

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA
CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES**



**CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DEL
ZOOPLANCTON EN TRES LAGOS TROPICALES Y SU
RELACIÓN CON EL USO DE SUELO EN LOS TUXTLAS,
VERACRUZ.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA
EN ECOLOGÍA TROPICAL**

PRESENTA

MA. GUADALUPE GUTIÉRREZ QUEVEDO

Comité Tutorial

**M.C. Laura O. Dávalos Orozco
Dr. Owen T. Lind
Dr. Marcelo Silva Briano**

XALAPA, VERACRUZ

2014

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

El presente documento: Contribución de la Diversidad del Zooplancton en tres lagos Tropicales y su relación con el Uso de Suelo en los Tuxtlas, Veracruz, realizado por María Guadalupe Gutiérrez Quevedo, ha sido aprobado y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ecología Tropical.

COMITÉ TUTORIAL

M.C. Laura O. Dávalos Orozco



Dr. Owen T. Lind

Owen T. Lind



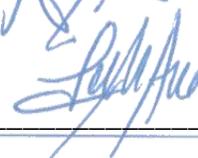
Dr. Marcelo Silva Briano

JURADO

Dr. Odilón M. Sánchez Sánchez



Dra. Leticia Cano Asseleih



M.C. Martha B. Rendón López



DEDICATORIA

Esta Tesis está dedicada en primer lugar a mis hijos Misol-Ha y Kinich, la cual por ellos terminé. A mi esposo, por su paciencia y dedicación y quien me animó y apoyó durante el trayecto de estudio y realización de este trabajo.

A mis padres que siempre han estado a mi lado pese a cualquier circunstancia.

A mis hermanos quienes siempre han estado al pendiente y que con sus ejemplos me han enseñado el camino correcto y profesional.

A mi familia quien ha estado al pendiente y siempre me ha apoyado en todo lo necesario.

A mis amigos y colegas por sus consejos y ánimo y porque me han llevado de la mano para seguir y terminar este documento.

AGRADECIMIENTOS

A mi Titular investigador la M.C. Laura Dávalos Orozco quien me dio la oportunidad de trabajar en su línea de investigación, por su apoyo y consejos para realizar este trabajo.

Al Dr. Owen T. Lind, por formar parte de mi comité tutorial, por sus aportes de conocimientos en clases y para la realización de este material.

Al Dr. Marcelo Silva-Briano, por formar parte mi comité tutorial, por sus aportes de conocimiento, su apoyo en el área taxonómica y el entrenamiento en su laboratorio. Así como también a la Biol. Araceli Adabache Ortiz por su ayuda con las fotografías digitales, por compartir sus experiencias y conocimientos así como su amistad.

A la Universidad de Baylor en Texas, por el apoyo y préstamo del equipo en el laboratorio de Limnología y Manejo de Cuenca y el financiamiento de las salidas de muestreo.

A mis compañeros de laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas de Citro, M.C. Enrique Mora Heredia por haberme dado la oportunidad de trabajar con él en los muestreos y en el laboratorio, a la Biol. Daniela Hernández Meza, por su apoyo en el laboratorio y compartir experiencias y al Ing. José Arturo Romero por el apoyo en la elaboración de los mapas del uso de suelo.

Al Centro de Investigaciones Tropicales por darme la oportunidad de haber cursado la Maestría en su plantel. Así como también, a todos los Investigadores que fueron asignados en el periodo escolar, quienes fueron los principales actores en la formación de la carrera por la aportación de sus conocimientos, experiencias y motivaciones para mi superación profesional.

Al CONACYT, por el apoyo financiero durante la Maestría por el otorgamiento de la beca de Posgrado.

A todos aquellos colegas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y de Citro que con sus conocimientos y experiencias hicieron posible la realización y finalización de este trabajo.

RESUMEN

Se realizaron dos muestreos en tres lagos tropicales, Catemaco, Majahual y Chalchoapan de la zona de los Tuxtlas, Veracruz, en el periodo de “Secas” Junio 2011 y “Lluvias” Octubre 2011. Se colectó con red estándar de 80 μm y trampa Schindler-trap de 63 μm . La comunidad de zooplancton estuvo representada por 8 especies, 4 Rotífera: *Brachionus havanaensis*, *B. angularis*, *Keratella cochlearis* y *Epiphanes* sp., 2 cladóceras: *Bosmina tubicen* y *Moina micrura*, 2 copépodos: *Mastigodiatomus albuquerquensis*, *Diacyclops* sp. y nauplios de copepodos. Se obtuvo la diversidad para cada periodo de muestreo por el Índice de Shannon donde en el periodo de “secas”, el valor máximo fue 1.3 para el lago de Catemaco y el mínimo de 1 para el lago de Chalchoapan. La biomasa encontrada con mayor valor fue para Chalchoapan en “secas” con 423,000 ug/m^3 , con una abundancia de 2395 org l^{-1} y la menor para Majahual “lluvias” con 30,000 ug/m^3 , con una abundancia de 520 org l^{-1} . La dominancia estuvo representada por los rotíferos de los géneros *Brachionus* y *Keratella*. Se realizaron mapas de uso de suelo de las cuencas de cada lago mediante el programa ArcGIS con el fin de conocer la relación existente entre los descriptores biológicos y las características del uso de suelo; mediante la Correlación de Pearson no se encontró una relación fuerte entre descriptores biológicos y características de uso de suelo; pero, en la correlación de descriptores biológicos y características limnológicas, se encontró relación para la abundancia con la temperatura y visibilidad.

	Dedicatoria	
	Agradecimientos	
	Resumen	
1.	Introducción.	1
2.	Marco Referencial.	3
3.	Revisión Bibliográfica.	5
3.1	Generalidades del Zooplancton Dulceacuícola: Grupos Taxonómicos, Fisiología, Papel Ecológico.	5
3.1.1	Protozoa.	6
3.1.2	Rotífera.	8
3.1.3	Cladóceras.	10
3.1.4	Copépoda.	12
3.2	Cuenca/uso de suelo.	16
3.3	Interacción entre Zooplancton y Uso de Suelo.	21
3.4	Cambios y Aportes Alóctonos y Autóctonos.	23
3.5	Estudio de la Diversidad Zooplanctónica de Lagos Tropicales en otros Países.	25
3.6	Estudio de la diversidad zooplanctónica en lagos tropicales mexicanos.	28
3.7	Nutrientes y parámetros limnológicos del lago de Catemaco.	33
4.	Planteamiento del Problema.	35
5.	Preguntas de Investigación.	38
5.1	Hipótesis.	38
6.	Objetivos.	39
6.1	Objetivo General.	39
6.2	Objetivos Particulares.	39
7.	Área de Estudio.	40
7.1	Localización Geográfica de la Región de Los Tuxtlas.	40
7.1.1	Hidrología de la Región de Los Tuxtlas.	41
7.1.2	Geología de la Región de Los Tuxtlas.	42
7.1.3	Clima de la Región de Los Tuxtlas.	43

7.2	Lago de Catemaco.	44
7.3	Lago de Chalchoapan.	45
7.4	Lago de Majahual.	46
8.	Metodología.	47
8.1	Trabajo de Campo.	47
8.1.1	Periodos de estudio.	48
8.1.2	Redes planctónicas.	49
8.1.3	Colecta de Zooplancton.	50
8.1.4	Uso de Suelo.	51
8.1.5	Variables Limnológicas.	52
8.1.6	Correlación de Pearson.	54
8.2	Trabajo de Laboratorio.	56
8.2.1	Identificación del Zooplancton.	55
8.2.2	Cuantificación del Zooplancton.	59
8.2.3	Abundancia Relativa.	60
8.2.4	Biomasa.	59
8.2.5	Diversidad.	60
8.2.5.1	Equidad de Shannon.	62
8.2.6	Dominancia.	63
9.	Resultados	64
9.1	Diversidad: Índice de Shannon.	64
9.2.	Composición taxonómica.	68
9.2.1	Galería fotográfica.	70
9.2.2	Parámetros Limnológicos.	72
9.2.3	Índice de Simpson.	74
9.3	Abundancia	77
9.4	Biomasa de Zooplancton.	80
9.5	Equidad de Zooplancton.	82
9.6	Uso de Suelo.	83
9.7	Análisis Estadístico de Zooplancton.	87
10.	Discusión	89
11.	Conclusión	96
12.	Recomendaciones	98
13.	Bibliografía	99
14.	Anexos	106

Índice de Tablas	Página
Tabla 1. Comparación de las Características Generales de Cladóceros Templados y Tropicales.	32
Tabla 2. Resultados de Clorofilas para el lago de Catemaco.	33
Tabla 3. Resultados de parámetros limnológicas para el Lago de Catemaco.	34
Tabla 4. Coordenadas Geográficas de los Puntos de Muestreo.	51
Tabla 5. Variables Limnológicas a medir.	52
Tabla 6. Guías de Identificación usadas en el laboratorio de la UAA.	56
Tabla 7. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Catemaco.	64
Tabla 8. Resultados del Índice de Shannon para periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Majahual.	65
Tabla 9. Resultados del Índice de Shannon para periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Chalchoapan.	66
Tabla 10. Taxones encontrados en los 3 lagos de estudio para periodo de Secas y Lluvias 2011.	68
Tabla 11. Resultados de parámetros Limnológicos tomados en los periodos de muestreo	72
Tabla 12. Resultados de Índice de Simpson para periodo de Secas y Lluvias 2011 para el lago de Catemaco.	74
Tabla 13. Resultados de Índice de Simpson para periodo de Secas y Lluvias 2011 para el lago de Chalchoapan.	74
Tabla 14. Resultados de Índice de Simpson para periodo de Secas y Lluvias 2011 para el lago de Majahual.	75
Tabla 15. Abundancias en periodo de Secas y Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Chalchoapan y Majahual con trampa Schindler-trap.	77

Tabla 16.	Biomasa de zooplancton en periodo de Secas y Lluvias 2011 con Schindler-trap en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan por método de SST.	80
Tabla 17.	Biomasa de zooplancton en periodo de Secas y Lluvias 2011 con Schindler-trap en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan por relación peso-abundancia.	81
Tabla 18.	Resultados de Índice de Equidad de Shannon para periodo de Secas y Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	82
Tabla 19.	Uso de suelo del lago de Catemaco	83
Tabla 20.	Uso de suelo del lago de Majahual	83
Tabla 21.	Uso de suelo del lago de Chalchoapan	86
Tabla 22.	Correlación de Pearson de las Características del uso de suelo y Descriptores biológicos en los 3 periodos de estudio	87
Tabla 23.	Correlación de Pearson de Características Limnológicas y Descriptores biológicos en los 3 periodos de estudio	87
Tabla 24.	Correlación de Pearson de las Características Limnológicas y Características del uso de suelo en los 3 periodos de estudio	88

Índice de Figuras	Página
Figura 1. Anatomía de un Rotífero.	9
Figura 2. Anatomía de un Cladóceros	12
Figura 3. Características de Diferenciación de los principales ordenes de Copépoda.	15
Figura 4. Anatomía de un Copépodo Cyclopoideo.	15
Figura 5. Anatomía Ventral de un Copépodo Calanoida.	16
Figura 6. Mapa de Localización de Zonas Volcánicas de México, marcando la Zona de Catemaco.	37
Figura 7. Mapa de Localización de la Zona de los Tuxtlas.	41
Figura 8. Mapa de Localización de los tres Lagos de Estudio.	48
Figura 9. Laminillas Permanentes para Identificación realizadas en el Laboratorio de la UAA.	58
Figura 10. Fotografías digitales de Rotíferos.	70
Figura 11. Fotografías digitales de Cladóceros.	70
Figura 12. Fotografías digitales de Copépodos.	71
Figura 13. Mapa Uso de Suelo de la Cuenca del Lago de Catemaco.	84
Figura 14. Mapa Uso de Suelo de la Cuenca del Lago de Majahual.	85
Figura 15. Mapa Uso de Suelo de la Cuenca del Lago de Chalchoapan.	86

Índice de Graficas	Página
Grafica 1. Lluvia diaria y acumulada del año 2011 y su comparativo con otros años.	48
Grafica 2. Índice de Shannon para periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	67
Grafica 3. Comparación de temperaturas en periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	72
Grafica 4. Comparación de visibilidad en periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	73
Grafica 5. Comparación de la clorofila- <i>a</i> en los periodos de Secas y Lluvias 2011 con en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	73
Grafica 6. Índice de Simpson para periodo de Secas 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	76
Grafica 7. Índice de Equidad de Simpson para periodo de Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	76
Grafica 8. Comparación de abundancias en los periodos de Secas 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.	79
Grafica 9. Comparación de biomasa en los periodos de Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan por SST.	80
Grafica 10. Comparación de biomasa en los periodos de Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan relación peso-abundancia.	81

CAPITULO 1: INTRODUCCION

Históricamente, el desarrollo de la limnología ha tenido como base el estudio de los lagos de la zona templada; en los últimos 30 años un número cada vez mayor de limnólogos ha orientado su atención hacia los lagos tropicales. Sin embargo, la investigación biológica de las regiones tropicales cálido-húmedas de México se ha orientado primordialmente al estudio de la flora y la fauna terrestres. En el ámbito de la limnología los esfuerzos de investigación han sido notablemente más raros. Entre la escasa literatura sobre los lagos del trópico húmedo de México destaca la monografía de Pearse 1936, acerca de los cenotes de Yucatán, además de algunos trabajos de diversa índole que brindan información fragmentaria (Torres-Orozco 1994).

En la región de Los Tuxtlas, el lago que cuenta con mayor información es el de Catemaco (Torres-Orozco y Pérez-Rojas 1994). El cual no ha pasado del todo inadvertido quizá por ser el décimo lago más grande de México, así como por su ubicación ya que, se encuentra en una zona que constituye el límite septentrional del ecosistema de la selva tropical en el continente americano y poco se sabe sobre el funcionamiento del lago y su diversidad (Dirzo y Miranda 1992).

El presente estudio versa sobre el grupo del zooplancton en lagos de Los Tuxtlas. El zooplancton de agua dulce es un conjunto de organismos microscópicos, componente importante en los ecosistemas acuáticos, cuya función principal es actuar como enlaces primarios y secundarios en la cadena alimentaria. Además sirven como base para programar acciones tendientes a eliminar o minimizar los impactos adversos en los cuerpos de agua. La composición específica del zooplancton puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos y su diversidad es indicativa de la salud del ecosistema de interés (Conde-Porcuna et al. 2004).

Debido a que la diversidad, en este caso del zooplancton, es impactada por acciones antropogénicas que ocurren en el suelo circundante al cuerpo de agua, se considera que los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso de suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de la pérdida de la diversidad de una región determinada

aunque, esto no ha sido explorado en lagos tropicales de Los Tuxtlas (Lambin et al. 2001 y Velázquez et al. 2002).

Específicamente sobre zooplancton existen importantes trabajos iniciales y esporádicos como los de Torrez-Orozco (1992, 1994, 1996, 1998, 2002), Pérez-Rojas (1982, 1992, 1993), Zannata (2006), Sarma (1987, 1996, 2000, 2005, 2006), Silva-Briano (1992, 1999, 2001, 2003), Suarez-Morales (1986, 1991, 1996, 1998, 2001) entre otros.

Por los antecedentes mencionados, el presente estudio tiene como finalidad explorar si la diversidad de zooplancton en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz, se ve afectada por el uso de suelo de la cuenca de los lagos incluidos (Catemaco, Chalchoapan y Majahual). Así como otros descriptores de la comunidad del zooplancton como abundancia, composición taxonómica y biomasa.

CAPITULO 2: MARCO REFERENCIAL

El agudo deterioro de los ecosistemas impone a la comunidad académica adoptar no sólo medidas de reordenamiento ecológico, sino también la realización de estudios puntuales que permitan comprender en qué medida y cuáles actividades del hombre contribuyen a tal deterioro, y que al mismo tiempo, ayuden a evaluar si está en peligro la salud, bienestar y sustentabilidad del hombre y sus actividades (López-Ríos y Lechuga-Anaya 2001).

En las cuencas hidrológicas el deterioro es generalmente significativo y en el ambiente acuático las comunidades del plancton son muy sensibles en las modificaciones ambientales, por ello, los organismos del zooplancton se han utilizado como indicadores de las condiciones que prevalecen en los cuerpos de agua. En las regiones cálido-tropicales se conoce poco acerca de los procesos de cambio de las especies del zooplancton dulceacuícola y las interacciones entre estos organismos son escasamente entendidas, factores como la temperatura, el tamaño de los cuerpos de agua, el estado trófico, la calidad y la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación afectan tanto la composición como la densidad poblacional del zooplancton (Iannacone y Alvariño 2007).

Conocer las interacciones entre los factores bióticos y abióticos que regulan la dinámica y la estructura de las comunidades naturales, cuantificando su importancia relativa representa uno de los principales retos con los que se enfrenta la ecología. Ello ha permitido la formulación, a partir de hipótesis experimentales basadas en interacciones biológicas y/o físicas, de modelos sobre la estructura de comunidades más fácilmente que en los sistemas terrestres (Conde-Porcuna et al. 2004). Dentro de los factores abióticos que experimentan cambios acelerados se encuentra el uso de suelo de la cuenca. Los lagos de la zona de Los Tuxtlas y sus cuencas, han sido poco estudiados, sus suelos se derivan en gran parte de materiales volcánicos sometidos a una rápida intemperización, además de diversos factores como el grado de influencia

humana en el área (agricultura, ganadería, aguas residuales, desperdicios urbanos, entre otros) conocidas como entradas alóctonas.

“En las cuencas se producen, relaciones, interacciones e interrelaciones de elementos físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos en cambio permanentemente en función de las actividades antrópicas. Las cuencas constituyen el espacio indicado para combinar adecuadamente: el manejo forestal con el ordenamiento integral de los recursos naturales donde se hagan compatibles las demandas sociales con las capacidades o soporte de la naturaleza y en donde el hombre juega un rol principal ya que con sus decisiones y comportamiento, puede producir cambios positivos o negativos en las cuencas” (Conde-Porcuna et al. 2004).

La necesidad de conservación de la diversidad biológica presenta varios niveles: conservación de variabilidad genética a nivel de organismo, a nivel de ecosistemas y a nivel ecológico. La conservación *in situ* exige preocuparse de este último aspecto, ya que la diversidad del hábitat que conforman el paisaje terrestre es necesario para su preservación, las especies y la variabilidad genética. En este sentido, los cuerpos dulceacuícolas son fáciles de diferenciar con respecto a su ambiente, pero su conservación se complica por el paisaje que les rodea constantemente cambiante (Ramírez y San Martín 2008). Por lo que este trabajo intentará relacionar la diversidad del grupo del zooplancton de los lagos en estudio con el uso del suelo de sus cuencas.

CAPITULO 3: REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Generalidades del Zooplancton Dulceacuícola: Grupos Taxonómicos, Fisiología, Papel Ecológico

Los animales encontrados en las aguas dulces son extremadamente diversos y representantes de casi todos los filos. La diversidad de especies de las comunidades del zooplancton es más baja en aguas dulces que en hábitat marinos. Las diferencias son probablemente muy antiguas, la profundidad y la continuidad evolutiva que se da en los océanos. Los animales planctónicos son dominados por 4 grupos principales: a) protistas que incluyen protozoarios y flagelados heterotróficos, b) rotíferos y 2 subclases de Crustácea, c) Cladóceros y d) Copépodos (Wetzel 2001).

