascalientes. México. Hidrobiol. Trop. 24(4): 283-285.
- Sládeček, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. Hydrobiologia. 100: 169-201.



- Snell, T. M., Childress, M. J., Boyer, E. M. y Hoff, F. H. 1987. Assesing the status of rotifer mass cultures. *Journal of the World Aquaculture Society*. 18: 270-277.
- Strickland, J.H.D. y Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd Edition. Bul. 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310pp.
- Suárez, E., Vázquez, A. y Solís, M. E. 1991. Variaciones espacio-temporales de distribución y abundancia de rotíferos planctónicos en la Presa J. A. Alzate. México. Durante un ciclo anual. *Ann. Inst. Cien. Mar. Limnol.* 18(2): 217-227.
- Ueno, M. 1939. Annot. Zool. Jap., Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, México. 18(2): 1-5.
- Uicab-Sabido, R. A. 1998. Análisis de la composición de rotíferos de tres cenotes del noroeste del Estado de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Vázquez-Sánchez, A., Reyes-Vanegas, G., Nandini, S. y Sarma, S. S. S. 2014. Diversity and abundance of rotifers during an annual cycle in the reservoir Valerio Trujano (Tepecoacuilco, Guerrero, Mexico). *Inland Waters*. 4: 293-302.
- Vilaclara, G. y Sládeček, V. 1989. Mexican rotifers as indicators of water quality with description of *Collotheca riverai*, new species. *Hydrobiologia*. 115: 257-264.
- Wallace, R. L. y Snell, W. T. 2001 en *Ecology and classification of North American freshwaters invertebrates*. 2nd Edition. Academic Press. 1001 pp.
- Wallace, R. Snell, T. Ricci, C. y Nogrady, T. 2006. *Rotifera Volume 1: Biology, Ecology and Systematics* 2nd Edition. Kenobi Productions Backhuys Publishers. Pags 127-140.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems* 3rd Edition. Academic Press. 700pp.