El zooplancton es el conjunto de organismos microscópicos que viven suspendidos nadando en la columna de agua, cuyos movimientos están sujetos a merced de las corrientes de agua, de aire, y oleaje, debido a su limitada capacidad de locomoción (Conde Porcuna et al. 2004).

El zooplancton está constituido por todos los consumidores que constituyen en su gran mayoría a productores secundarios y terciarios. Este grupo está constituido por organismos generalmente microscópicos adultos y sus fases larvarias (holoplancton), y por las fases larvarias de otros organismos que en forma adulta habitan los fondos acuáticos o la columna de agua pero contrarrestando el movimiento de las corrientes. Algunos de los grupos de organismos más abundantes y característicos del zooplancton son los copépodos, cladóceros, rotíferos, cnidarios, quetognatos, eufáusidos y las larvas de los peces (Sociedad Mexicana de Planctología 2013).

Los principales grupos componentes de las comunidades zooplanctónicas son los protozoos, rotíferos y crustáceos, (particularmente copépodos y cladóceros). El zooplancton dulceacuícola, especialmente en las regiones tropicales, puede contener una amplia diversidad de categorías taxonómicas muchas desconocidas (Suárez-Morales et al. 2004).

Una característica muy peculiar en los organismos dulceacuícolas, es que la mayoría de sus especies o casi todas se les puede dar el termino de cosmopolitas; por tanto, es frecuente encontrar las mismas especies en latitudes y climas muy diferentes. Así, se ha comprobado que existen muchas especies en los lagos de Europa que se encuentran también en los lagos de Norteamérica. Muchas especies de aguas dulces templadas se encuentran en aguas dulces tropicales. Los grupos de seres vivos que presentan especies con mayor grado de cosmopolitismo son los protozoarios y los copépodos.

En las regiones cálido-tropicales se conoce poco acerca de los procesos de cambio de las especies del zooplancton dulceacuícola y las interacciones entre estos organismos son escasamente entendidas, excepto en el caso de los rotíferos *Asplanchna* y *Brachionus*, en donde el primero utiliza al segundo como alimento (Suarez Morales et al. 1986).

La temperatura, el tamaño de los cuerpos de agua, el estado trófico, la calidad y la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación pueden afectar tanto la composición como la densidad poblacional del zooplancton, y ser factores que actúen en simultáneo en los ambientes naturales (Iannacone y Alvariano 2007).

3.1.1 Protozoa

Los protozoarios pertenecen al Reino Protista. Son organismos eucariotas predominantemente unicelulares y de tamaño microscópico. Su nombre deriva de las palabras griegas “protos” y “zoon” que significan primero y animal, respectivamente. Se considera que los protozoarios son los animales primitivos y más simples que se conocen. Un protozario típico es unicelular, sin pared, heterótrofo, móvil y capaz de ingerir partículas de alimento (García-Cortes 2005).

Los protozoarios habitan en el mar, ríos, lagos y en tierra húmeda. La mayoría son de vida libre, pero hay algunos que se consideran parasitarios de animales, plantas y del humano.

La clasificación de Honigberg et al. (1964), trata a los protozoos como un sólo filo dividido en cuatro clases basadas sobre todo en el modo de locomoción: Flagelados, Sarcodinos, Esporozoos y Ciliados que son los más evolucionados (García-Cortes 2005).

Flagelados o mastigóforos (*Mastigophora*). Se distinguen por la posesión de uno o más flagelos. Los flagelos son filamentos más largos que los cilios cuyo movimiento impulsa a la célula. Suelen presentarse en un número reducido. Las formas unicelulares desnudas (sin pared celular), dotadas de sólo uno o dos flagelos, representan la forma original de la que derivan todos los eucariontes (García-Cortes 2005).

Rizópodos o sarcodinos (*Rhizopoda*). Estos protozoos, como las amebas, se desplazan por medio de pseudópodos, es decir, formando apéndices temporales desde su superficie y como proyección del citoplasma (García-Cortes 2005).

Esporozoos o Apicomplexa. Parásitos con una fase de esporulación (división múltiple) y sin mayor movilidad. El ejemplo más conocido es el plasmodio (género *Plasmodium*), causante de la malaria y que pertenece al grupo de los apicomplejos, grupo más conocido que suele reservar para sí el nombre de *Sporozoa* (García-Cortes 2005).

Ciliados (*Ciliophora*). Éste es el grupo tradicional que más se identifica como grupo natural en las clasificaciones modernas con la categoría de filo; aparecen rodeados de cilios y presentan una estructura interna compleja pero análoga a los flagelos, los cuales también se relacionan con citoesqueleto y centriolos. El paramecio (género *Paramecium*) es un representante muy popular del grupo. Además, los cilios son filamentos cortos y muy numerosos que con su movimiento provocan el desplazamiento de la célula (García-Cortes 2005).

Los protozoarios tienen su importancia ecológica en la contribución de la fertilidad del suelo, ya que descomponen la materia orgánica. También se encargan de mantener el

control natural de poblaciones microbianas, ya que se alimentan de varios tipos de microorganismos (García-Cortes 2005).

Los protozoarios autótrofos sintetizan su propio alimento, mediante el proceso de fotosíntesis. Los protozoarios heterotrófico, por otro lado requieren sustancias orgánicas pre-formadas del ambiente. La alimentación holozoica es la ingestión de organismos completos o pequeñas partículas de comida. Estos poseen mecanismos para la captura de alimentos como las copas de comida y citosomas ("boca"). Luego de la ingestión de partículas, éstas pasan a unas cavidades digestivas llamadas vacuolas alimenticias.

3.1.2 Rotífera

Son organismos diminutos o microscópicos en su mayoría miden 0.1 milímetro de longitud, de forma y color vistoso, casi siempre son transparentes por lo que se puede visualizar su parte interior. Se encuentran en charcos, lagunas y arroyos, pero mayormente abunda en muchos ambientes de agua dulce e incluso en las axilas de las hojas de los musgos. La mayor parte de las 2000 especies existentes son de vida libre. Son solitarios, pero hay especies que forman colonias de variables tamaños. Su nombre rotífero, proviene del latín rota, que significa "rueda". Dicho nombre se refiere a las formas comunes de los cilios móviles del extremo anterior del cuerpo, que aparentan la rotación de ruedas microscópicas. Esta área ciliada, la ausencia de cilios externos en otras partes del cuerpo y los movimientos de la faringe masticadora sirven para distinguir a los rotíferos vivos de otros animales acuáticos (Fig.1).

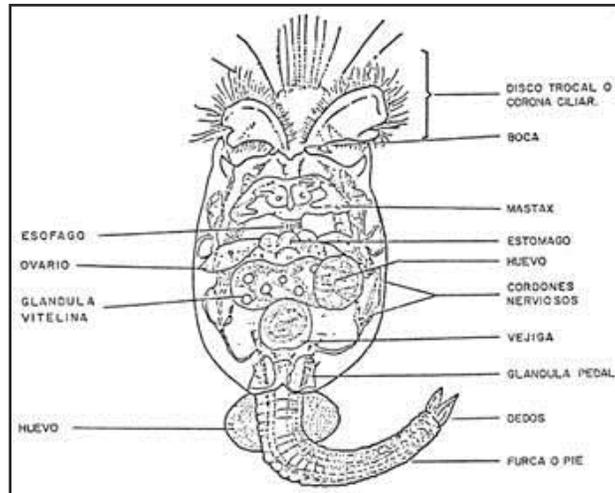


Figura 1. Anatomía de un rotífero (monografias.com)

Constituyen comparativamente un pequeño Phylum; Su clasificación científica constituyen el Filo Rotífera: formado por 3 clases: Seisonácea, Bdelloidea y Monogononta.

Son muy importantes en los ambientes continentales a causa de su tasa reproductora, su habilidad para ocupar rápidamente los nichos vacantes, constituyendo más del 30% de la biomasa planctónica, juegan un papel fundamental en la cadena trófica alimentaria de los ecosistemas acuáticos. Son recicladores eficientes de la materia orgánica y responden rápidamente a los cambios ambientales. Colonizan ambientes con distinto grado de salinidad, pH y temperatura, muchos de ellos toleran concentraciones muy bajas de oxígeno (Campbell y Reece 2007).

Los rotíferos son cosmopolitas. La fauna de rotíferos de cualquier masa de agua experimenta cambios durante una sola estación estival, en lo que se refiere a las especies que la integran. Los Bdelloideos comprenden las formas de agua dulce muy pocos conocidos. Habitan típicamente en el fondo y pueden arrastrarse como sanguijuelas, pero también pueden nadar. Los rotíferos que se alimentan de algas unicelulares poseen dientes cortos y anchos; los que emplean jugos de plantas mayores tienen dientes puntiagudos para atravesar las células de las plantas y faringe muscular

que actúa como una bomba para chupar los jugos; los de costumbre depredadores poseen maxilas alargadas provistas de dientes, que pueden ser proyectadas fuera de la boca para capturar a los protozoos y otros animales empleados como alimentos. Los rotíferos contribuyen a conservar limpia el agua por alimentarse de detritos orgánicos y de organismos, a su vez algunos rotíferos sirven de alimentos a pequeños gusanos y crustáceos constituyendo así un eslabón importante de la cadena de alimentación en las aguas dulces.

Las hembras en diferentes estaciones suelen producir huevos de verano y de invierno. Los primeros tienen una cubierta delgada, se desarrollan inmediatamente por partenogénesis y solo producen hembras; en aguas favorables pueden producirse una serie de generaciones de esta manera. Cuando ocurre algún cambio en las condiciones ambientales, todavía no precisado con exactitud, se origina una generación en que las hembras ponen huevos que si no son fecundados, se desarrollan en machos. Si son fecundados por estos machos, forman huevos de invierno con cáscaras gruesas y resistentes, como los quistes de los protozoos. Estos necesitan un periodo de reposo y pueden permanecer en vida latente durante largos periodos de tiempo pueden sobrevivir a la congelación y a la desecación, estos pueden ser transportados en las patas o plumas de las aves (Campbell y Reece 2007).

3.1.3 Cladóceras

Los cladóceros pertenecen al suborden de crustáceos branquiópodos que comprende unas 400 especies. El tamaño de la mayoría de las especie oscila entre 0,5 y 3 mm., que han evolucionado para colonizar principalmente las aguas dulces, aunque existen algunas especies de hábitos marinos. Estos organismos se encuentran en todos los sistemas epicontinentales, desde las latitudes tropicales hasta las regiones boreales (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

Se clasifican en 4 infra órdenes según Martin & Davis (2001): Ctenopoda, Anomopoda, Onychopoda y Haplopoda

En México a los cladóceros se les conocen comúnmente como pulgas de agua y se utilizan como alimento vivo en acuarios. Se destacan como indicadores biológicos y, en consecuencia, su utilización en estudios de toxicidad. También se han utilizado para la reconstrucción de ambientes, ya que sus exoesqueletos tienen la propiedad de conservarse en el sedimento (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

La cabeza se encuentra bien definida y está cubierta por el escudo cefálico, el cual presenta hacia la parte posterior unos o varios poros denominados “poros cefálicos”. Por debajo del escudo cefálico se insertan los músculos de las antenas y las mandíbulas, maxilulas, paragnatos, el labrum y el labium. El corazón también está presente en esta zona. La cabeza presenta un solo ojo compuesto rodeado de varias lentes hialinas. La mayoría de los cladóceros tienen un ocelo que varía en tamaño según la especie. Los cladóceros comprenden un tórax y un abdomen que se encuentran cubiertos por un caparazón de una sola pieza doblada que cumple varias funciones, pero la principal es la de la protección. El caparazón de algunos cladóceros puede ser bivalvo en Anomopoda (Elías-Gutiérrez et al. 2008), mientras que en Ctenopoda es univalvo; las valvas pueden presentar ornamentaciones como crestas, polígonos, estrías o espínulas, que se utilizan en taxonomía. El caparazón es incoloro es decir, transparente, en algunos casos se pueden detectar ciertas coloraciones causadas por el tipo de alimento que ingieren. En algunos casos presentan un color rojo encendido, que se debe a la presencia de hemoglobina, debido a las condiciones de anoxia o microaerofilia (Elías-Gutiérrez et al. 2008).

En el tórax se encuentran cinco o seis pares de apéndices que pueden recibir el nombre de toracópodos o patas, o bien apéndices filtradores. Al tórax le sigue el abdomen, que continua en una porción recurvada hacia la parte ventral conocida como “postabdomen”, en él se encuentran el ano y una serie de espinas laterales y marginales conocidas como espinas anales, cuyo arreglo y longitud son de carácter diagnósticos para géneros y especies. El cerebro es rudimentario y se continúa con un cordón nervioso ganglionado. El corazón es ovoide con dos ostiolas, el sistema circulatorio es abierto. El tubo digestivo es sencillo y pueda una o varias vueltas según la especie. Se pueden presentar sacos ciegos en la parte anterior y puede estar presente un órgano

glandular y también las glándulas maxilares que son pareadas (Fig. 2). Los ovarios son pareados y se encuentran en ambos lados del tubo digestivo, hacia la segunda mitad del cuerpo. Los testículos también son pareados y generalmente se encuentran hacia la parte posterior, donde se comunican por medio de un conducto a los poros genitales (Elías-Gutiérrez et al. 2008). El desarrollo de los cladóceros se lleva a cabo dentro del huevo y no se presentan etapas larvales libre-nadadoras. Los individuos nacidos, llamados neonatos, son muy similares a los adultos. Las hembras presentan tres mudas para llegar a la etapa adulta y en los machos se presentan 2 (Elías- Gutiérrez et al. 2008).

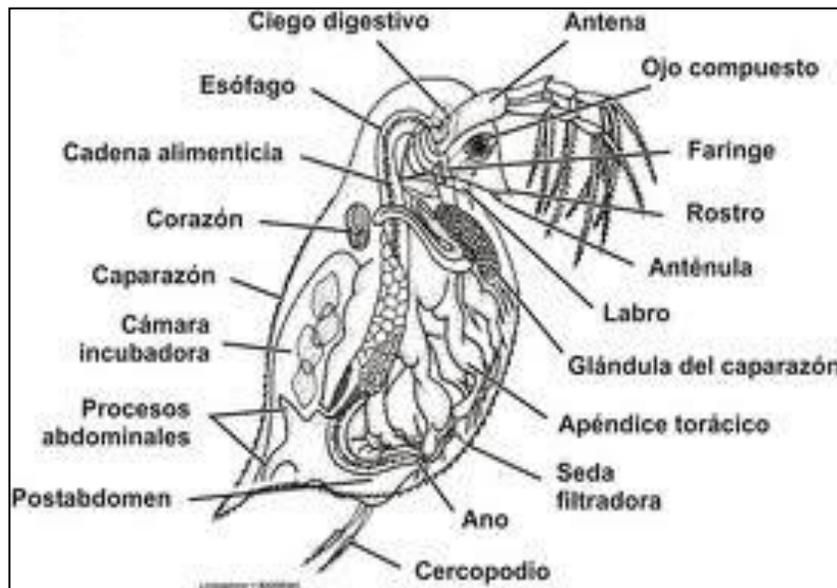


Fig.2. Anatomía de un Cladóceros (monografías.com)

3.1.4 Copépoda

La Subclase Copépoda, es una de las más diversas dentro de los crustáceos, agrupa a más de 11 500 especies. Los copépodos habitan en los océanos, lagos, estanques, pantanos, ríos, arroyos, estuarios, incluso en hábitats semiterrestres: como el humus, musgos, hojarasca y bromelias. La mayor parte de los copépodos son de vida libre y se encuentran en aguas marinas o salobres, únicamente una fracción de 2000 especies han invadido los ambientes de aguas dulces. Son organismos microscópicos generalmente

entre 1 y algo más de 5mm, aunque algunas especies pueden llegar hacer más grandes (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

El nombre de los copépodos, deriva del termino griego “kope” que literalmente significa remo, en alemán el termino es *Ruderküßskrebse* o crustáceos con patas de remo, debido al par de patas natatorias, aplanadas dorso ventralmente como remos que presentan los copépodos en el cuarto o quinto somita torácico (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

Entre los órdenes de Copépoda, son tres los que destacan: Calanoida, Ciclopoida y Harpacticoida (Fig.2). El orden Calanoida es un grupo importante y altamente diverso que abarca esencialmente formas marinas: este orden contiene a los copépodos más abundantes del planeta. El orden Ciclopoida es uno de los más diversificados entre los copépodos, contiene más de 70 familias que la mayor parte son formas parasitas o asociadas a distintos grupos de invertebrados y vertebrados. Los representantes del orden Harpacticoida lo conforman en su mayoría por copépodos bénticos marinos y algunas familias de las más de 60 tienen elementos que han colonizado hábitats de agua dulce o ambientes transicionales (estuarinos-costeros) y que pueden encontrarse en aguas de muy baja salinidad (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

Desde el punto de vista ecológico, los copépodos constituyen una fracción importante de la biomasa del zooplancton, alrededor de 50%, en aguas marinas como en las epicontinentales; en algunos casos esta cifra alcanza o rebasa el 75%. En los sistemas acuáticos los copépodos pueden ser considerados como indicadores de las condiciones generales de las biotas locales.

El cuerpo de los copépodos de vida libre presenta formas y configuraciones diversas: alargada, fusiforme, cilíndrica u oval. Su tagmosis (la diferenciación de regiones del cuerpo o tagmas, formados por series de segmentos similares entre sí y diferenciados del resto, con una función específica) permite distinguir con cierta claridad a los órdenes más comunes en las aguas continentales. Los copépodos están conformados

por 16 somitas arreglados en dos grandes regiones, cefalotórax o prosoma y abdomen o urosoma, tienen una segmentación evidente y cada somita está representado por un anillo quitinoso rígido que se une al siguiente por una membrana. Tienen un solo ojo (Fig. 3 y 4).

La gran mayoría de los copépodos son de cuerpo transparente, aun cuando los hay con cierta coloración. Como hecho curioso, se puede notar que algunas especies que son translúcidas llegan a colorear abundantemente el agua debido a la difracción de la luz al pasar por sus cuerpos. Adicionalmente algunas especies marinas son luminosas por sí mismas por poseer en sus cuerpos una sustancia fluorescente “luciferina” (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

La locomoción es una actividad constante ya sea para búsqueda de alimento o apareamiento, o para escapar de sus depredadores; la locomoción se presenta en forma de movimientos simultáneos cortos y desiguales en la mayor parte de los apéndices.

La alimentación de los copépodos es muy variada, ya que se pueden alimentar de algas, polen, detritus, bacterias, rotíferos, crustáceos, quironómidos y a veces de larvas de pez; así podemos encontrar especies detritívoras, herbívoras, omnívoras y carnívoras. El sistema digestivo de los copépodos consiste en boca, esófago e intestino (medio y posterior), el cual termina en el ano. El sistema circulatorio de los Ciclopoides está representado por el hemocele, sin corazón ni vasos sanguíneos, la sangre circula por contracciones del cuerpo y del tracto digestivo, la respiración ocurre a través de la superficie corporal. Los Calanoides tienen un sistema circulatorio más desarrollado, donde, incluye un corazón dorsal con un par de orificios laterales y un orificio ventral. La sangre es llevada hacia la parte anterior por una pequeña aorta (Elías - Gutiérrez et al. 2008).

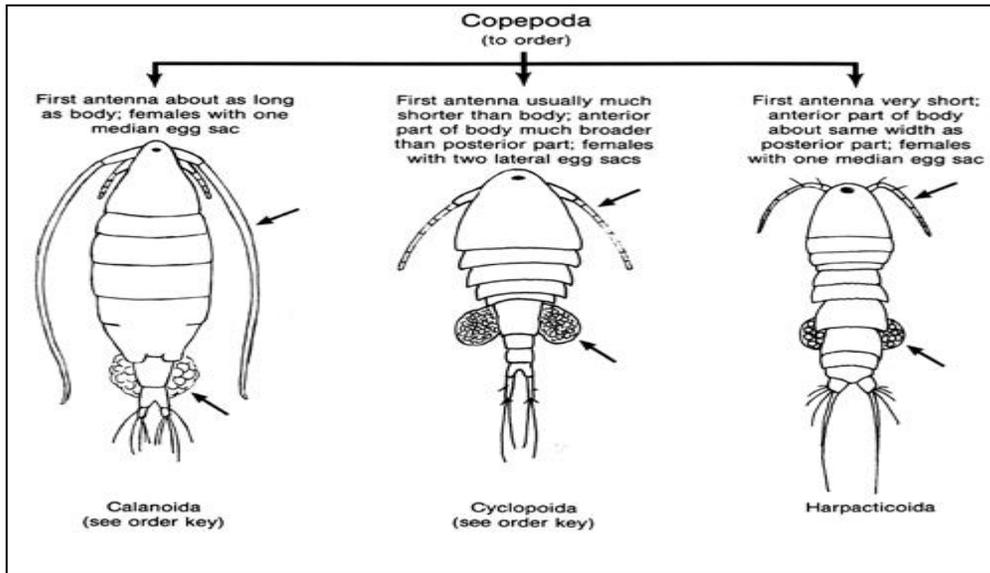


Fig.3. Características de diferenciación de los principales ordenes de Copépoda (monografias.com)

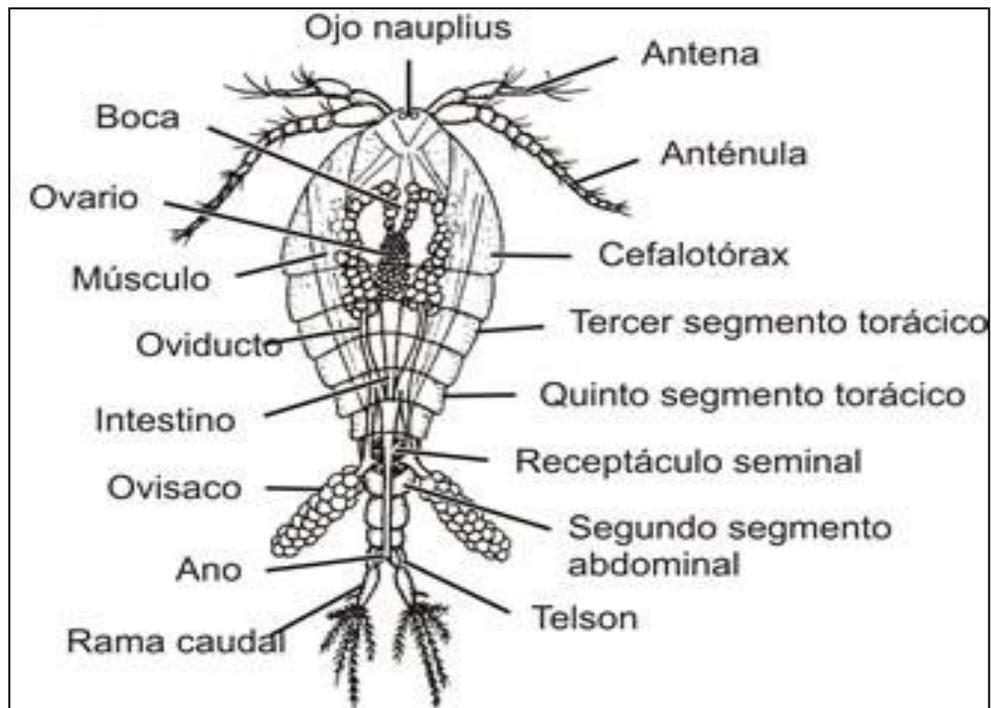


Fig.4. Anatomía de un Copépodo Ciclopoida (monografias.com)

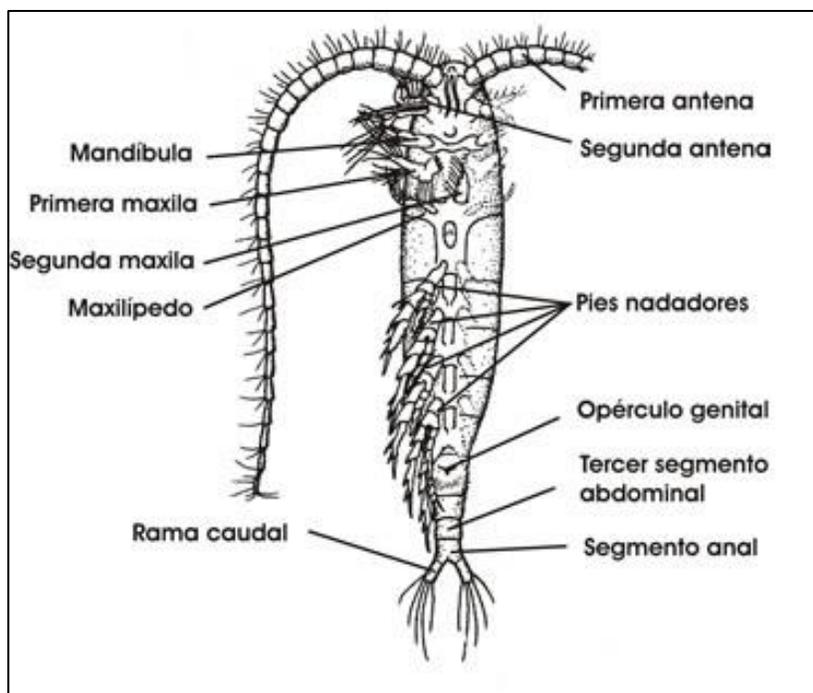


Fig.5. Anatomía ventral de un Copépodo Calanoida (monografias.com)

3.2 Cuenca/Usos de suelo

Una cuenca es el área drenada por una corriente fluvial y sus afluentes. La cuenca es importante en los temas de manejo y gestión del recurso agua en forma eficiente, es preciso “considerar aspectos tales como pisos altitudinales (por los cambios en precipitación y temperatura), formas del relieve y suelos (por los cambios en las rocas y materiales superficiales), uso del suelo y cambio de uso de suelo, cambios en la riqueza y abundancia en la biota, sistemas productivos y aptitud para los mismos, y organización social y política para el manejo de recursos” (Cotler 2004, 2010).

Una cuenca tiene las características de ser compleja, dinámica y abierta. Ya que dentro de ella se encuentran ecosistemas que cumplen con importantes funciones que posibilitan el desarrollo de la vida, estos ambientes son manejados para cumplir con diferentes objetivos como es la conservación, el mantenimiento de servicios ecosistémicos, restauración, uso y aprovechamiento de los recursos naturales, por ello es importante identificar cuáles son los sectores que se encuentran involucrados de forma directa e indirecta (Cotler 2010).

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual y es un tema de interés para los gobiernos y los pueblos (Cotler 2010).

El uso de suelo tiene gran influencia en el proceso de infiltración, distribución del agua en el suelo y evaporación afectada por la cobertura vegetal. Su análisis permite entender las causas y consecuencias de las tendencias de los procesos de degradación, desertificación, disminución de la diversidad y, en general, pérdida del capital natural y cultural. En México, como en muchos países tropicales, hay importantes procesos de cambio de la cobertura vegetal del suelo, especialmente deforestación para el establecimiento de zonas agrícolas y urbanización (Jáuregui-Figueroa et al. 2011).

La presencia de árboles y arbustos impiden la erosión de los suelos, ya que sus raíces ayudan a prevenir deslaves. En las zonas deforestadas, principalmente en las partes con fuertes pendientes, las lluvias torrenciales generan un enorme escurrimiento pluvial que afecta la productividad de las tierras al arrastrar los nutrientes del suelo, ocasionando la sedimentación en los ríos, lo cual provoca que sean menos profundos aumentando el riesgo de inundación en las partes bajas, provocando la concentración de nutrientes en ríos y cuerpos de agua donde se presenta eutroficación. La cantidad de descargas de sedimentos depende de diferentes factores como son: tamaño de la cuenca, tipo de geología, topografía, estabilidad de los márgenes de los ríos, así como el uso de suelo que se presentan en la cuenca; aunque la principal causa de la sedimentación en las partes bajas de la cuenca es el cambio de uso de suelo (Jáuregui-Figueroa et al. 2011).

La deforestación o degradación forestal, se asocian a impactos ecológicos importantes en prácticamente todas las escalas. Localmente inducen la pérdida y degradación de suelos, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies; regionalmente afectan el funcionamiento de cuencas hidrográficas y de asentamientos humanos, a nivel global, coadyuvan a las emisiones de gases de efecto invernadero que dan por resultado el problema del cambio climático global. Por otro lado, el crecimiento exponencial que ha

experimentado la población humana a nivel mundial en las últimas décadas, la demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades de supervivencia de esa población y las formas y mecanismos de apropiación de los recursos, con frecuencia ligados a fuerzas sociales, políticas y económicas, han presentado implicaciones estructurales y funcionales sobre los ecosistemas. Estas relaciones hombre-ambiente o entre el ambiente y los procesos ligados a la economía social, se manifiestan o materializan como cambios en la cobertura y uso de suelo y han sido reconocidos desde hace más de dos décadas como causa importante de cambios en el ambiente global (Cotler 2010).

La región de los Tuxtlas está en el límite norte de la selva húmeda americana y hoy es su último reducto en la costa del Golfo de México. La conservación de los remanentes de la selva de esta región es imperativa. A pesar de la intensa deforestación y fragmentación de la selva, aún encontramos una parte importante de la riqueza original de especies de la flora y fauna nativa (Guevara et al. 2000).

La deforestación de la sierra de Los Tuxtlas ha dado como resultado un paisaje muy heterogéneo, con fragmentos de diferentes tamaños y distancias variables entre sí, inmerso en áreas taladas con distintos manejos pecuarios y densidades variables del arbolado remanente en su interior. Esta situación convierte a la región en un escenario ideal para el estudio y entendimiento de las consecuencias biológicas de la fragmentación antropogénica y de la dinámica ecológica de paisajes fragmentados.

Las cuencas y los ecosistemas acuáticos de la zona de los Tuxtlas presentan la siguiente problemática general:

1.- Modificación del entorno por los siguientes aspectos. Deforestación, fragmentación del hábitat, erosión de los suelos, presión demográfica y marginación, azolvamiento y eutroficación de cuerpos de agua. Construcción de caminos y carreteras (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

2.- Contaminación: el lago de Catemaco está contaminado por bacterias coliformes, fosforo, materia orgánica, sulfuro de hidrógeno, agroquímicos y aguas residuales. Hay

proliferación del lirio acuático en las zonas de Arroyo Agrio y Coyame (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

3.- Uso de recursos. Los peces, reptiles, moluscos, crustáceos y las algas se encuentran en riesgo, por las especies introducidas (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

Debido a esta problemática en el uso del suelo-cuenca es necesario, para la conservación de los ecosistemas acuáticos en la zona de las Tuxtlas, un control de la tala de la vegetación natural de la cuenca, el uso de herbicidas y fertilizantes, del proceso de azolvamiento y eutrofización de las lagunas y conservar y restaurar el corredor que va del cráter del volcán San Martín Pajapan hasta la laguna del Ostión. Hay muchos lagos pequeños en los que se desconocen características hidrológicas y diversidad, lo mismo en arroyos. Se recomienda establecer procesos de tratamiento y depuración de las aguas, una evaluación del estado de conservación de los recursos naturales y su seguimiento. Existe un desconocimiento de la diversidad acuática y endemismos (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

En la región de los Tuxtlas se reconocen, principalmente, las siguientes formas de uso del suelo, según el Censo Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz, en el que se considera que gran parte de la superficie de tierra corresponde a la actividad pecuaria (46.4% del total regional), seguida por la agrícola (36.8%) y que el resto se dedica a otros usos, tales como bosque mesófilo de montaña, manglar, sabana, selvas, vegetación de dunas costeras, cultivos diversos, pastizales, poblados y cuerpos de agua (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

Es claro que el proceso ganadero ha cubierto de pastos una superficie equivalente al 56% del Área de la Reserva de los Tuxtlas; los diferentes tipos de cultivos, comerciales o de autoconsumo, abarcan un poco más del 6%; por su parte, los diferentes tipos de vegetación se extienden en más de 35 %; los cuerpos de agua y las zonas urbanas abarcan una superficie menor al 2% (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

La ganadería se distingue por presentar distintos niveles de explotación: extensiva, semiextensiva (predominante en la región), mixta o de gran extensión. Las actividades forestal, pesquera y de caza generalmente son de tipo extractivo y recolectan recursos, lo que ha contribuido en gran medida a la alarmante reducción y desaparición de bosques y fauna. Las actividades relacionadas con el sector secundario y terciario han sido de menor importancia para la dinámica económica de la región, con excepción de la industria del tabaco y la actividad turística en Catemaco, que sí han contribuido a la generación de ingresos. También es necesario considerar la influencia que ejercen sobre Los Tuxtlas las industrias azucarera y petrolera. Al este de la sierra, en el vecino municipio de Ángel R. Cabada, se encuentra un importante ingenio azucarero, mientras que al suroeste y oeste tenemos al corredor industrial petroquímico de Jaltipan-Minatitlán-Coatzacoalcos (Programa de Manejo de los Tuxtlas 2006).

3.3 Interacción entre Zooplancton y Uso del suelo

Los cuerpos de agua dulce acuáticos se han deteriorado y puesto en serio peligro la permanencia de muchas de sus especies, y con ello la integridad y el funcionamiento adecuado de sus ecosistemas. Su condición y grado de amenaza es aún mayor que el que sufrían los ecosistemas forestales o costeros. Es importante subrayar que una parte de la presión a la que están sujetas las comunidades acuáticas tiene su origen en las actividades humanas que se realizan en las cuencas que habitan. Dicha presión se ejerce en dos frentes distintos: por un lado, a través del impacto directo, el cual actúa por la modificación o reducción de las áreas de estos ecosistemas y la extracción e introducción de ejemplares, y, por otro, a través del cambio en la cantidad y calidad del agua de la que dependen para su funcionamiento. Un gran número de grupos taxonómicos presentes en los ecosistemas acuáticos son susceptibles a los cambios en la calidad del agua presente en su hábitat (Base de Datos Estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales “BADESNIARN”, SEMARNAT 2012).

La calidad del agua es la principal fuente para la diversidad acuática, sin embargo la contaminación de los cuerpos de agua dulce es el ejemplo más común, debido a las descargas industriales que provienen principalmente de las industrias química, azucarera, minera, petrolera, del hierro y acero, celulosa, papel y textil, entre otras. Incluyen metales pesados (plomo, cromo y mercurio), compuestos orgánicos (benceno, tolueno, xileno y otros sintéticos como las dioxinas, furanos, fenoles policlorados e hidrocarburos aromáticos polinucleares), plaguicidas, petróleo, grasas y aceites. Las aguas de origen urbano que contaminan los cuerpos de agua provienen de las viviendas y edificios públicos y de la escorrentía urbana que se colecta en el drenaje. Sus principales contaminantes son los nutrimentos (principalmente nitrógeno y fósforo), organismos patógenos (bacterias y virus), metales pesados, materia orgánica biodegradable, químicos orgánicos sintéticos, hormonas y productos farmacéuticos (Base de Datos Estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales “BADESNIARN”, SEMARNAT 2012), todo estos contaminantes se incorporan a los cuerpos de agua superficiales disueltos o suspendidos en las escorrentías, adheridos a partículas de suelo, por deposición atmosférica

o directamente por su aplicación en los cuerpos de agua. En la vida silvestre ocasionan daños celulares y del ADN, cáncer, lesiones en peces y otros animales, deformidades físicas (como los picos en forma de gancho en aves), fallas en la reproducción y todos ellos pueden acumularse en los organismos acuáticos, afectando la cadena trófica, la abundancia de las especies y la estructura de sus comunidades. (Base de Datos Estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales “BADESNIARN”, SEMARNAT 2012).

Debido a toda la carga de nutrientes que en los cuerpos de agua se depositan, estos se caracterizan como ecosistemas o ambientes eutroficados (o eutrofizados) por una anormal abundancia de nutrientes. La eutroficación produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad. En los ecosistemas acuáticos, empiezan a proliferar las algas unicelulares provocando un enturbiamiento del agua; esto impide que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema. En el fondo se hace imposible la fotosíntesis, productora de oxígeno libre, a la vez que aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno (respiración aeróbica) de los descomponedores, que empiezan a recibir los excedentes de materia orgánica producidos cerca de la superficie. De esta manera, en el fondo se agota pronto el oxígeno por la actividad aerobia y el ambiente se vuelve pronto anóxico. Esta radical alteración del ambiente hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema (Muerza 2008).

En muchos casos la eutroficación no significa la muerte total de los habitantes de la zona, sino una pérdida importante de la diversidad, es decir, del número de seres vivos. El zooplancton es circunstancial en cuerpos de agua con problemas de contaminación, algunos organismos son resistentes y otros perecen, también son buenos indicadores del nivel de contaminación del hábitat. El zooplancton se alimenta del fitoplancton y a su vez el zooplancton es consumido por peces y otros vertebrados (Muerza 2008).

Cuando proliferan las algas de gran tamaño, que los animales del zooplancton no pueden comer, en los márgenes de los ríos o lagos suelen crecer plantas como berros, lentejas de agua o juncos. En algunos casos, especies adaptadas a esas condiciones invaden las aguas

contaminadas, lo que altera de forma grave la fauna acuática. Por ejemplo, en uno de los primeros casos estudiados en el mundo, la bahía de Chesapeake, el mayor estuario de Norteamérica, crecieron, a principios de los 80, boquerones y arenques de agua dulce, inadecuadas para el alimento humano, al tiempo que desaparecieron aves acuáticas y especies que proporcionaban millones de kilogramos de pesca y mariscos (Muerza 2008).

En un cuerpo de agua cerrado (ejemplo: laguna, lago, embalse) cuando existe caso de hipereutroficación este proceso puede terminar por convertir al cuerpo de agua en tierra firme. Esto se debe a que los nutrientes que ingresan masivamente al sistema generan una gran biomasa de organismos de vida generalmente efímera que al morir se acumulan sobre el fondo y no son totalmente consumidos por organismos degradadores “especialmente bacterias” (Muerza 2008).

A pesar de no ser un fenómeno tan conocido, los científicos que han estudiado la hipereutroficación lo consideran uno de los problemas más graves de contaminación a escala mundial, porque como decimos, la diversidad de la zona se resiente dramáticamente, disminuyendo el número de especies de seres vivos y aumentando el número de individuos de las pocas especies que quedan. Además de estos efectos, tampoco hay que olvidar que con esta proliferación de algas y plantas en la superficie de las aguas, la práctica de la natación o de otros deportes acuáticos en esos lagos o ríos contaminados se hace prácticamente imposible, o cuando menos desagradable (Muerza 2008).