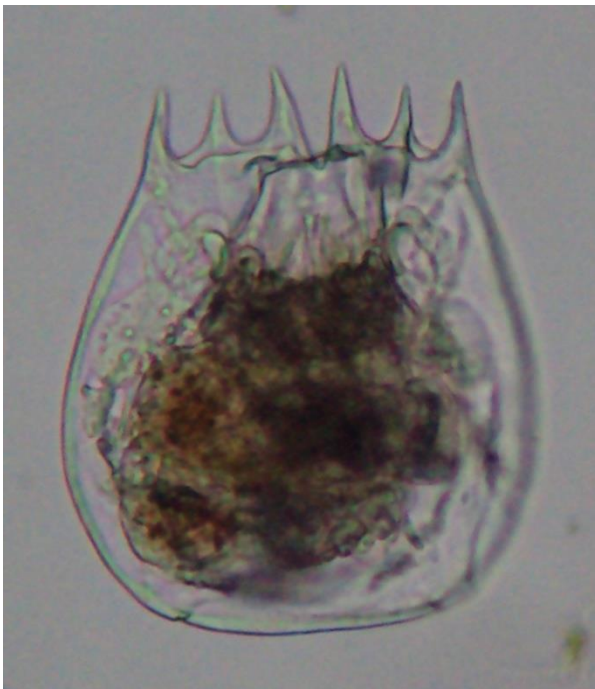
Apéndice



Brachionus angularis Gosse, 1851



B. calyciflorus Pallas, 1766

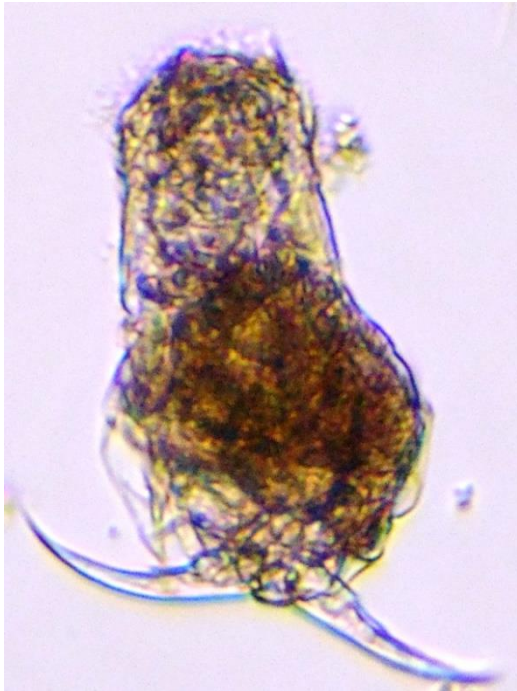


B. quadridentatus Hermann, 1783

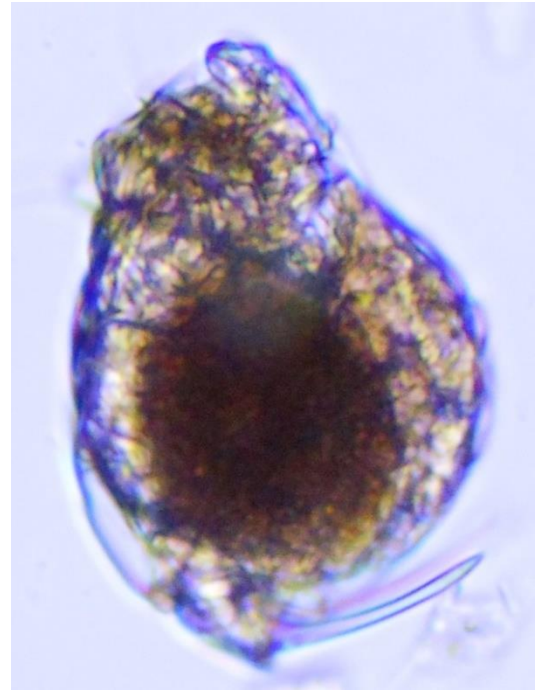


Cephalodella catellina (O. F. Muller, 1786)

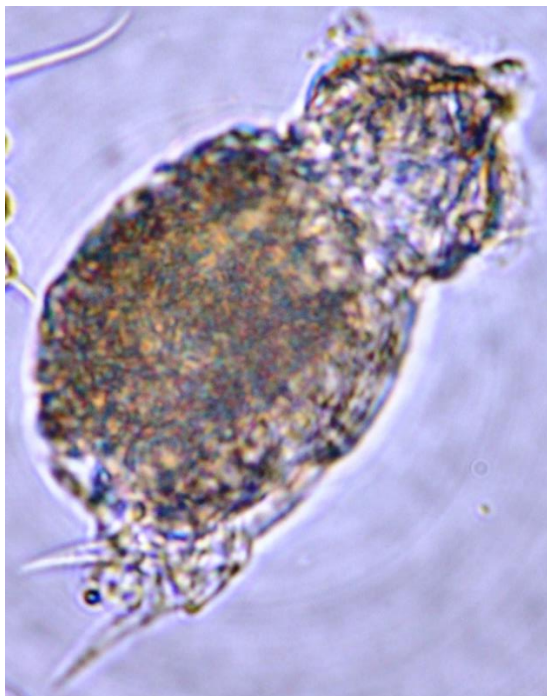
Figuras 38-41.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



C. forficula (Ehrenberg, 1831)



C. gibba (Ehrenberg, 1832)

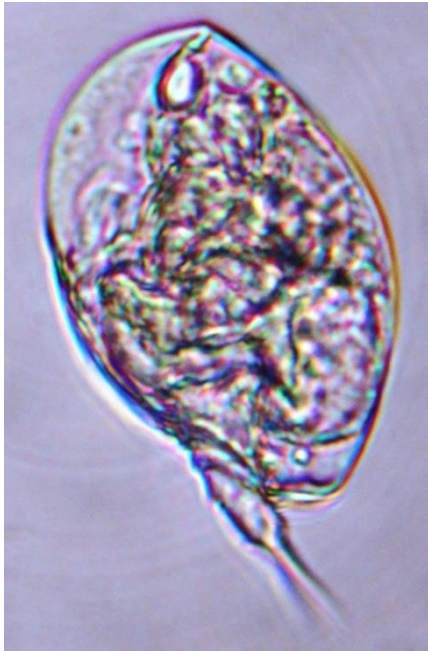


C. ventripes (Dixon-Nuttall, 1901)



Collotheca sp.