3.4 Cambios y Aportes Alóctonos y Autóctonos

El aporte autóctono se define como todo aquel material u organismos "nativos", es decir, que pertenece, que se produce o es propio del lugar.

Los lagos son sistemas acuáticos totalmente rodeados por ecosistemas terrestres. Están fuertemente influidos por los aportes de materiales, desde los ecosistemas terrestres circundantes o de otras fuentes fuera de la cubeta. Se define entonces como aporte alóctono a todo aquel material no originario del lugar.

Los nutrientes y otras sustancias atraviesan las fronteras entre estos ecosistemas (acuáticos o terrestres) por vías biológicas, geológicas, meteorológicas e hidrológicas (Semarnat, Colegio de Posgraduados 2002).

- Los aportes atmosféricos, están constituidos por partículas arrastradas por el viento, las sustancias disueltas en la lluvia y en la nieve, y los gases atmosféricos. Las pérdidas por esta misma vía son pequeñas, y están constituidas principalmente por aerosoles y gases como el CO₂, el metano y el nitrógeno.
- Los aportes de tipo geológicos incluyen los nutrientes disueltos en las aguas subterráneas y superficiales afluentes y los aportes de materia orgánica procedente de la cuenca de drenaje.
- Las pérdidas por la vía geológica se asocian a los arrastres en los efluentes de los lagos y a los nutrientes integrados en los sedimentos profundos que desaparecen de la circulación durante largos periodos de tiempo.
- Los aportes y pérdidas por transporte biológico son relativamente pequeños y se deben principalmente a los animales como los peces que entran y salen del lago.
- Los aportes de tipo hidrológico vienen por la precipitación y el desagüe de aguas superficiales, mientras que las pérdidas por estos motivos se deben a las filtraciones por las paredes de la cubeta, los flujos sublacustres y la evaporación. En los lagos y lagunas se produce un trasiego de nutrientes y energía a través de cadenas tróficas clásicas o detriticas.

Dada la interconexión intrínseca entre los recursos naturales en una cuenca, el cambio del uso de la tierra repercute directamente en la estabilidad y la calidad de los suelos. Como respuesta al cambio de la vegetación natural a sistemas de producción agrícolas y pecuarios, en zonas poco adecuadas para ello, el 73.7% de la cuenca presenta algún grado de degradación de suelos (Semarnat, Colegio de Posgraduados 2002).

La degradación de los suelos, entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida humana, está relacionada con el régimen climático, las condiciones geomorfológicas y las características

intrínsecas de los suelos pero sobre todo con la deforestación, el establecimiento de sistemas agropecuarios inapropiados y el impacto que causan las políticas públicas en el medio ambiente. La distribución de estos procesos de degradación responde claramente a sus principales factores desencadenadores (Semarnat, Colegio de Posgraduados 2002).

3.5 Estudio de la Diversidad Zooplanctónica de Lagos Tropicales en otros Países

Fernando (1980), basándose en un estudio de más de 500 muestras de zooplancton colectadas en Sri Lanka (Ceilán) durante 1965-1974, analizó la composición de especies de diferentes hábitats (tropicales y templados). Él encontró que el zooplancton de las regiones tropicales es menos diverso que en las regiones templadas, relativamente con pocas especies de Cladóceros y Copépodos, los rotíferos incluyeron un gran número de especies del género *Brachionus*. Los Cladóceros grandes pertenecieron al género *Daphnia*, los cuales se reportaron raros en aguas tropicales. La composición de tallas del zooplancton en aguas tropicales tuvo un alcance menor que en las regiones templadas. Las razones de las diferencias en la composición de las especies, en variedad y tamaño entre el zooplancton de las regiones templadas y tropicales fue tal vez debido a una serie de factores. Estos incluyeron los efectos de las altas temperaturas, disponibilidad de alimentos y la depredación de peces e invertebrados.

Schabetsberger et al. (2004), realizaron un estudio sobre la limnología de dos lagos de cráteres tropicales en la Isla de Bioko, lago Biao y Loreto en la Guinea Ecuatorial. Encontrando que en el lago Biao con 1750 m de altitud y 18,5 m de profundidad. Los rotíferos *Anuraeopsis fissa*, *Polyarthra indica*, *Trichocerca simoneae* y *Trichocerca similis* fueron más abundantes en la superficie, en la termoclina (capa de agua en donde la temperatura desciende bruscamente con la profundidad en el cuerpo de agua). Durante el día el copépodo *Tropocyclops prasinus tjeefi* y larva de díptero *Chaoborus* cf. *ceratopogones* concentrados en la oxiclina (capa del agua donde el oxígeno disminuye bruscamente con la profundidad.), el cladóceros *Daphnia laevis* fue más abundante entre 0 y 4 m de profundidad. Lago Loreto se reportó con 82 m de profundidad, presentó un aspecto turbio, de color amarillento. Una especie de

cianobacteria, un dinoflagelado y un alga verde dominaron el fitoplancton. Sólo una especie de rotífero (*Brachionus angularis*) y un copépodo (*Tropocyclops prasinus tjeefi*) las cuales colonizaron las aguas abiertas.

Wang et al. (2007), realizaron un estudio limnológico comparativo de las comunidades de zooplancton: crustáceos y su relación con los factores ambientales, para comprobar la existencia de la relación constante entre la biomasa de los crustáceos y los grupos de lagos con condiciones tróficas similares. El estudio abarcó 29 lagos subtropicales situados a lo largo del centro y parte baja del río Yangtze en China. Encontraron cerca de 38 especies de crustáceos, de los cuales 20 géneros fueron representados por Cladóceras y 11 géneros para Copépoda. Las especies más comunes y dominantes fueron *Bosmina coregoni*, *Moina micrura*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Cyclops vicinus*, *Thermocyclops taihokuensis*, *Mesocyclops notius* y *Sinocalanus dorrii*. El análisis de correspondencia canónica mostró que cuatro especies mantenían un patrón diferente, *Moina micrura* y *Cyclops vicinus*, alcanzaban su punto máximo en los lagos con alto estado trófico y baja transparencia (Visibilidad Secchi) y profundidad, *Sinocalanus dorrii* y *Daphnia hyalina* alcanzaban su punto máximo en los lagos con relativamente baja carga de nutrientes y alta transparencia, profundidad y pH. También determinaron que la temperatura era un factor importante que determinaba el predominio de *Cyclops vicinus*, *Sinocalanus dorrii*, *Daphnia hyalina* y *Moina micrura*. Dentro de los 3 grupos de lagos, no hubo una relación consistente entre la biomasa de los crustáceos y los indicadores ambientales. La razón sugerida por los autores fue el control top-down (presión de consumo) y bottom-up (disponibilidad de nutrientes) de los crustáceos que varían con el estado trófico del lago. La falta de correlación negativa significativa entre la biomasa de crustáceos y clorofila-*a* sugiere que hubo poco control de la biomasa de fitoplancton por el macrozooplancton en estos lagos subtropicales poco profundas.

Zakaria et al. en 2007, realizaron un estudio anual de Julio 2003 a Septiembre 2004 en el lago de Manzalah en Egipto, para estudiar la distribución y abundancia de las comunidades del zooplancton. Reportaron 5 grupos integrantes de su composición

zooplanctonica, rotífera, copépoda, cladóceras, ostrácoda y protozoa, su composición fue de un total de 1, 277, 000 ind m³. Los rotíferos fueron su taxón dominante con el 81.89% del total, reportaron 38 especies pertenecientes a 19 géneros, principalmente y dominante el género *Brachionus*.

Chattopadhyay y Barik en 2009, estudiaron la composición y la diversidad del zooplancton de red en un lago de agua dulce tropical en Burdwan, India. Las muestras fueron tomadas a 1 m de profundidad durante un año aprox. Encontraron que su abundancia relativa máxima fue para rotíferos con el 44% y el mínimo para decápodos con el 1.5 %. El índice de Simpson demostró que los puntos de diversidad máxima fueron para Julio y el mínimo para Noviembre, donde se implica la temporada de procesos limnológicos que afectan la diversidad de zooplancton en las superficies del agua de los lagos.

Merayo y González en 2010, realizaron un estudio en un embalse tropical oligo-mesotrófico en Venezuela, donde estudiaron la distribución temporal y espacial de la abundancia de zooplancton y la biomasa a lo largo del eje longitudinal del embalse, encontrando un total de 16 taxones identificados: Copépoda, Cladóceras, Rotífera, Ostrácoda y Díptera. *Thermocyclops decipiens* (Copépoda, Ciclopoida) dominó la comunidad, mientras que los rotíferos fueron los más diversos, con 10 especies. Concluyeron que la comunidad de zooplancton respondió a las variaciones ambientales en el embalse, en lugar de las variaciones en la disponibilidad de recursos.

Ndebele-Murisa et al. 2010, realizaron un estudio sobre una síntesis de los conocimientos actuales sobre la producción de fitoplancton, la estacionalidad, y la estratificación en los lagos tropicales de África y consideraron que los efectos del enriquecimiento de nutrientes y los impactos potenciales del calentamiento climático tienen importancia sobre la producción y composición de fitoplancton tropical. Los lagos africanos son especialmente sensibles al calentamiento climático a medida que experimentan grandes fluctuaciones en la termoclina en un rango estrecho de temperaturas altas del agua. El calentamiento climático reciente ha reducido la biomasa de fitoplancton y la producción en los lagos. Una disminución en la producción de

clorofitas y un aumento de las cianobacterias ha llevado a la producción del zooplancton reducida y por consiguiente la disminución de las poblaciones de peces, todo lo cual puede estar asociado a las temperaturas elevadas del agua. Esto indica que el calentamiento climático, incluso moderado puede desestabilizar la dinámica del fitoplancton en lagos africanos tropicales, reduciendo así los recursos de calidad del agua y de los alimentos para peces planctívoros con impactos negativos en la vida de los humanos.

3.6 Estudio de la Diversidad Zooplanctónica en Lagos Tropicales Mexicanos

Se conoce un primer trabajo sobre diversidad y abundancia del plancton en el Lago de Catemaco, Veracruz, por Suarez-Morales et al., 1986. Sus objetivos fueron, caracterizar el lago de Catemaco, Veracruz, desde un punto de vista limnológico, definiendo su estado trófico con base en el estudio de la variación estacional del plancton durante un ciclo anual (1981-1982). Determinaron la abundancia, la diversidad y la distribución de los principales grupos del zooplancton y del fitoplancton que habitan en las aguas de este lago. Considerando la totalidad del muestreo, los copépodos resultaron el grupo dominante del zooplancton, representando casi el 40% del total, seguidos por los cladóceros con el 21.4%, las larvas nauplios con el 19.73% y los rotíferos con el 7.9%. En menor abundancia aparecieron los ostrácodos, los ácaros, los insectos, los anfípodos y las larvas de peces.

Por lo que se refiere a la distribución de los diferentes taxones en el lago de Catemaco, observaron que el grupo de zooplancton con una amplia distribución a lo largo del ciclo anual fue el de los crustáceos, siendo en el otoño el cladócero *Bosmina longirostris* la especie dominante; en el invierno, los copépodos *Mastigodiatomus albuquerquensis* y *Halicyclops sp*; en la primavera, los copépodos *Mastigodiatomus albuquerquensis* y *Eucyclops agilis* y en el verano el cladócero *Bosmina longirostris* junto con los copépodos *Mastigodiatomus albuquerquensis* y *Halicyclops sp*.

Ellos encontraron que los rotíferos registraron su mayor abundancia durante el verano, periodo en el que se presentaron las más altas temperaturas en el agua. También se refirió que *Bosmina longirostris* fue el único cladóceros presente en el sistema.

Sus aportaciones concluyeron que el lago de Catemaco, desde un punto de vista limnológico, era un cuerpo de agua eutrófico o en proceso de eutroficación, debido a la baja diversidad del plancton y la dominancia de las cianofitas sobre el resto de los grupos del fitoplancton. También expusieron que las variaciones del plancton observadas, responden más a factores biológicos que a la variación de los factores fisicoquímicos, dado que se trata de un cuerpo de agua tropical.

En 1987 se desarrolló un estudio de la morfometría y el comportamiento físico-químico del agua de dos pequeños lagos ubicados en la región de Los Tuxtlas, laguna del Zacatal (temporal), y laguna Escondida (permanente), donde el comportamiento de ambas lagunas siguió estrechamente las variaciones climáticas, particularmente del régimen pluvial (Torres-Orozco et al. 1994). Con el fin de obtener más información Torres-Orozco et al., 1995 realizaron un trabajo sobre el lago de Catemaco, definiendo sus características e importancia; en 1996 realizaron un estudio en 3 lagos de los Tuxtlas: laguna del Zacatal, laguna Escondida y lago de Catemaco, reportando que la importancia de estudiar estos lagos es conocer sus características limnológicas, reconociendo que la morfología de estos lagos se ven influenciados por factores físico, químicos y biológicos que determinan la vida del mismo.

Pérez-Rojas y Torres-Orozco en 1992, realizaron un trabajo donde se describió por vez primera la batimetría del lago de Catemaco. Posteriormente (Pérez-Rojas et al. 1994), realizaron una evaluación de los sedimentos del lago de Catemaco, orientada a determinar su textura y composición, así como su contenido de materia orgánica y carbonatos. Las elevadas concentraciones de materia orgánica en los sedimentos, aunadas al predominio en su composición de materia inorgánica biogénica, les permitieron caracterizar al lago de Catemaco como un ambiente eutrófico.

En 1998, Zanatta y Torres-Orozco, realizaron un estudio sobre la composición de especies, abundancia y distribución del zooplancton en el lago de Catemaco. Encontraron un total de 31 formas de zooplancton, incluyendo 14 especies de rotíferos, 3 de copépodos, 5 de cladóceros y 1 de ostrácodos, también algunas formas de protozoos (principalmente ciliados y vorticelidos). Los rotíferos fueron los organismos dominantes, principalmente *Brachionus havanaensis* (27.6 org l^{-1}), las mayores densidades fueron mostradas por las larvas nauplios y copepoditos (16.8 org l^{-1}) y copépodos Ciclopoides (15.6 org l^{-1}), y para cladóceros se reportó *Bosmina longirostris* (1.6 org l^{-1}). Encontraron que para la variación temporal en la abundancia relativa de rotíferos estuvo directamente relacionada con las fluctuaciones de temperatura. Ellos concluyeron que el proceso de eutrofización del lago de Catemaco estaba progresando rápidamente, debido, a la baja densidad y diversidad de valores encontrados ($H= 1.13, 1.17 \text{ y } .63$), el tamaño pequeño del zooplancton, y, la presencia de un importante número de especies indicadoras.

Gómez-Márquez et al., 2003, realizaron un estudio anual de zooplancton en el lago Coatetelco un embalse tropical en el estado de Morelos, México. Toda la comunidad del zooplancton estuvo representada por sólo cinco especies, 2 especies de rotíferos abundantes en la primavera y en el otoño, una especie de cladóceros y una especie de copépodo Ciclopoida, y por *Arctodiaptomus dorsalis*, copépodo calanoide dominante durante todo el año, el cual fue reportado por primera vez para este lago. Los copépodos y cladóceros presentaron los picos máximos de abundancia en verano e invierno y los rotíferos en primavera y otoño. Aunque encontraron fluctuaciones de abundancia de zooplancton estacionales, no encontraron la relación con los parámetros fisicoquímicos tomados: pH, profundidad, sólidos disueltos, temperatura, transparencia, oxígeno disuelto y conductividad.

Zanatta et al., 2003, estudiaron la composición, distribución y migración de rotíferos planctónicos, del lago la Encantada, lago monomítico tropical en la zona de los Tuxtlas, México, durante el período de mezcla de dos años distintos en los que las condiciones abióticas fueron similares. Se registraron 28 especies de rotíferos. La similitud de la comunidad de rotíferos en las fechas comparadas fue de 46.4%. Los resultados mostraron

que la temperatura y el oxígeno disuelto en los 13 m superiores y el pH en los 8 m superiores de la columna de agua no difirieron significativamente en las fechas comparadas. No obstante, la comunidad de rotíferos mostró importantes diferencias en: a) las densidades absolutas de las poblaciones, b) el orden de dominancia de las especies en la comunidad, c) la ubicación preferencial de las especies en la columna de agua, d) la relación entre tal preferencia y los factores abióticos analizados y e) los tipos y amplitudes de migración de las especies. Dada la semejanza de los factores abióticos en las fechas analizadas, se sugiere que los cambios observados en la distribución y abundancia de los rotíferos podrían, más bien, involucrar factores biológicos, como la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación.

Sarma et al., 2005, realizaron un estudio bibliográfico sobre las diferentes variables del ciclo de vida de los cladóceros en cuerpos de agua dulce tropicales y templadas. Querían conocer la comparación de las estrategias que los cladóceros han desarrollado para adaptarse a las condiciones ambientales contrastantes en las dos regiones geográficas (Tabla 1). Estos parámetros de vida se relacionan con la edad y talla de madurez, la supervivencia, la fecundidad, la esperanza de vida al nacer, la vida útil, bruta y tasa neta de reproducción, el tiempo de generación, la tasa de crecimiento demográfico, la densidad de población máxima y los días de pico de abundancia. Encontraron una escasez general de trabajos experimentales y datos de campo en las zonas tropicales para cladóceros (principalmente especies de *Daphnia*), mencionan que la baja diversidad de especies de cladóceros en los trópicos puede ser debido: a las temperaturas del agua, que son más altas y aparentemente promueven la infestación permanente de aguas tropicales con cianobacterias tóxicas, que reducen la diversidad del zooplancton, la presión de todo el año de alta depredación de peces planctívoros probablemente hace que las especies tropicales no puedan alcanzar la madurez antes (<3 días) que en las regiones templadas. Las especies de *Daphnia* en las regiones templadas están particularmente adaptadas a vivir en concentraciones de alimentos que son mucho más bajas y estacionales más variables que las de los géneros tropicales como *Diaphanosoma*. El calentamiento global y los cambios climáticos parecen afectar el comportamiento (migración), la distribución y abundancia de cladóceros.

Tabla 1. Comparación de las características generales de cladóceros templados y tropicales (Sarma et al. 2005)

Variable	Zona Templada	Zona Tropical	Referencias
Conocer la diversidad de especies de la región	Baja	Alta	Dumont (1994)
Taxones comunes	<i>Daphnia</i> , <i>Bosmina</i>	<i>Diaphanosoma</i> , <i>Ceriodaphnia</i>	Korinek (2002)
Géneros planctónicos con alta diversidad	<i>Daphnia</i>	<i>Diaphanosoma</i>	Taylor et al. (1996) y Korinek (2002)
Tamaño de cuerpo promedio	Grande	Pequeño	Fernando (2002)
Longitud del cuerpo	5 mm	< 3mm	Dumont & Negrea (2002)
Presencia de depredadores	Alta	Casi Ausente	Fernando (2002)
Promedio de vida	Largo	Corto	De Meester (1994) y Nandini & Sarma (2002)
Madurez -edad	>1 Semana	<1 Semana	De Meester (1994) y Nandini & Sarma (2002)
Promedio de número de crías por camada	Alto	Bajo	De Meester (1994) y Nandini & Sarma (2002)
Necesidades de alimentos relativo	Baja	Alta	Duncan (1989) y Gliwicz (1990)
Promedio de tiempo generacional	Largo	Corto	De Meester (1994) y Nandini & Sarma (2002)
Tasa de crecimiento poblacional por día	< 1.0	> 1.0	De Meester (1994) y Nandini & Sarma (2002)
Deficiencia nutricional por ingesta de algas	Alto	Bajo	Wacker et al. (2001)

Dimas- Flores et al., 2008, realizaron un estudio del zooplancton de dos lagos tropicales de alta montaña. Laguna de la Luna y el Sol, situados en el interior del volcán Nevado de Toluca en el centro de México, encontraron un total de 35 taxones (2 copépodos, 4 cladóceros y 29 rotíferos). La riqueza de especies fue mayor que la reportada en los lagos de alta montaña de las regiones templadas e incluso de otros sistemas tropicales. Las especies encontradas *Aspelta psilta*, *Hexarthra bulgarica canadensis*, *Cephalodella delicata*, y *Alonella pulchella* se registraron por primera vez en México. Aunque hubo una alta coincidencia en la composición de especies, los lagos muestran grandes diferencias en taxones dominantes, la densidad, y la biomasa. Los resultados les sugirieron que las diferencias más importantes observadas entre estos dos lagos vecinos se debieron a las condiciones ambientales abióticas (pH, principalmente), ya que el lago de la Luna presentaba una mayor biomasa en los meses más fríos y con bajo pH. También se sugiere que la reciente introducción de peces en uno de estos lagos ha ampliado las diferencias de biomasa entre ellos.

3.7 Nutrientes y Parámetros Limnológicos del Lago de Catemaco

En el lago de Catemaco se han realizado diversos monitoreos para conocer algunas características limnológicas por parte del Laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas (UV-Citro), parte de ellos comprenden los resultados de Clorofilas-*a* en el periodo 2005-2006 (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de Clorofilas para el lago de Catemaco (Laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas, UV- Citro)

Clorofila- <i>a</i> (ug l ⁻¹)				
Estaciones	Mayo	Julio	Septiembre	Enero
1	77.5	82.7	61.1	56.4
2	91.5	95.6	64.8	57.5
3	93.2	94.4	75.0	61.6
4	94.1	85.6	70.7	51.5
5	82.0	85.5	69.8	38.7
6	80.0	85.8	61.7	36.2
7	86.9	77.7	53.9	47.5
8	95.1	87.9	67.2	57.4
9	86.6	89.4	62.5	56.9
10	88.1	95.7	62.2	45.3
11	82.7	99.7	72.9	56.3
12	90.3	96.0	65.2	58.4
13	96.6	88.0	64.8	56.1
14	80.8	89.1	63.9	59.3
15	ND	87.5	71.1	56.2
Promedio	88.3	89.7	65.8	53.0

La Semarnat dentro de su compendio de estadísticas ambientales de la SNIARN (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales), en 2012, muestra estos resultados de los parámetros limnológicos de fechas desde 1990-2006 para el lago de Catemaco (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de parámetros limnológicos para el Lago de Catemaco (Semarnat 2011)

Parámetro	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Amonio (NH ₄), (mg N/l)	0	0	0.05		0	0.72	0.07	0.1
Nitratos (NO ₃), (mg N/l)	0	0.09	0.05		0.12	0.04	2	0.01
Ortofosfatos, (mg/l)	0	0	0.02		0.01	0.01	0	0
Oxígeno disuelto, (mg O ₂ /l)	7.52	7.98	7.88		7.56	7.35	7.4	9
Sólidos disueltos, (mg/l)	0	232	73		145.8	88.8	86	118
Sólidos suspendidos, (mg/l)	9	15	9		51.8	16	16.5	18
Conductividad específica, (µmhos/cm)	301	139	152	170	139	127	122	138
Temperatura, (°C)	26.14	27.1	25.3	28.4	28.6	26	27.5	27.8
Parámetro	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Amonio (NH ₄), (mg N/l)	0	0	0.07	0.03	0.03	0	0	0
Nitratos (NO ₃), (mg N/l)	0.4	0.06	0.39	0.22	0.23	0.21	0.36	0.26
Ortofosfatos, (mg/l)	0	0	0	0.07	0.07	0	0	0
Oxígeno disuelto, (mg O ₂ /l)	0.73	7.35	7.65	7.55	6.8	8.9	7.13	8.3
Sólidos disueltos, (mg/l)	122.49	91.04	95.51	587.5	656.5	479	554.5	654.5
Sólidos suspendidos, (mg/l)	14.44	10.53	10.03	92.5	109.5	45	57	43.5
Conductividad específica, (µmhos/cm)	157	124	124	794	842	661		
Temperatura, (°C)	26.3	27.3	27.7	27	25	27	28.2	32.15

No obstante de haberse realizado con anterioridad varios estudios en los lagos de la región de los Tuxtlas, ninguno de ellos, abarca la relación que el presente estudio desea realizar. Se han estudiado los aspectos de diversidad y cambio de uso de suelo por separado y no en conjunto, por lo que en este trabajo se investiga la relación diversidad del zooplancton-cambio de uso de suelo en tres lagos tropicales de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México, considerando éste como un estudio inédito de gran relevancia para la zona.

CAPITULO 4: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La zona de los Tuxtlas es una zona de gran diversidad terrestre donde se han realizado estudios que incluyen: listados faunísticos y florísticos, pérdida de uso de suelo, conservación y protección de especies en peligro de extinción (Guevara et al. 2000). Los estudios de diversidad en los ecosistemas acuáticos que existen en la región han sido esporádicamente estudiados, especialmente en lo que se refiere a la comunidad del zooplancton.

El zooplancton es de vital importancia dentro del sistema ecológico acuático, por ser parte de la cadena alimenticia acuática; el zooplancton consume al fitoplancton (proceso llamado “pastoreo”), es considerado la principal vía de transferencia de materia y energía a los niveles tróficos superiores en ecosistemas acuático, también tiene un rol fundamental en la transferencia de carbono a las capas profundas de la columna de agua, cuando muere se convierte en detritus, transportando el carbono de la superficie hasta las profundidades. De la misma manera contribuye con el ciclo biogeoquímico de los nutrientes al ser oxidado en el fondo o en la columna de agua (Colin 2013).

El zooplancton comprende una gran variedad de organismos que pueden considerarse como indicadores naturales de la contaminación del agua y también proporcionan información sobre las características del medio (Conde-Porcuna et al. 2004).

Es claro que un conocimiento más completo e integrado acerca de la composición de especies acuáticas, los impactos antropogénicos a través de la modificación del uso del suelo, de la estructura y la función de los ecosistemas, entre ellos los acuáticos, es una herramienta fundamental en el trabajo de conservación y restauración del entorno natural.

Claramente, las presiones de un sistema económico globalizado basado esencialmente en el abuso de los recursos naturales para abastecer un consumo desmesurado (y no

pocas veces injustificable), retrasan la atención efectiva del deterioro de los ecosistemas, incluidos los acuáticos. Aun así, las sociedades reaccionan con cierto desinterés respecto a temas como la conveniencia, la comodidad, la seguridad y la certeza en la disponibilidad de agua y de los numerosos recursos asociados con ésta. Y reaccionan de manera notoria y alarmante cuando perciben la disminución de este tipo de bienes y servicios naturales. Muchos fenómenos nos alertan continuamente acerca del deterioro del bienestar humano. Donde destacan los claros indicios de reducción de la disponibilidad del agua en cantidad y calidad; de incremento de los efectos nocivos de desechos domésticos e industriales vertidos en cantidades que sobrepasan la capacidad de los ecosistemas para degradarlo; problemas de salud y economía asociados con ello (Cotler 2010).

Debido a la poca información que existe sobre el zooplancton en los cuerpos de agua de la zona de Los Tuxtlas, y en específico, en los lagos de Majahual y Chalchoapan, este trabajo pretende ser una contribución fundamental en la información ecológica, para tener un mayor conocimiento de la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas acuáticos tropicales. La dinámica del zooplancton no ha sido documentada para estos lagos tropicales que se encuentran en la zona de Los Tuxtlas, que son de origen volcánico pero que se encuentran aislados del resto de los lagos volcánicos del país (Fig.6). Este aspecto es de fundamental importancia como un indicador que sumado a otros, define la calidad del agua, característica importante para conservar la ecología de la región ya que en la zona de influencia del volcán San Martín Tuxtla son muy frecuentes los cuerpos de agua asociados a cráteres es en esta zona donde se encuentran cerca del 80% de los lagos de agua dulce de la región (Vázquez et al.2004).



Figura 6. Mapa de localización de zonas volcánicas de México, marcando la zona de Catemaco (Google).

CAPITULO 5: PREGUNTAS DE INVESTIGACION

1. ¿Cuál es la diversidad del zooplancton de los lagos tropicales: Catemaco, Chalchoapan y Majahual, localizados en la región de los Tuxtlas?
2. ¿Cómo varían los descriptores (diversidad, abundancia y biomasa) de la comunidad del zooplancton con las características limnológicas de los diferentes lagos (clorofila-*a*, temperatura y visibilidad)?
3. ¿Existe una correlación entre los descriptores de la comunidad y el uso de suelo de las cuencas de los lagos estudiados?

5.1. Hipótesis

H1: La diversidad del zooplancton encontrada en cada uno de los lagos es distinta entre ellos.

H2: Los descriptores biológicos (diversidad, abundancia y biomasa) del zooplancton varían en función de las características limnológicas de los diferentes lagos (clorofila-*a*, temperatura y visibilidad).

H3: Los descriptores biológicos del zooplancton tienen una relación con las características del uso de suelo.

CAPITULO 6: OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Determinar la diversidad del zooplancton, su abundancia y biomasa, y como el uso de suelo y el área del lago pueden afectar estas variables, en los lagos tropicales de Catemaco, Majahual y Chalchoapan, de Los Tuxtlas, Veracruz.

6.2. Objetivos Particulares

1. Determinar la diversidad del zooplancton en cada uno de los lagos seleccionados de la región de los Tuxtlas, Veracruz.
2. Determinación la abundancia del zooplancton en cada uno de los lagos seleccionados de la región de los Tuxtlas, Veracruz.
3. Determinar la biomasa del zooplancton en cada uno de los lagos seleccionados de la región de los Tuxtlas, Veracruz.
4. Determinar la dominancia del zooplancton en cada uno de los lagos seleccionados de la región de los Tuxtlas, Veracruz.
5. Documentar la cobertura del suelo de las cuencas de los lagos seleccionados.
6. Conocer los distintos usos del suelo en las cuencas de los lagos seleccionados.

CAPITULO 7: AREA DE ESTUDIO

7.1. Localización Geográfica de la Región de Los Tuxtlas

La zona Los Tuxtlas está ubicada en la llanura costera del sur del golfo de México. Se localiza aproximadamente entre los 18°10' y 18°45' latitud norte y 94°42' y 95° 27' de longitud oeste, abarcando una área de 90 por 50 kilómetros aproximadamente. La sierra presenta una formación montañosa "incrustada" en la llanura costera del golfo de México, en el estado de Veracruz. Constituye la extensión oriental de la cadena montañosa que forma el Eje Volcánico Transversal. El macizo volcánico de Los Tuxtlas se localiza entre las grandes zonas aluviales formadas por las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos. Fue decretada como Reserva de la Biosfera en el año de 1988 (Laborde 2004).

La zona de Los Tuxtlas-Santa Marta cuenta con una superficie de 5, 893.13 km² ha, correspondiente al 8.1% de la superficie total del estado de Veracruz, integrada por 14 municipios. Se compone de una sucesión de montañas aglomeradas con una dirección diagonal noroeste - sureste, separadas por una depresión en la que se asienta el lago de Catemaco. Hacia el noroeste la elevación más importante está el Volcán de San Martín Tuxtla y al sureste se localiza la sierra de Santa Marta o sierra de Sotepan (Fig.7).

El Volcán de San Martín Tuxtla y la sierra de Santa Marta han sido decretadas como Reserva Especial de la Biosfera, que otorgan la protección de la selva húmeda como objetivo estratégico de la conservación de la diversidad mexicana, creando refugios de vida silvestre, fundamentales para el mantenimiento y enriquecimiento del patrimonio natural, cultural y socioeconómico de estas regiones (Laborde 2004).



Figura 7. Mapa de localización de la zona de los Tuxtlas (INE 1999)

7.1.1. Hidrología de la Región de Los Tuxtlas

La sierra de Los Tuxtlas tiene un extenso y complejo sistema hidrológico debido al relieve montañoso, a la gran cantidad de cráteres volcánicos y a la abundante precipitación anual. La sierra de Los Tuxtlas forma parte de las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos, que están entre las de mayor volumen de descarga del país. Se pueden distinguir tres grandes vertientes 1) La vertiente norte y noreste que desemboca hacia el Golfo de México delimitada por la subcuenca Tecolapilla, que es parte de la cuenca del Papaloapan. En esta zona hay numerosos ríos y arroyos de recorrido relativamente corto, provenientes de los volcanes San Martín Tuxtla; Santa Marta y San Martín Pajapan, que vierten sus aguas directamente al Golfo o indirectamente a través de la laguna costera de Sontecomapan. 2) La vertiente continental que abarca las subcuencas del río San Juan, de San Andrés y del Lago de Catemaco, que también forman parte de la cuenca del Papaloapan. Esta vertiente que se inicia al sur del volcán Santa Marta es la de mayor superficie, el río San Juan es muy importante ya que recoge parte de las aguas provenientes del volcán San Martín Tuxtla y del volcán Santa Marta a través del río Hueyapan, principalmente, y desemboca en la laguna de Alvarado. En esta vertiente se encuentra el

lago de Catemaco que tiene un gran efluente; el río Grande de Catemaco cuyas aguas vierten también hacia el río San Juan. 3) La vertiente sureste que forma parte de la cuenca del río Coatzacoalcos, incluye la subcuenca de la laguna costera del Ostión y la del río Calzadas. Algunos de los ríos y arroyos que descienden del volcán Santa Marta desembocan en el río Coatzacoalcos, y otros que provienen del volcán San Martín Pajapan llegan a la laguna costera del Ostión (Vázquez et al. 2004).

Entre los sistemas lacustres más grandes de la sierra destacan el lago de Catemaco y la laguna de Sontecomapan, ambos ubicados entre el volcán San Martín Tuxtla y la serranía de Santa Marta. Catemaco con 330 m de altitud en la vertiente continental, tiene 7.437 ha con una profundidad media de 7.5 m y máxima de 22.5 m, y es considerado uno de los lagos más productivos de México (Torres–Orozco y Pérez-Rojas 2002, Vázquez et al. 2004); Sontecomapan es una laguna costera de agua salobre de 932 ha y con profundidad media de 1.5 m. También destacan numerosos cuerpos de agua de origen tectónico-volcánico de menor tamaño como laguna Escondida y Zacatal, y los lagos de origen volcánico tipo maar como Majahual, Chalchoapan, Manantiales, Verde, Mogo y Encantada, entre otros (Vázquez et al. 2004).

7.1.2. Geología de la Región de los Tuxtlas

La sierra de Los Tuxtlas se localiza en la provincia geomorfológica de la Planicie Costera del Golfo de México y en la subprovincia de la Planicie Costera de Veracruz. La sierra de los Tuxtlas es de origen volcánico; se reconocen siete volcanes de importancia y cerca de 300 conos pequeños. Los edificios volcánicos sobresalientes son el Volcán San Martín Tuxtla, el cerro de Santa Marta, el cerro El Campanario en la sierra Yohualtajapan, el cerro Mono Blanco, el San Martín Pajapan, el cerro el Vigía y el cerro Blanco. El vulcanismo, que ha producido principalmente basaltos y basanitas, comenzó en el Terciario y continuó activo hasta la actualidad (Geissert 2004).

La primera actividad volcánica registrada para Los Tuxtlas data del Oligoceno y persiste en varias ocasiones hasta el Mioceno superior. El substrato de la sierra consiste principalmente de rocas ígneas (basalto y andesitas), mezcladas con cenizas volcánicas. Los suelos

derivados de este material muestran horizontes poco desarrollados y varían en el contenido de materia orgánica. Las condiciones ecogeográficas y geológicas de la zona han dado origen a una diversidad importante de suelos, presentándose los más fértiles en la zona del volcán San Martín Tuxtla (Guevara et al. 2000).

7.1.3. Clima de la Región de Los Tuxtlas

El clima de la sierra está influenciado por su acusado gradiente altitudinal, compleja topografía, así como por su cercanía al mar y localización al sur del Golfo de México. La sierra de Los Tuxtlas es una barrera climática entre el mar y el interior del país; genera diferencias climáticas entre la vertiente noreste orientada hacia el Golfo de México y la vertiente suroeste que da al interior del continente. Los vientos húmedos provenientes del Golfo durante el verano y otoño, al chocar con la sierra provocan precipitaciones de 3.000 a 4.500 mm/año en la vertiente noreste, mientras que en la vertiente suroeste se forma una sombra de lluvia con 1.500 a 3.500 mm/año. Durante el invierno los ‘nortes’ fríos y húmedos también son interceptados por la sierra, lo que provoca que la vertiente continental suroeste durante esta época sea más caliente y seca que la vertiente del Golfo de México (Soto 2004). Aunado a lo anterior hay que considerar que las diferencias altitudinales y el accidentado relieve, producen una importante heterogeneidad microclimática al interior de la Sierra. En la Sierra de Los Tuxtlas y sus alrededores están representados ocho subtipos climáticos, que comprenden: seis subtipos de clima cálido, uno semicaldo y uno templado, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen. La sierra de Los Tuxtlas es una de las regiones más lluviosas de México, es una de las cinco áreas del país en donde la precipitación media supera los 4.000 mm anuales. Es la región de mayor precipitación a lo largo de la costa del Golfo de México, desde Florida hasta Campeche. A pesar de que llueve durante todo el año, el régimen lluvioso es marcadamente estacional, con una época húmeda de junio a febrero y una seca entre marzo y mayo (Soto 2004). El mes más seco generalmente es mayo y los más lluviosos van desde julio hasta noviembre. De noviembre a febrero Los Tuxtlas es afectada por el desplazamiento de masas de aire polar continental provenientes de Canadá y Estados Unidos, que al pasar sobre el

Golfo de México se cargan de humedad provocando el aumento de la precipitación invernal y descensos rápidos en la temperatura. Los vientos fríos y húmedos generados por este meteoro alcanzan velocidades de hasta 80-100 km/h y se conocen localmente como ‘nortes’ (Soto 2004).

7.2. Lago de Catemaco

El lago de Catemaco, se originó en una cuenca formada por derrames lávicos plio-pleistocénicos que interceptaron el drenaje natural de un valle tectónico de rocas sedimentarias del Terciario Medio (Vázquez et al. 2004).

El lago de Catemaco tiene forma casi cuadrangular con una superficie de 7 254 ha, un volumen de 551.52 mm³ y una profundidad máxima de 11 m y una media de 7.6 m; los sedimentos predominantes son las arcillas en la parte central del lago y los limos arcillosos y las arenas gravosas en la riberas; pH=8 a 9, lo que significa tasas elevadas de producción primaria o grandes aportes de carbonatos procedentes de los manantiales; temperatura promedio anual 24.1°C en la superficie; presenta circulación constante, con oxígeno disuelto en toda la columna de agua y concentraciones bajas o moderadas de bióxido de carbono en el fondo; las aguas son de tipo bicarbonatado, moderadas en calcio y relativamente ricas en magnesio; los cloruros son elevados (10 a 13 mg/l); las aguas se clasifican como blandas, los contenidos de amonio, nitritos y nitratos son reducidos y los fosfatos altos; la penetración de luz varía entre 0.53 y 2 m de profundidad. Presenta una isla Agaltepec (Jiménez-Trejo y Vázquez-Vargas 2008).