Figuras 42-45.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



Colurella obtusa (Gosse, 1886)



C. uncinata (O. F. Muller, 1773)

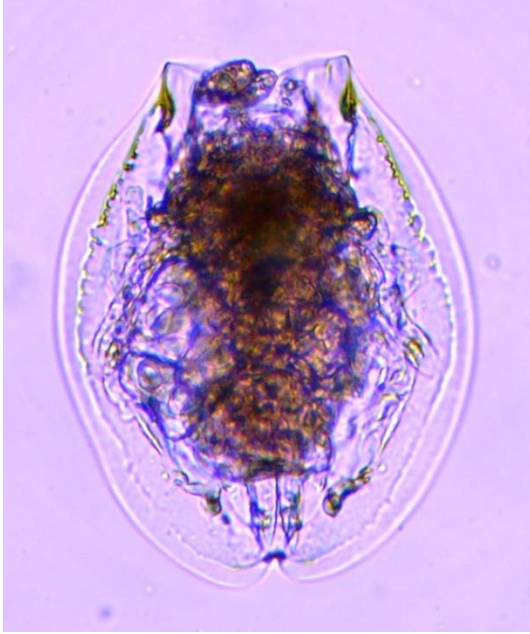


Dicranophorus grandis (Ehrenberg, 1832)

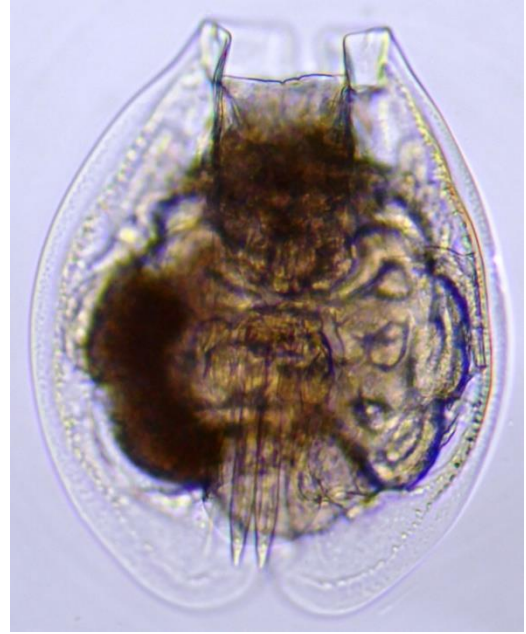


Euchlanis calpidia (Myers, 1930)

Figuras 46-49.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



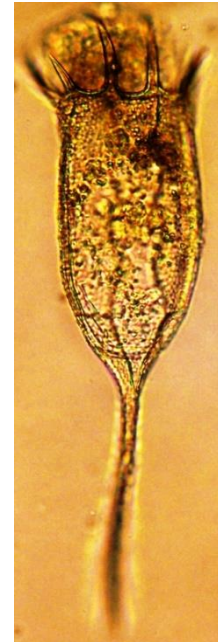
Euchlanis deflexa Gosse



E. dilatata Ehrenberg, 1832



Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)



Keratella americana Carlin, 1943

Figuras 50-53.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



K. cochlearis (Gosse, 1851)



K. tropica (Apstein, 1907)

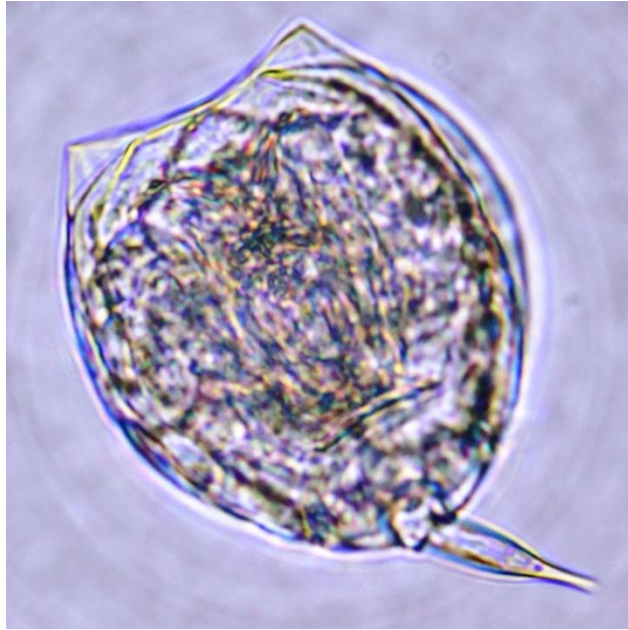


Lecane aculeata (Jakubski, 1912)



L. bifurca (Bryce 1892)

Figuras 54-57.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



L. closterocerca (Schmarda, 1859)



L. curvicornis (Murray, 1913)

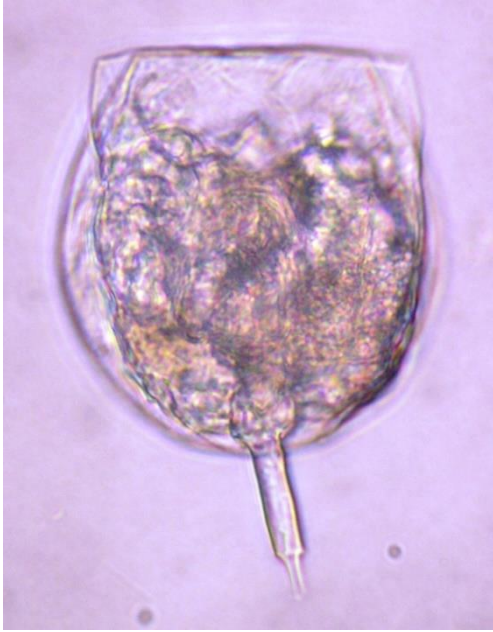


L. decipiens (Murray, 1913)



L. flexilis (Gosse, 1886)

Figuras 58-61.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



L. furcata (Murray, 1913)



L. hamata (Stokes, 1896)

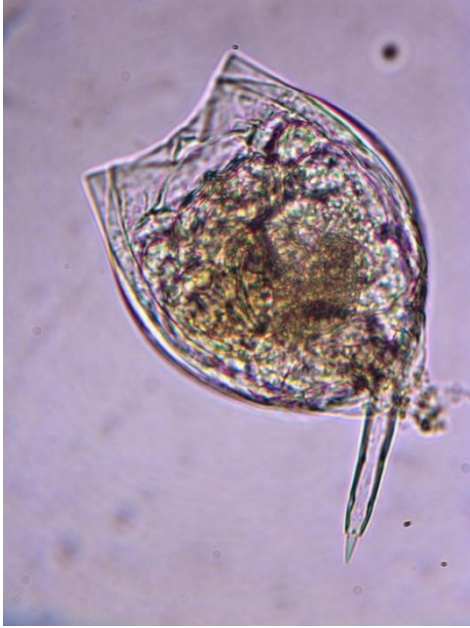


L. inermis (Bryce, 1892)



L. luna (Müller, 1776)

Figuras 62-65.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



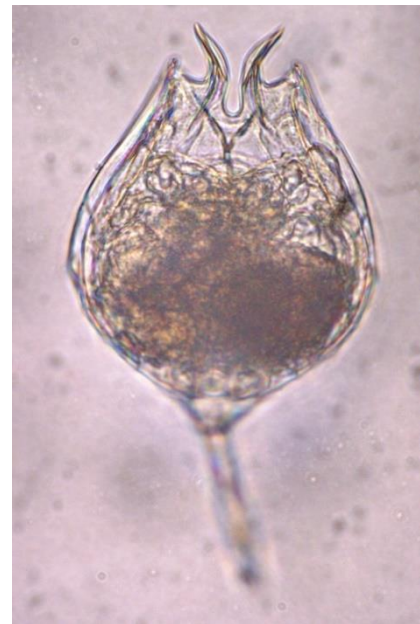
L. lunaris (Ehrenberg, 1832)