Catemaco recibe agua de los arroyos Agrio, La Margarita, Ahuacapan, Pozolapan y Cuetzalapan, Recibe también agua de mantos freáticos cercanos a la superficie y de la precipitación pluvial que es muy alta, el promedio anual de lluvias es cercano a los 5.000 mm (Soto 2004).

Actualmente, el lago de Catemaco es considerado un sistema eutrófico, tiene alta contaminación, sobre todo de coliformes fecales, sulfuro de hidrógeno y materia

orgánica, productos de los vertidos domésticos que van directos al lago; también se han detectado pesticidas que son acarreados por corrientes superficiales y que en los últimos años han aumentado por la tala de la vegetación en los terrenos circundantes (Torres-Orozco y Pérez- Rojas 2002, Vázquez et al. 2004).

7.3. Lago de Chalchoapan

El lago de Chalchoapan está clasificado como un sistema grande y profundo, cuya profundidad máxima fluctúa entre los 36 y 53 m. Su origen volcánico explica que su forma sea casi circular, Chalchoapan tienen una relación de profundidad media-profundidad máxima mayor de 1.5, indicativo de que la cubeta lacustre tiene forma de parábola elíptica “forma de U” (Vázquez et al. 2004).

Chalchoapan presenta una estratificación térmica de la columna de agua en el verano y principios del otoño (mayo a noviembre) y recirculación en el invierno (enero-febrero), es clasificado como un lago monomítico calido (Vázquez et al. 2004).

Chalchoapan es considerado un sistema perturbado, ya que presenta indicadores de eutroficación como es la presencia durante todo el año de valores de transparencia bajos (0.19 a 0.53 m), concentraciones elevadas de nitratos, principalmente en nortes (1.1 a 1.6 mg l⁻¹), de fosfatos (0.93 a 1.8 mg l⁻¹) y amonio (0.49 a 2.09 mg l⁻¹) en lluvias, para clorofila-*a* va de 141.3 a 153.6 mg/m³. Chalchoapan tiene zonas extensas de cultivos de maíz y tabaco, así como zonas de pastoreo, debido a esto se explican las concentraciones altas de amonio (2.09 mg/l) a diferencias de los otros lagos de la zona (Vázquez et al. 2004).

7.4. Lago de Majahual

El lago de Majahual está clasificado como un sistema grande y profundo, cuya profundidad máxima fluctúa entre los 36 y 53 m. Su origen volcánico explica que su forma sea casi circular (Vázquez et al. 2004).

El lago de Majahual presenta una estratificación térmica de la columna de agua en el verano y principios del otoño (mayo a noviembre) y recirculación en el invierno (enero-febrero), es clasificado como un lago monomítico cálido (Vázquez et al. 2004).

Majahual presenta altos valores de transparencia (1.16 a 2.31 m), bajas concentraciones de nutrientes (0.62 a 0.77 mg l⁻¹ de nitratos, 0.75 mg l⁻¹ de fosfatos) y resultados de clorofila-*a* 57.24 a 95.78 mg m³, razón por la cual puede ser considerado como un ecosistema mesotrófico (según la clasificación de Vázquez et al. 2004). Majahual tiene un alto porcentaje de terreno dedicado a la ganadería, pero conserva una franja de árboles y arbustos en todo el perímetro del cuerpo de agua (Vázquez et al. 2004).

CAPITULO 8: METODOLOGIA

8.1. Trabajo de Campo

Los lagos de área de estudio utilizados en la presente investigación fueron el lago de Catemaco, Chalchoapan y Majahual. (Fig.8).

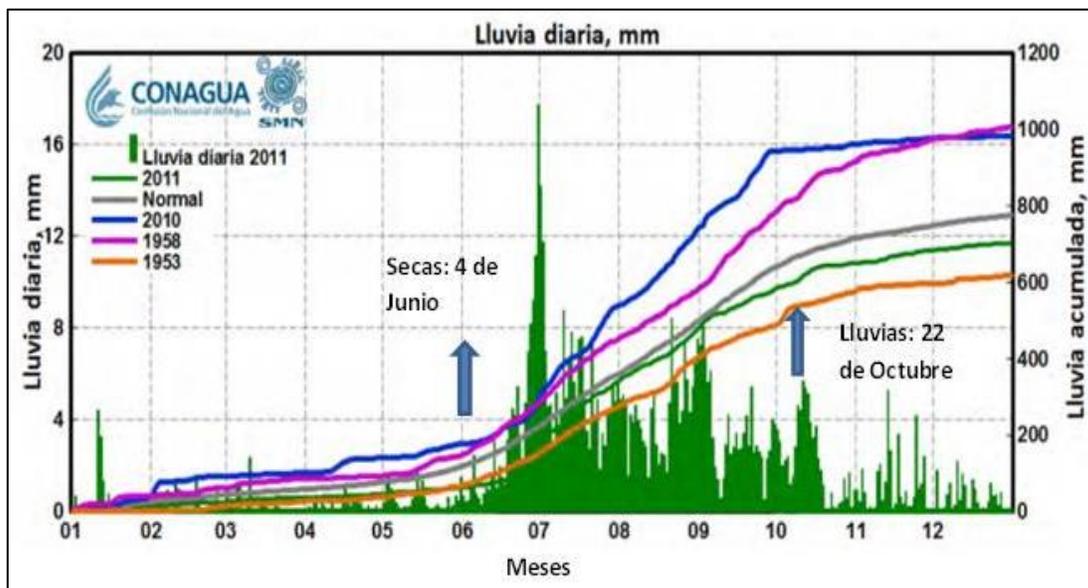
Se realizaron 2 salidas de campo a los lagos arriba mencionados; en Junio 2011 representativo de la época de secas o estiaje (Secas-2011), en Octubre 2011 representativo de la época de lluvias (Lluvias-2011)



Figura 8. Mapa de localización de los tres lagos de estudio (Google Earth 2013)

8.1.1 Periodos de estudio

Por la posición geográfica de nuestro país, se comprenden dos periodos de cambios climáticos llamados comúnmente secas o de estiaje que comprende los meses de Marzo-Mayo y lluvias que comprenden de Junio a Noviembre, en ese interperiodo de meses en Veracruz se presenta un periodo de intensidad de vientos y se le conoce como “nortes” los cuales van de Noviembre a Febrero en ocasiones hasta Marzo. Los periodos de estudio para este muestreo fueron secas (4 de junio) y lluvias (22 de octubre) ambos del 2011 (Graf.1). Según los registro del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), en el año 2011 se caracterizo por ser el decimotercer año con menos lluvia desde 1941 con 697.2mm, 10.47% por debajo del promedio histórico (Reporte meteorológico nacional 2011, SMN-Conagua).



Gráfica 1. Lluvia diaria y acumulado del año 2011 y su comparativo con otros años (tomada del Reporte meteorológico nacional 2011, SMN-Conagua).

8.1.2 Redes planctónicas

Debido a la diversidad de características de los individuos que forman parte del plancton, los cuales miden milésimas de milímetros, las redes presentan diferentes clases de finura, que se registran con base en el diámetro de los poros o por el número de mallas por centímetro cuadrado. La dimensión de las mallas de las redes utilizadas varía según el plancton que se desea recoger. Con redes de malla grande se recogen, principalmente, organismos zooplanctónicos adultos, pero no sus estados larvarios y plancton pequeño como rotíferos, fitoplancton, etc. Para capturar organismos de menor talla se deben utilizar mallas más pequeñas. Se usaron tres muestreadores con el fin de capturar una amplia variedad de organismos, y de conocer que red puede resultar más eficiente. Las redes planctónicas utilizadas para este estudio fueron de abertura de malla de 80μ y la red de la trampa Schindler-trap con 63μ .



8.1.3 Colecta de zooplancton

Para la colecta de zooplancton se usó un punto de muestreo, el centro aproximado de cada lago, considerando por un lado que correspondía a una muestra representativa para fines comparativos de cada cuerpo de agua y por otro, a la complejidad en el análisis de las muestras y las limitaciones de tiempo del posgrado (Tabla 3). Se utilizó una lancha inflable (Marca: Sevylor, Fish Hunter HF 280) para muestrear los lagos de Majahual y Chalchoapan, en el lago de Catemaco se contrató una lancha. En ambos muestreos se utilizó una red de plancton estándar de abertura de malla de 80μ y se complementó con un muestreador Schindler- Patalas plancton trap de 63μ de abertura de malla y 12 L de capacidad. La red planctónica y el muestreador fueron dirigidas con ayuda de cuerdas para su movilidad. La red planctónica se tiró verticalmente y realizo un arrastre a través de la columna de agua desde el fondo. Se colectó lo capturado en el copo de la red en un frasco de plástico de 250 ml, (la muestra total se dividió en 2 para obtener una réplica), ambas muestras fueron fijadas con formalina coloreada con rosa de bengala al 10% y rotuladas. Se obtuvieron un total de 4 muestras con el uso de la red planctónica para cada lago (en total se obtuvieron 12 muestra para los 3 lagos muestreados). Para la colecta de muestras con la Schindler-trap se hicieron 3 corridas verticales de 14 m profundidad, para obtener un concentrado de 36 L, el material que quedo en el copo fue colectado en un frasco de plástico de 250 ml (la muestra total se dividió en 2 para obtener una réplica), ambas fueron fijadas con formalina y coloreadas con rosa de bengala al 10% y rotulados. Se obtuvieron un total de 4 muestras con la Schindler-trap para cada lago (en total se obtuvieron 12 muestra para los 3 lagos muestreados). Estos procedimientos se realizaron para cada lago.

Este trabajo es una contribución debido a que esta basado en 2 muestreos únicamente, solo se colecto zooplancton de red de importancia para el control del fitoplancto por el tamaño de luz de malla usado, (nanozooplancton no fue colectado), ya que para colectar nanozooplancton tendrían que haberse usado otra técnica, ya que no se usan redes para su colecta, debido a su microscópico tamaño.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

Fecha de recabación de datos	Nombre del Lago	Coordenadas	
04/06/2011 “Secas 2011”	Catemaco	18° 24' 46.70"	95° 5' 54.10"
	Chalchoapan	18° 25' 10.25"	95° 7' 3.19"
	Majahual	18° 39' 14.5"	95° 18' 35.94"
22/10/2011 “Lluvias 2011”	Catemaco	18° 24' 46.70"	95° 5' 54.10"
	Chalchoapan	18° 25' 10.25"	95° 7' 3.19"
	Majahual	18° 39' 14.5"	95° 18' 35.94"

8.1.4 Uso de suelo

Durante las salidas al campo (secas-lluvias), a los 3 lagos de estudio, se recabo información de impactos alóctonos visibles, con el fin de comparar con los mapas de uso de suelo (Anexo 1):

- Asentamientos humanos
- Influencia otros cuerpos de agua
- Perdida de cubierta vegetal
- Industrias
- Zona de pastoreo
- Zona de cultivo
- Impacto turístico

También se obtuvieron mapas con el cálculo de uso de suelo de las cuencas de cada lago mediante mapas de cartográfica digital del INEGI actualizados con el software Envi 4.8 y ArcGIS 9.3, se calculó la relación agua-suelo para cada lago, con el fin de conocer cuanto es la proporción existente de cuerpo de agua con relación al suelo circundante, esto fue calcular la superficie total de uso de suelo del lago entre la superficie del cuerpo de agua.

8.1.5 Variables Limnológicas

En cada lago se tomaron parámetros como: clorofila-*a*, temperatura, profundidad y visibilidad, para ser relacionados con los atributos medidos de la comunidad del zooplancton (Tabla 5).

Tabla 5. Variables limnológicas a medir.

Parámetro	Aparato/Método	Toma de parámetro	Referencia
Clorofila- <i>a</i>	Muestra integral de la columna de agua, tomado con un muestreador de tubo de PVC.	En campo la muestra, análisis en laboratorio.	Lind (1985)
Temperatura	Termómetro digital	Campo	Lind (1985)
Profundidad	Profundímetro	Campo	
Visibilidad	Disco Secchi	Campo	Lind (1985)

Clorofila-*a*

La clorofila- *a*, es el pigmento responsable de la fotosíntesis, además de su importancia en la fotosíntesis, la clorofila es, probablemente, el estimador más frecuente de la biomasa de algas en los ecosistemas acuáticos. Su medición indica la biomasa que puede estar a disposición del zooplancton para su alimentación.

Para la toma de muestras, se utilizó un tubo colector de PVC para obtener muestra integral de la columna de agua, la muestra fue colocada (250 ml aprox.) en un frasco de plástico y protegida del sol, colocándola en una hielera hasta ser analizada en laboratorio.

Técnica de Extracción de Clorofilas: Método tricométrico (Lind 1985)

1. Filtrar 250 ml de agua usando filtros de fibra de vidrio (Whatman GF/F 47 mm).

2. Una vez filtrada la muestra se tomó el filtro con mucho cuidado, utilizando pinzas se dobló y se colocó en papel aluminio que fueron colocados en el congelador para ser analizados posteriormente.
3. El filtro fue retirado del congelador y se colocó en tubos de centrífuga, se adicionó 3- 5ml de acetona al 90% y se trituro con un taladro, ya obtenida una mezcla filtro-acetona, se le añadió de 2 a 3 ml de acetona fresca y se colocó en una centrífuga por 15 minutos a 3000 RPM.
4. Se extrae del tubo de centrífuga 1 ml del extracto y se coloca en cubetas para leerse en el espectrofotómetro (Thermo Electron–Helios δ)
5. La lectura de la absorbancia se realiza a longitud de onda que proporcione de 750 nm, 665 nm, 663 nm, 645 nm y 630 nm en el espectrofotómetro.
6. Conocidas las lecturas de absorbancia en las muestras, se sustituyen las cantidades en las fórmulas para obtener las clorofilas a, b, y c.

Concentración de Clorofila-a = $(11.6) \times \text{abs. } 665 \text{ nm} - (1.31) \times \text{abs. } 645 \text{ nm} - (.14) \times \text{abs. } 630 \text{ nm}$

Concentración de Clorofila-b = $(4.33) \times \text{abs. } 665 \text{ nm} - (20.7) \times \text{abs. } 645 \text{ nm} - (4.42) \times \text{abs. } 630 \text{ nm}$

Concentración de Clorofila-c = $(4.64) \times \text{abs. } 665 \text{ nm} - (16.3) \times \text{abs. } 645 \text{ nm} - (55.0) \times \text{abs. } 630 \text{ nm}$

Pigmento en $\mu\text{g l}^{-1}$ en el agua del lago = $\frac{C \times \text{Volumen extraído (ml)}}{\text{Agua filtrada del lago (l)} \times \text{celda espectrofotómetro (cm)}}$

Agua filtrada del lago (l) x celda espectrofotómetro (cm)

Dónde:

C = cantidad de clorofila

Temperatura

La temperatura es importante ya que de manera directa e indirectamente ejerce efectos fundamentales sobre los fenómenos limnológicos tales como la estabilidad del lago, la solubilidad de gases y el metabolismo de los organismos, se mide con un termómetro o una sonda multiparamétrica. La temperatura fue tomada por medio de un termómetro digital (marca: VWR NA82021-152) en cada lago estudiado en la zona superficial (5 cm) y los valores se expresaron en ° C.

Profundidad

La profundidad es una medida generada para conocer cuantos metros existen de fondo. Esta medida fue tomada por medio de un profundímetro Speed Tech SM-5.

Visibilidad-Transparencia

La visibilidad es una medida de la profundidad a la que se puede ver en el agua, es decir, hasta donde penetra la luz solar. Se utiliza un disco llamado Secchi, el cual es un dispositivo que se usa para estimar la profundidad de la visibilidad y el resultado fue expresado en m.

8.1.6 Correlacion de Pearson

Podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

Los coeficientes de correlación son medidas que indican la situación relativa de los mismos sucesos respecto a las dos variables, es decir, son la expresión numérica que nos indica el grado de relación existente entre las 2 variables y en qué medida se relacionan. Son números que varían entre los límites +1 y -1. Su magnitud indica el grado de asociación entre las variables; el valor $r = 0$ indica que no existe relación

entre las variables; los valores “1 son indicadores de una correlación perfecta positiva al crecer o decrecer X, crece o decrece Y” o negativa “al crecer o decrecer X, decrece o crece Y” (Johnson y Kuby 2004).

8.2. Trabajo de laboratorio

8.2.1. Identificación del zooplancton

Se realizó una estancia de Investigación en el Laboratorio 1- de Ecología, del Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), con el fin de obtener entrenamiento especializado en taxonomía de zooplancton, a cargo del Dr. Marcelo Silva-Briano y la Biol. Araceli Adabache-Ortiz. Se utilizaron las siguientes claves de identificación con (Tabla 6).

Tabla 6. Guías de identificación usadas en el laboratorio de la UAA.

Taxón	Clave de Identificación
Cladóceros y Copépodos	Guía Ilustrada de los Microcrustáceos (Cladóceros y Copépodos) de las aguas continentales de México. Elías - Gutiérrez (2008)
Rotíferos	Rotatoria. Die Râdertiere Mitteleuropas (Oberordnung Monogononta). Koste (1978)

La microscopia utilizada para el análisis de estas muestras en el laboratorio de la UAA fueron los siguientes:

Microscopio estereoscópico: Olympus SZ-11

Microscopio compuesto: Leica DME

Microscopio de barrido: JEOL LV 5900

Microscopio con cámara digital: Olympus BX-51 con cámara digital Media Cybernetics PL-A642.

Laminillas Permanentes para Identificación de organismos zooplanctónicos

1. Separar de 4 a 5 organismos del mismo taxón.
2. Colocar sobre un portaobjetos (de 24x68 mm) un cubreobjetos largo (de 24x60 mm) y colocar cinta (cinta scotch) para mantener fijo el cubreobjeto.
3. Colocar una gota de glicerina en el cubreobjeto montado y colocar uno a uno los organismos separados, dejar esperar unos 30 a 60 seg. y con ayuda de una

aguja de alambre de tungsteno, llevar los organismos hasta el fondo de la glicerina es decir “hundirlos”.

4. Montar un cubreobjetos (de 18 x 18 mm) con las 4 puntas llenas de plastilina y dejar caer sobre la glicerina el cubreobjetos con ayuda de la aguja hasta sacar el exceso de glicerina cuidando que los organismos queden dentro de la cuadratura del cubreobjetos y no se colapsen (aplastar), y se da por terminado este paso hasta observar que el cubreobjetos ya no se deslice.
5. Sellar la laminilla con pegamento “Gurr” y dejar secar la preparación por un lapso de 24 hrs.
6. Rotular la laminilla con los datos siguientes: nombre científico de la especie, fecha de colecta, numero/ nombre de la localidad de colecta, y nombre del colector.
7. Pasada las 24 hrs. la laminilla puede ser observada en microscopio compuesto o en estereoscópico según la necesidad de observación (Fig.9).