L. nana (Murray, 1913)



L. pyriformis (Daday, 1905)



L. quadridentata (Ehrenberg, 1832)

Figuras 66-69.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



L. stichaea Harring, 1913



L. unguitata (Fadeev, 1925)



Lepadella acuminata (Ehrenberg, 1834)



L. ovalis (F. Muller, 1896)

Figuras 70-73.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



L. patella (O. F. Muller, 1773)



L. rhomboides (Gosse, 1886)



L. triba Myers, 1934



L. triptera Ehrenberg, 1930

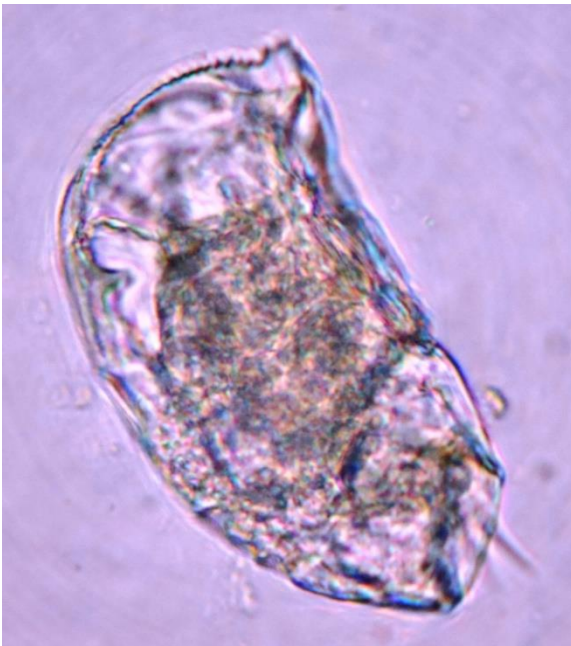
Figuras 74-77.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



Limnias ceratophylli Schrank, 1803



Limnias melicerta Weisse, 1848

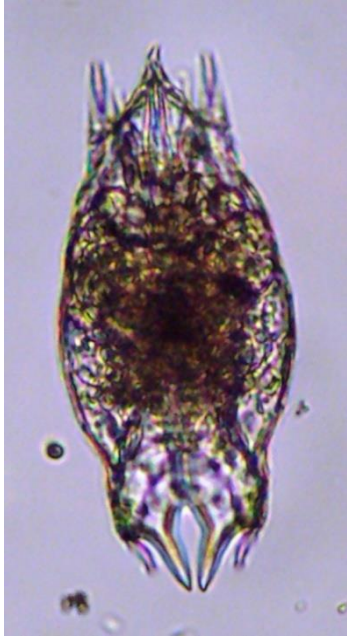


Lophocharis oxysternon (Gosse, 1851)



L. salpina (Ehrenberg, 1834)

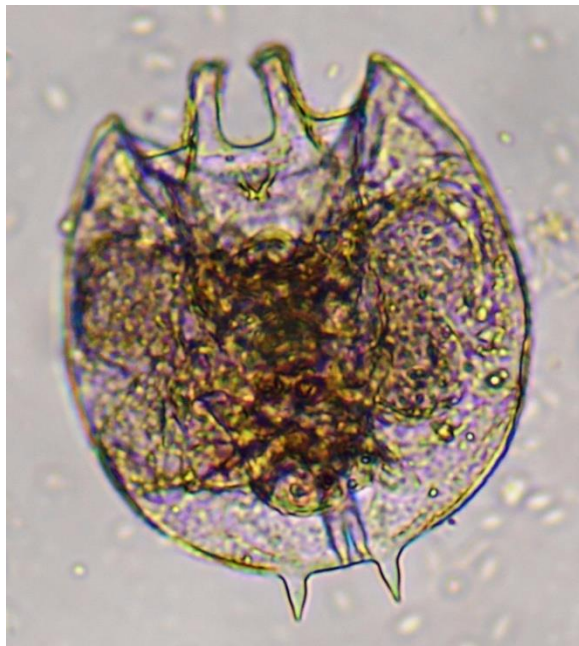
Figuras 78-81.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