Los copépodos son un poco más complejos en cuanto a su identificación y hay ocasiones en que no se pueden identificar al microscopio estereoscópico (para la identificación de los copépodos, estos tienen que ser disectados y montarse por partes en las laminillas), debido a esto se tienen que tomar fotografías para observar con detenimiento, en el caso de una muestra obtenida de los lagos de los Tuxtlas las fotografías fueron tomadas en el microscopio de barrido para confirmar especies.

La preparación de la muestras es la siguiente ya que tienen que ser tratadas para que el microscopio de barrido pueda leer el cilindro (stub) con los organismos. La técnica para la preparación de las muestras del microscopio de barrido consiste en varios pasos.



Figura 9. Laminillas permanentes para identificación realizadas en el laboratorio de UAA.

Preparación de muestras para microscopio de barrido

Únicamente se prepararon muestras para copépodos, la misma técnica se utiliza para cualquier organismo zooplanctónico que necesite fotografiarse.

1. Deshidratación: Elegir de 10 a 20 especímenes (en caso de que se pueda tener este número) de la especie deseada. Posteriormente deberán ser colocados en un vial con una malla de 54 micras de apertura y se colocará en alcohol no desnaturalizado al 70%, después de 10 minutos, el vial se colocará en alcohol al 80%, pasados otros 10 minutos se colocarán en alcohol al 96 % para finalmente dejarlos en reposo de 24 a 48 h en alcohol absoluto (100%).
2. Punto crítico: Este paso es muy importante pues los especímenes serán colocados en una cámara de punto crítico, donde la cámara será llenada con

CO₂ líquido cuyo fin es la de remover la humedad remanente en los especímenes.

3. Montaje: Después del paso de punto crítico, ya sin humedad remanente los especímenes serán montados en unos cilindros (stub) de aluminio de 1 cm de altura por 1.2 mm de diámetro. La superficie del cilindro tiene en la parte superior pegamento para colocar los especímenes en la posición requerida para su observación en el monitor del microscopio.
4. Recubrimiento con oro: Los especímenes ya montados en el cilindro (stub), se cubren con oro en una capa de 2 nm, con una cámara especial que baña los cilindros.
5. Observación en el microscopio: Los cilindros se introducen en una cámara de vacío que está debajo del cañón que emite un haz de electrones, que al enviarse a los especímenes muestra la ultra estructura de la superficie del ejemplar bajo estudio.

8.2.2. Cuantificación del Zooplancton

La cuantificación indica la cantidad de organismos encontrados en la muestra de zooplancton. La cuantificación se realizó en el Laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas (UV, Xalapa). Fueron tomadas alícuotas de 5 ml de cada muestra del lago por medio de una pipeta Hensel-Stempel de 1 ml y depositada en una cámara Bogorov de capacidad con 5 ml, (se realizaron 2 conteos por cámara y por muestra). Para ayuda del conteo en la cámara Bogorov se utilizó un microscopio estereoscópico, se contaron los organismos de cada taxón (según el grado de identificación previamente encontrado), obtenidos los resultados se capturaron en Excel para obtener el número de organismos presentes por litro de agua de lago org l⁻¹ (Lind 1985).

- a) $\text{Org} \times \text{l}^{-1}$ en agua del lago = (concentración de organismos \times 1000 / factor de concentración)
- b) Factor de concentración = (vol. de agua filtrada en ml / vol. de concentración en ml)

8.2.3. Abundancia relativa

Es la fracción con que contribuye una especie a la abundancia total de una comunidad (Krebs 1985).

$$AR = (A/At \times 100)$$

Dónde: AR= abundancia relativa

A= número de organismos de especie X

At= total de organismos de todas las especies

8.2.4. Biomasa

Material total de los organismos que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. La biomasa fue estimada por 2 técnicas diferentes para realizar una comparación entre estas. Una de las técnicas fue la Técnica de Sólidos Suspendidos Totales y la otra utilizando la relación peso-abundancia de Culver et al. 1985 y Bowen y Johannsson 2011.

Técnica de Sólidos Suspendidos Totales (APHA 1995)

Se utilizaron discos de papel filtro de fibra de vidrio Whatman 934-AH de 47mm diámetro y poro de 1.5 micras.

1. Los filtros fueron pesados en una balanza digital (Sartorius CP1245) y colocados en papel aluminio previamente rotulados.
2. Ya pesados los filtros se colocaron en un embudo Buchner y se lavaron con 10 ml de agua destilada con ayuda de una bomba de vacío.
3. Los filtros fueron colocados en el papel aluminio y posteriormente se llevaron a la estufa (BINDER 531) para secar a 103-105° C por 24 h.

4. Pasadas las 24 h se transfirieron a un desecador para enfriar los filtros alrededor de 1 h, a término del tiempo se pesaron de nuevo en la balanza digital. Esto corresponde al peso seco del filtro.
5. Se colocó el filtro en el equipo de filtración y se filtró un volumen conocido (ml) de muestra.
6. Los filtros fueron removidos del equipo de filtración y fueron pesados para conocer el peso húmedo.
7. Posteriormente pesados se colocaron en el papel aluminio (previamente rotulados) y fueron colocados en la estufa a 103 -105 °C por 24 h.
8. Pasadas las 24 h los filtros fueron colocados en el desecador para enfriarse por 12 h.
9. Después de las 12 h en el desecador los filtros fueron pesados en la balanza analítica
10. Ya con todos los datos de los pesos, se realizaron los cálculos correspondientes.

La fórmula de contenido de sólidos suspendidos totales es la siguiente.

$$\text{SST en mg /l} = \frac{\text{(A-B)} \times 1000}{\text{ml (muestra)}}$$

Donde:

A= Peso del filtro + residuo seco (mg)

B= Peso del filtro (mg)

Relación peso –abundancia

El método de análisis peso-abundancia parte de la literatura, donde los autores Culver et al. 1985 y Bowen y Johannsson 2011 midieron los pesos de varios miembros del zooplancton para así determinar en otras muestras la biomasa representada por la abundancia de los organismos en particular.

8.2.5. Diversidad

La diversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Se calcula como el número total de especies que se encuentran en el lugar (Preston y Rusak.2010). Puede ser calculado con el índice de Shannon-Wiener que refleja tanto el número de especies únicas y la proporción de cada especie.

La fórmula de Shannon es la siguiente:

$$H = - \sum p_i * \ln (p_i)$$

Donde:

H = Diversidad de especies

p_i = es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto a n

Obteniendo p_i de la división del número de individuos de una especie con la sumatoria del número total de individuos de todas las especies; realizando la misma operación para cada una de las especies.

$\ln (p_i)$ = logaritmo natural de p_i

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies. El resultado presenta una diversidad Alfa.

8.2.5.1. Equidad de Shannon

La equitatividad (E) es, que tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies. Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies. Puede demostrarse que cuando $p_i = 1/S$ para toda p_i , se alcanza la uniformidad máxima siendo p_i la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_t) para lo cual generalmente el índice de equidad más apropiado es el índice de Shannon (Franco 1989).

La fórmula de equidad de Shannon es la siguiente:

$$E = H / \ln S$$

Donde:

E = equidad

H = diversidad

$\ln(S)$ = logaritmo natural del número total de especies existentes dentro la zona estudio.

De esta forma se conoce el valor de equidad.

8.2.6. Dominancia

La dominancia toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor importancia, sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno 2001), y es tomada por el índice de Simpson.

La fórmula para el índice de Simpson es:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

- λ =dominancia
- p_i =es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto a N.
- Obteniendo p_i de la división del número de individuos de una especie con la sumatoria del número total de individuos de todas las especies; realizando la misma operación para cada una de las especies.
- En principio se obtiene el grado de dominancia que representa cada una de las especies dentro de cada lugar y en segundo lugar se obtiene el grado de dominancia de las especies para el total del área

CAPITULO 9: RESULTADOS

9.1 Diversidad: Índice de Shannon

Con el fin de obtener la diversidad en los tres lagos de estudio, Catemaco, Chalchoapan y Majahual, se utilizó el Índice de Shannon-Weaver.

Tabla 7. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Catemaco.

Lago	Especie	ni (número de ind. especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln (pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln (pi) – (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Catemaco Secas 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	250	655	0.38	-0.96	-0.36	-1	0.36	1.30
	<i>Keratella cochlearis</i>	55	655	0.08	-2.47	-0.20	-1	0.20	
	<i>Diacyclops</i> sp.	40	655	0.06	-2.79	-0.17	-1	0.17	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	50	655	0.07	-2.57	-0.19	-1	0.19	
	Nauplios de copépodos	260	655	0.39	-0.923	-0.36	-1	0.36	
Catemaco Lluvias 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	620	1295	0.47	-0.736	-0.35	-1	0.35	1.23
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1295	0.00	-4.86	-0.03	-1	0.03	
	<i>Diacyclops</i> sp.	235	1295	0.18	-1.70	-0.30	-1	0.30	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	110	1295	0.08	-2.46	-0.20	-1	0.20	
	Nauplios de copépodos	270	1295	0.20	-1.56	-0.32	-1	0.32	

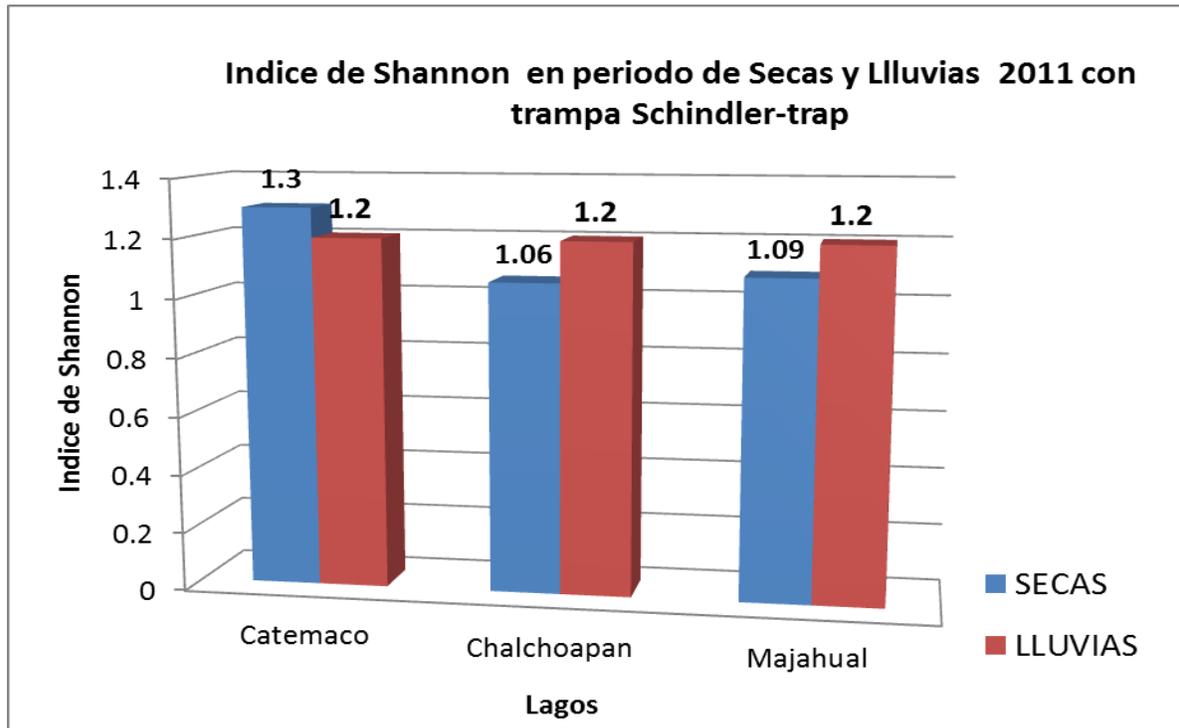
Tabla 8. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Majahual.

Lago	Especie	ni (número de ind. especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) - (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Majahual Secas 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	447	716	0.62	-0.47	-0.29	-1	0.29	1.09
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	716	0.00	-4.62	-0.04	-1	0.04	
	<i>Diacyclops</i> sp.	83	716	0.11	-2.15	-0.24	-1	0.2	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	57	716	0.07	-2.53	-0.20	-1	0.20	
	Nauplios de copépodos	123	716	0.17	-1.76	-0.30	-1	0.30	
Majahual Lluvias 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	243	520	0.46	-0.760	-0.35	-1	0.35	1.26
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	520	0.01	-4.30	-0.05	-1	0.05	
	<i>Moina micrura</i>	3	520	0.00	-5.15	-0.02	-1	0.02	
	<i>Diacyclops</i> sp.	100	520	0.19	-1.64	-0.31	-1	0.31	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	27	520	0.05	-2.95	-0.15	-1	0.15	
	Nauplios de copépodos	140	520	0.26	-1.31	-0.35	-1	0.35	

Tabla 9. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Chalchoapan.

Lago	Especie	ni (número de ind. especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Chalchoapan Secas 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	930	2395	0.05	-2.91	-0.16	-1	0.16	1.06
	<i>Keratella cochlearis</i>	455	2395	0.06	-2.74	-0.18	-1	0.18	
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	2395	0.00	-5.48	-0.02	-1	0.02	
	<i>Diatom sp.</i>	155	2395	0.00	-5.48	-0.02	-1	0.02	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	130	2395	0.39	-0.95	-0.37	-1	0.37	
	Nauplios de copépodos	10	2395	0.19	-1.66	-0.32	-1	0.32	
Chalchoapan Lluvias 2011 Schindler-trap 63μ p	<i>Brachionus havanaensis</i>	647	1303	0.49	-0.70	-0.34	-1	0.34	1.24
	<i>Keratella cochlearis</i>	87	1303	0.06	-2.70	-0.18	-1	0.18	
	<i>Bosmina tubicen</i>	13	1303	0.00	-4.60	-0.04	-1	0.04	
	<i>Moina micrura</i>	3	1303	0.00	-6.07	-0.01	-1	0.01	
	<i>Diatom sp.</i>	47	1303	0.03	-3.32	-0.11	-1	0.11	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	77	1303	0.05	-2.82	-0.16	-1	0.16	
Nauplios de copépodos	430	1303	0.33	-1.10	-0.36	-1	0.36		

El índice de Shannon indica que, “a mayor valor del índice indica una mayor diversidad del ecosistema, este es mínimo 1 y máximo 5”. Se tiene como resultados que para los 3 lagos estudiados la diversidad encontrada fue baja ya que los resultados fueron de 1 como mínimo y 1.3 máximo, lo cual nos dice que no existe una diferencia de diversidad para los 3 lagos (Graf. 2).



Grafica 2. Índice de Shannon para periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.

9.2 Composición taxonómica

El zooplancton encontrado para los lagos de (Catemaco, Chalchoapan y Majahual), únicamente se colectó zooplancton de red de interés para el control del fitoplancton, en las fechas de muestreo de “Secas 2011”, “Lluvias 2011” se enlista abajo:

Rotífera

1. - *Brachionus havanaensis*
2. - *Brachionus angularis*
3. - *Keratella cochlearis*.
4. - *Epiphanes* sp.

Cladóceras

1. - *Bosmina tubicen*
2. - *Moina micrura*

Copépoda

1. - *Mastigodiptomus albuquerquensis*
2. - *Diacyclops* sp.
3. - Nauplios de copépodos

Tabla 10. Taxones encontrados en los 3 lagos de estudio para periodo de Secas y Lluvias 2011.

Taxones	Catemaco	Chalchoapan	Majahual
<i>Brachionus havanaensis</i>	presente	presente	presente
<i>Brachionus angularis</i>	presente	presente	presente
<i>Epiphanes</i> sp.	presente		presente
<i>Keratella cochlearis</i>	presente	presente	
<i>Bosmina tubicen</i>	presente	presente	presente
<i>Moina micrura</i>	presente	presente	presente
<i>Diacyclops</i> sp.	presente	presente	presente
<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	presente	presente	presente
<i>Nauplios de copépodos</i>	presente	presente	presente
Total	9	8	8

El listado taxonómico de los taxones encontrados en los 3 lagos de estudio es el siguiente:

Phylum: Rotífera

Clase: Eurotatoria

Subclase: Monogononta

Superorden: Pseudotrocha

Orden: Ploima

Familia: Brachionidae

Género: *Brachionus*

Especie: *Brachionus angularis* (Gosse 1851)

Especie: *Brachionus havanaensis* (Rousselet 1911)

Género: *Keratella*

Especie: *Keratella cochlearis* (Gosse 1851)

Familia: Epiphanidae

Género: *Epiphanes*

Phylum: Arthropoda

Superclase Crustáceo Lamarck, 1801

Clase: Branchiopoda

Superorden Cladópera

Orden: Anomopoda

Familia: Bosminidae

Género: *Bosmina*

Especie: *Bosmina tubicen* (Brehm 1953)

Orden: Diplostraca

Familia Moinidae

Género: *Moina*

Especie: *Moina micrura* (Kurtz 1874)

Superclase: Crustácea Lamarck, 1801

Clase: Maxillopoda Dahl, 1956

Subclase: Copépoda Milne-Edwards, 1840

Superorden: Gymnoplea Giesbrecht, 1882

Orden: Calanoida Sars, 1903

Familia: Diaptomidae

Género: *Mastigodiptomus*

Especie: *Mastigodiptomus albuquerquensis* (Herrick 1895)

Superorden Podoplea

Orden: Cyclopoida

Familia: Cyclopidae

Género: *Diacyclops* (Kiefer 1927)

9.2.1 Galería fotográfica

Rotífera

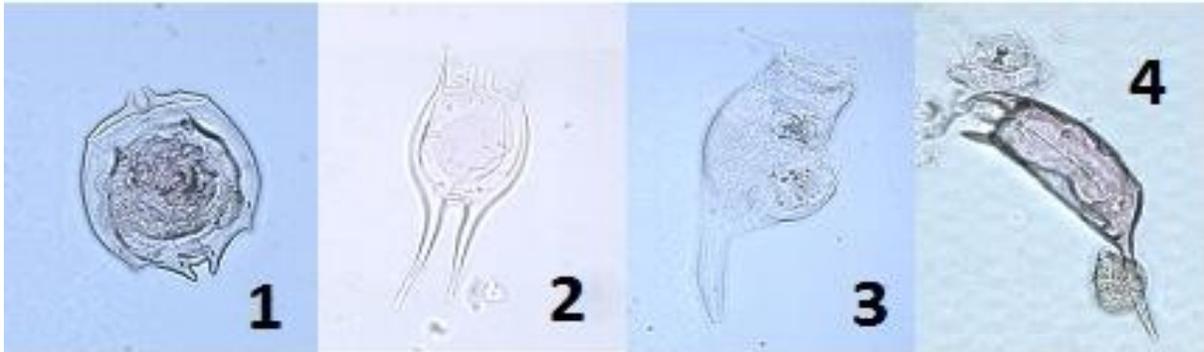


Figura. 10. Rotíferos. Fotografías tomadas con cámara digital Media Cibernetics PL-A642 por la Biol. Araceli Adabache-Ortiz. 10.1 *Brachionus angularis*, 10.2 *B.havanaensis*, 10.3 *Epiphanes sp.* y 10.4 *Keratella cochlearis*.

Cladóceras



Figura. 11. Cladóceros. Fotografías tomadas con cámara digital Media Cibernetics PL-A642 por la Biol. Araceli Adabache-Ortiz. 11.1 *Bosmina tubicen*, 11.2 *Moina micrura*.