Mytilina mucronata (O. F. Muller, 1773)



M. ventralis (Ehrenberg, 1832)



Platyas quadricornis (Ehrenberg, 1832)



Polyarthra vulgaris Carlin, 1943

Figuras 82-85.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



Sinantherina semibullata (Thorpe, 1889)



Squatinella mutica (Ehrenberg, 1832)

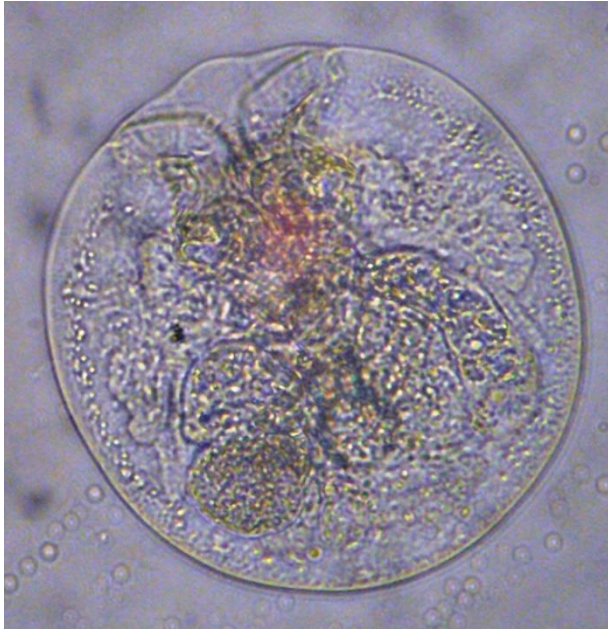


Synchaeta pectinata (Ehrenberg, 1832)



Testudinella mucronata (Gosse, 1886)

Figuras 86-89.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



T. patina (Hermann, 1783)



Trichocerca elongata (Gosse, 1886)



T. pusilla (Lauterborn, 1898)



T. weberi (Jennings, 1903)

Figuras 90-93.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



Trichotria pocillum (O. F. Muller, 1776)



Trichotria pocillum (O. F. Muller, 1776)



T. tetractis (Ehrenberg, 1830)



Brachionus budapestinensis Daday, 1885

Figuras 94-97.- Microfotografías de microscopio óptico (40x y 100x) donde se muestran representantes de rotíferos monogonontos identificados en la Cantera Oriente, México, D.F.



Tabla. 3. Valores de Shannon-Wiener de la diversidad de especies de rotíferos a lo largo del período 2013-2014 en todos los cuerpos de agua de la Cantera Oriente.

	Vaso Regulador	Lago Sur	Lago Centro	Manantial	Lago Norte
Septiembre	3.338	2.052	2.246	2.125	3.232
Octubre	3.246	3.038	2.668	2.412	3.097
Noviembre	2.880	2.522	3.039	3.091	2.637
Diciembre	2.772	3.119	2.526	3.104	2.705
Enero	2.319	2.781	2.513	2.873	2.610
Febrero	3.053	2.533	2.704	3.163	2.562
Marzo	2.599	1.087	3.660	3.485	1.949
Abril	2.747	3.544	3.126	2.730	2.392
Mayo	2.774	3.331	2.637	2.841	3.012
Junio	2.510	1.683	2.678	2.592	2.132
Julio	2.450	2.418	3.214	1.951	1.631
Agosto	3.041	2.374	2.439	2.242	3.267

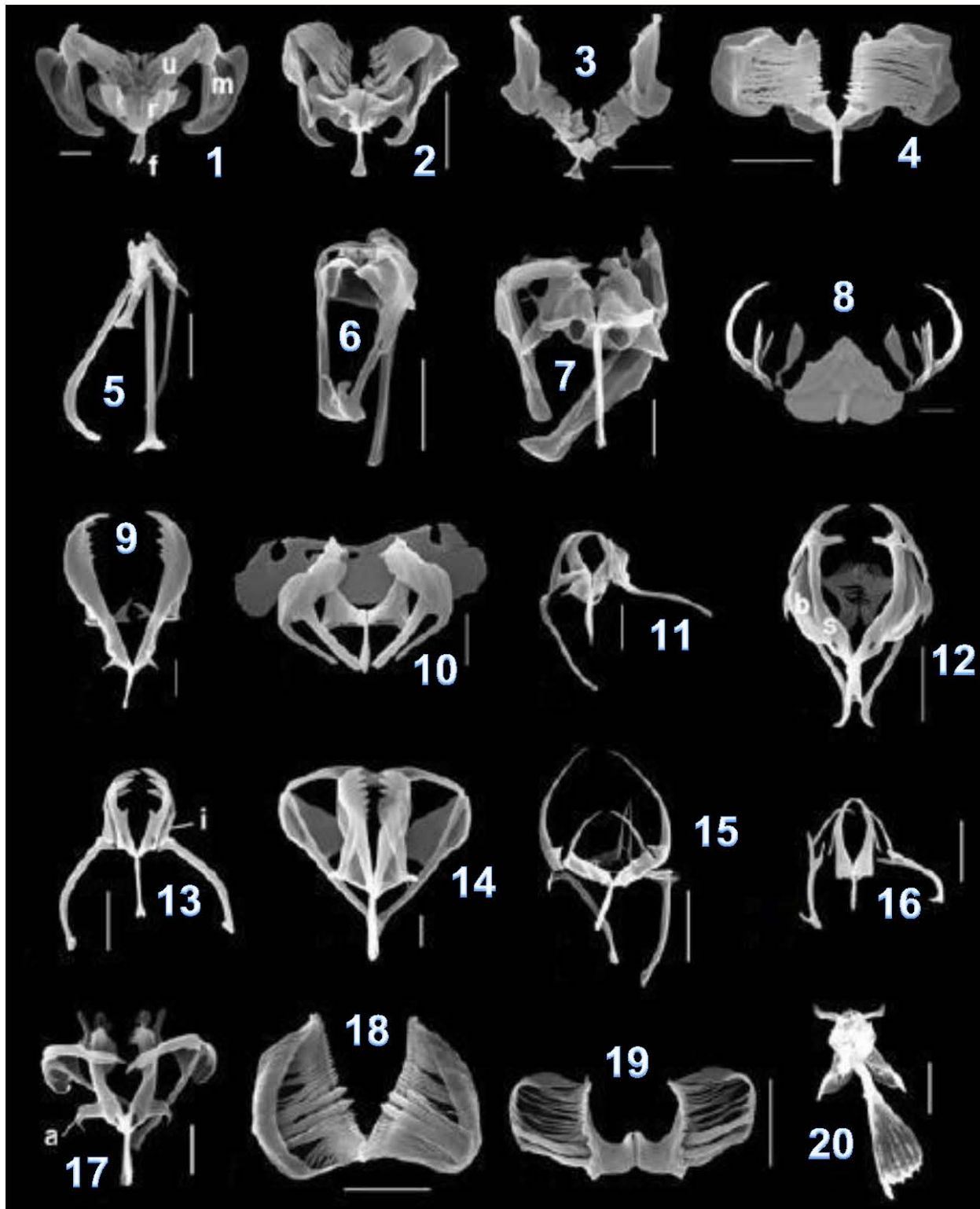


Figura 98.- Se muestran los 9 tipos de trophi presentes en rotíferos. Maleado: 1, 2 y 3. Maleoramado: 4. Virgado: 5, 6 y 7. Uncinado: 8. Incudado: 9. Cardado: 10. Forcipado: 11 a 17. Ramado: 18 y 19. Fulcrado: 20.

Barras de escala 10 μ m; a, alula; b, cámara basal; f, fulcrum; i, intramaleus; m, manubrium; r, ramus; s, cámara subbasal; u, uncus. (Tomado de Fontaneto., *et al.* 2008).