Copépoda

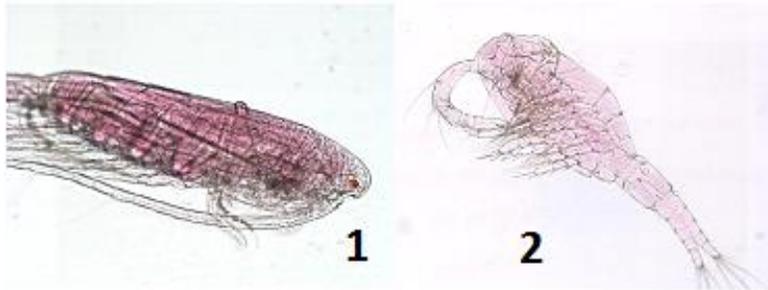


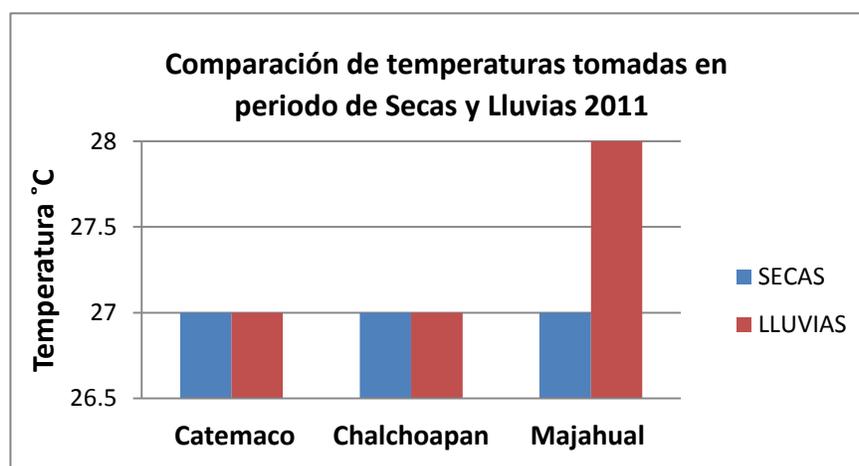
Figura. 12. Copéodos. Fotografías tomadas con cámara digital Media Cibernetics PL-A642 por la Biol. Araceli Adabache-Ortiz. 12.1 *Mastigodiptomus albuquerquensis*, 12.2 *Diacyclops* sp.

9.2.2 Parámetros limnológicos

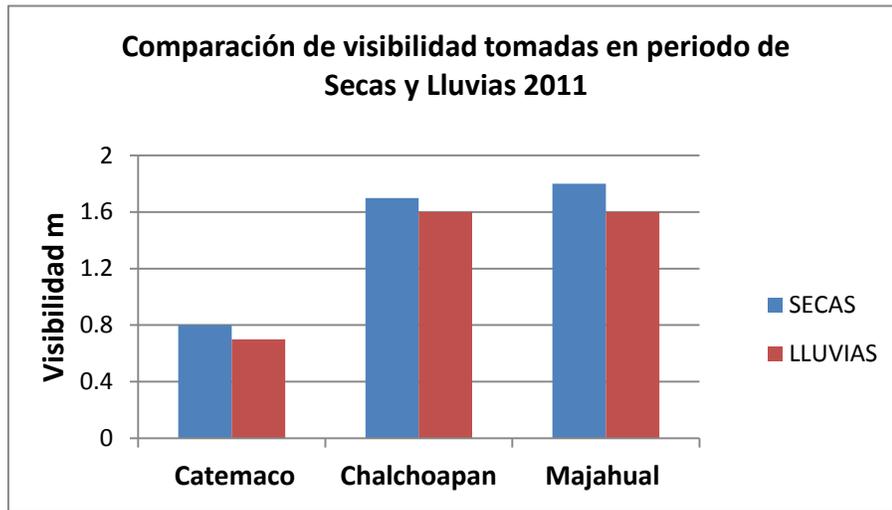
Tabla 11. Resultados de parámetros limnológicos tomados en los periodos de muestreo.

Temporada de muestreo	Lago	Temperatura (°C)	Visibilidad (m)	Profundidad		Clorofila- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$)
				máx.	min	
"Secas 2011"	Catemaco	27	0.8	22	14	16.24
	Chalchoapan	27	1.7	26	14	1.36
	Majahual	27	1.8	35	14	3
"Lluvias 2011"	Catemaco	27	0.7	24	14	44.8
	Chalchoapan	27	1.6	27	14	1.4
	Majahual	28	1.6	50	13	5.8

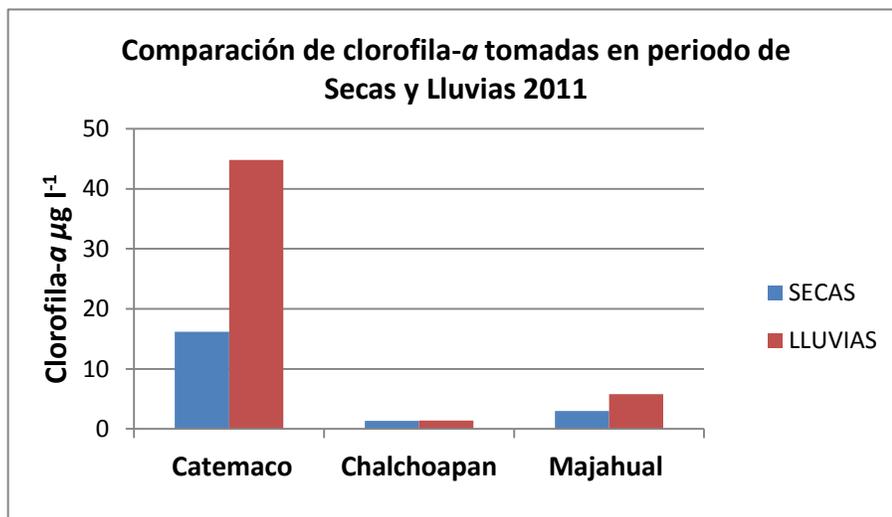
La temperatura se mostró uniforme en los tres lagos en periodo de secas, en Majahual para "lluvias" se reportó 28°C; para el caso de visibilidad, Catemaco fue el que presentó agua más turbia, Chalchoapan y Majahual presentaron casi la misma visibilidad, no se encontró alguna variación. La clorofila-*a*, reportada se muestra en mayor proporción en lluvias y con un alto valor para el lago de Catemaco, estos puede ser causado por los aportes alóctonos, los cuales acarrear nutrientes que influyen en la biomasa fitoplanctonica (Graf. 3-5).



Grafica 3. Comparación de temperaturas en periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.



Grafica 4. Comparación de la visibilidad en periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.



Grafica 5. Comparación de la clorofila-a en periodo de Secas y Lluvias 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.

9.2.3 Índice de Simpson

Tabla 12. Resultados de Índice de Simpson para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Catemaco.

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Catemaco Secas 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	250	655	0.381	0.145
	<i>Keratella cochlearis</i>	55	655	0.083	0.007
	<i>Diacyclops</i> sp.	40	655	0.061	0.003
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	50	655	0.076	0.005
	Nauplios de copépodos	260	655	0.396	0.157
Catemaco Lluvias 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	620	1295	0.478	0.229
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1295	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	235	1295	0.181	0.032
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	110	1295	0.084	0.007
	Nauplios de copépodos	270	1295	0.208	0.043

Tabla 13. Resultados de Índice de Simpson para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Chalchoapan.

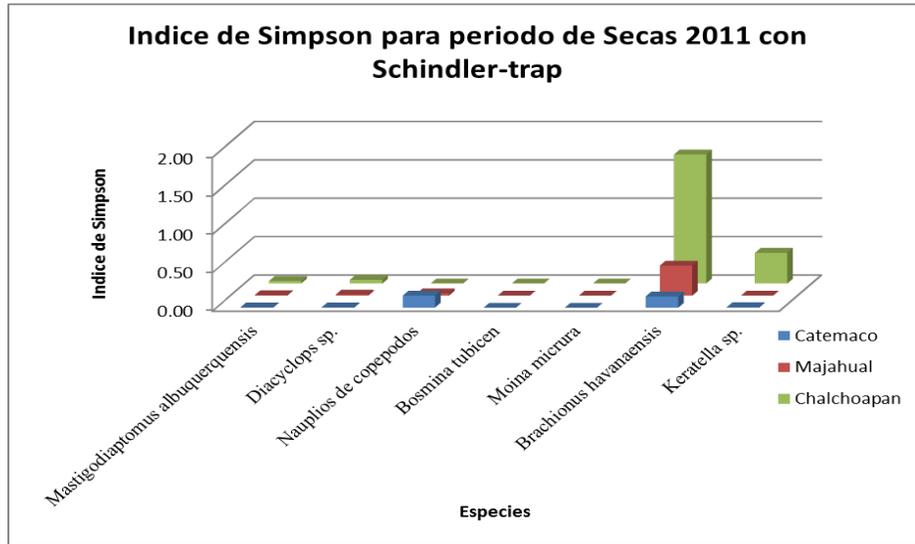
Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Chalchoapan Secas 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	930	716	1.29	1.68
	<i>Keratella cochlearis</i>	455	716	0.635	0.403
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	716	0.013	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	155	716	0.216	0.046
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	130	716	0.181	0.032
	Nauplios de copépodos	10	716	0.013	0.000
Chalchoapan Lluvias 2011 Schindler-trap 63μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	647	1303	0.496	0.246
	<i>Keratella cochlearis</i>	87	1303	0.066	0.004
	<i>Bosmina tubicen</i>	13	1303	0.009	0.000
	<i>Moina micrura</i>	3	1303	0.002	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	47	1303	0.036	0.001

	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	77	1303	0.059	0.003
	Nauplios de copépodos	430	1303	0.330	0.108

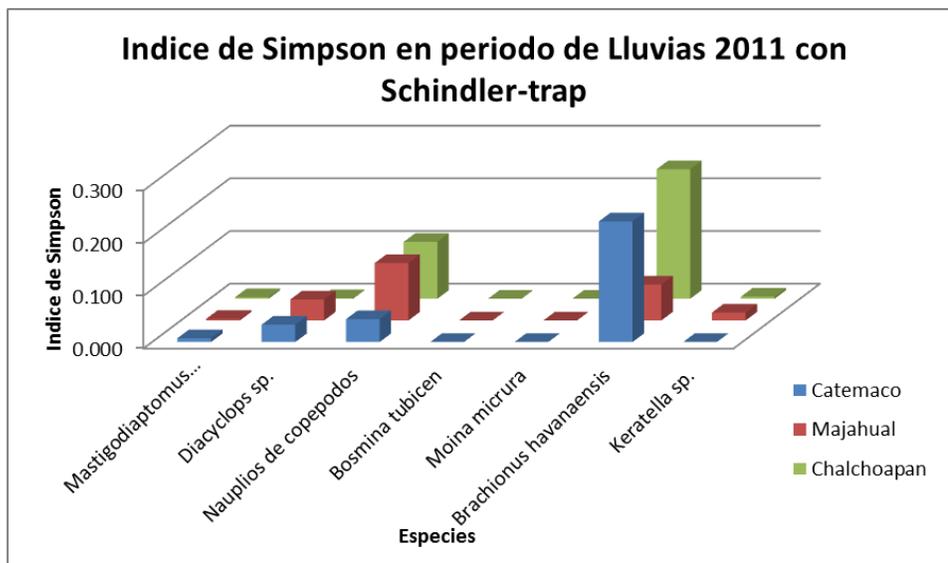
Tabla 14. Resultados de Índice de Simpson para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Majahual.

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Majahual Secas 2011 Schindler-trap 63µ p	<i>Brachionus havanaensis</i>	447	716	0.624	0.389
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	716	0.009	0.000
	<i>Diacyclops sp.</i>	83	716	0.115	0.013
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	57	716	0.079	0.006
	Nauplios de copépodos	123	716	0.171	0.029
Majahual Lluvias 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	243	520	0.467	0.218
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	520	0.013	0.000
	<i>Moina micrura</i>	3	520	0.005	0.000
	<i>Diacyclops sp.</i>	100	520	0.192	0.036
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	27	520	0.051	0.002
	Nauplios de copépodos	140	520	0.269	0.072

Para el análisis de dominancia se tomaron en cuenta las 8 especies representativas de los 3 lagos estudiados. Tomando en cuenta los valores de dominancia de Simpson de estas especies dentro de cada lago, se puede observar que existe una amplia dominancia del rotífero *Brachionus havanaensis* (Graf.6-7), para ambos periodos de estudio en el lago de Chalchoapan.



Grafica 6. Índice de Simpson para periodo de Secas 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.



Grafica 7. Índice de Simpson para periodo de Lluvias 2011 en el lago de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.

9.3. Abundancia

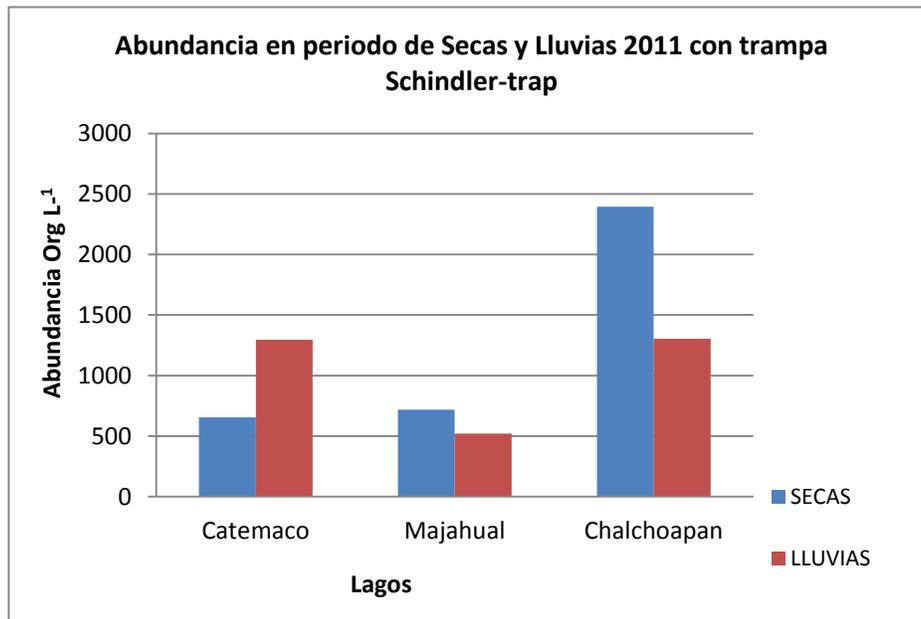
Tabla 15. Abundancias en periodo de Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Chalchoapan y Majahual con trampa Schindler-trap.

Temporada de muestreo: Secas (Junio-2011)	Taxón	Abundancia Org l ⁻¹	Abundancia relativa %
Majahual: Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	447	62
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	7	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	83	12
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	57	8
Copépoda	<i>Nauplios</i>	123	17
	Total	717	
Chalchoapan: Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	930	39
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	455	19
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	155	6
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	130	5
Copépoda	<i>Nauplios</i>	715	30
	Total	2395	
Catemaco: Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	250	38
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	55	8
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	40	6
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	50	8
Copépoda	<i>Nauplios</i>	260	40
	Total	655	

Temporada de muestreo: Lluvias (Octubre-2011)	Taxón	Abundancia Org l ⁻¹	Abundancia relativa %
Majahual: Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	243	47
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	7	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	3	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	100	19
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	27	5
Copépoda	<i>Nauplios</i>	140	27

	Total	520	
Chalchoapan : Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	647	50
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	87	7
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	13	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	3	1
Copépoda	<i>Diatom sp.</i>	47	4
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	77	6
Copépoda	<i>Nauplios</i>	430	33
	Total	1303	
Catemaco: Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	620	50
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1
Copépoda	<i>Diatom sp.</i>	235	19
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	110	9
Copépoda	<i>Nauplios</i>	270	21
	Total	1245	

El lago de Chalchoapan para el periodo de secas 2011, representa una mayor abundancia de organismos con 2395 org l⁻¹ los rotíferos son los que aportan la mayor abundancia al total. Para el periodo de Lluvias 2011 el lago de Chalchoapan se presenta mayor abundancia con 1303 org l⁻¹ al igual que el periodo de Secas los rotíferos son los responsables de la mayor aportación a la abundancia (Graf.8).



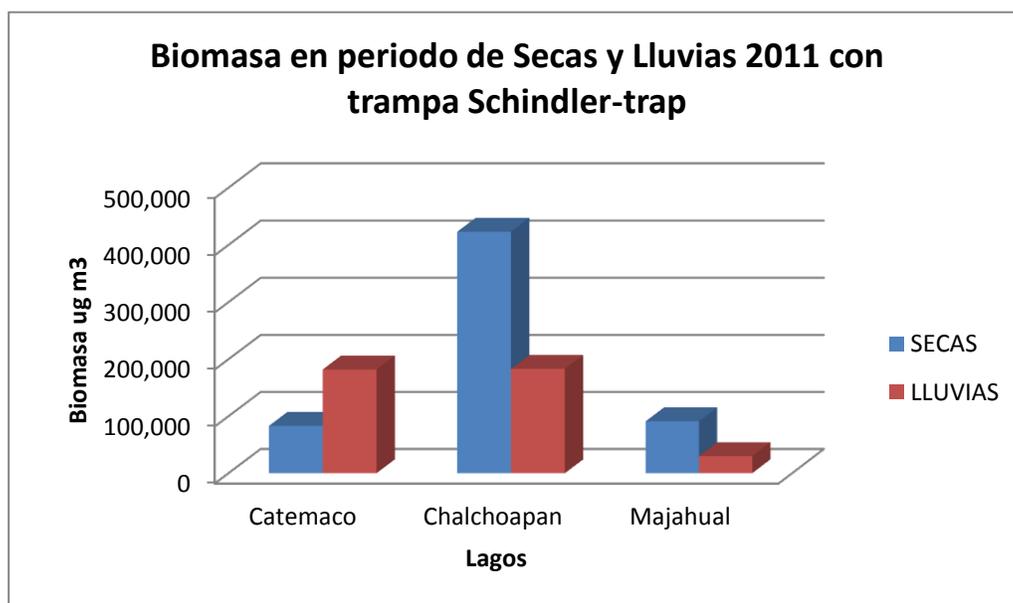
Grafica 8. Comparación de las abundancias en los periodos de Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.

9.4. Biomasa de zooplancton

Tabla 16. Biomasa de zooplancton en periodo de Secas y Lluvias 2011 con Schindler-trap en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan por método de SST.

Periodo de Secas 2011	Biomasa ug/m3	Periodo de Lluvias 2011	Biomasa ug/m3
Catemaco	83,000	Catemaco	182,000
Chalchoapan	423,000	Chalchoapan	183,000
Majahual	91,000	Majahual	30,000

La biomasa del zooplancton presentó altos valores para el lago de Chalchoapan principalmente en periodo de secas, al igual que Majahual, el descenso de la biomasa en estos lagos fue notoria en el periodo de lluvias, a diferencia de Catemaco que presento su valor más alto en periodo de lluvias y más bajo en secas (Graf.9), esto puede deberse a varios factores principalmente en la composición zooplanctonica ya que cada grupo difiere en sus preferencias alimenticias, calidad en el agua y nutrientes.

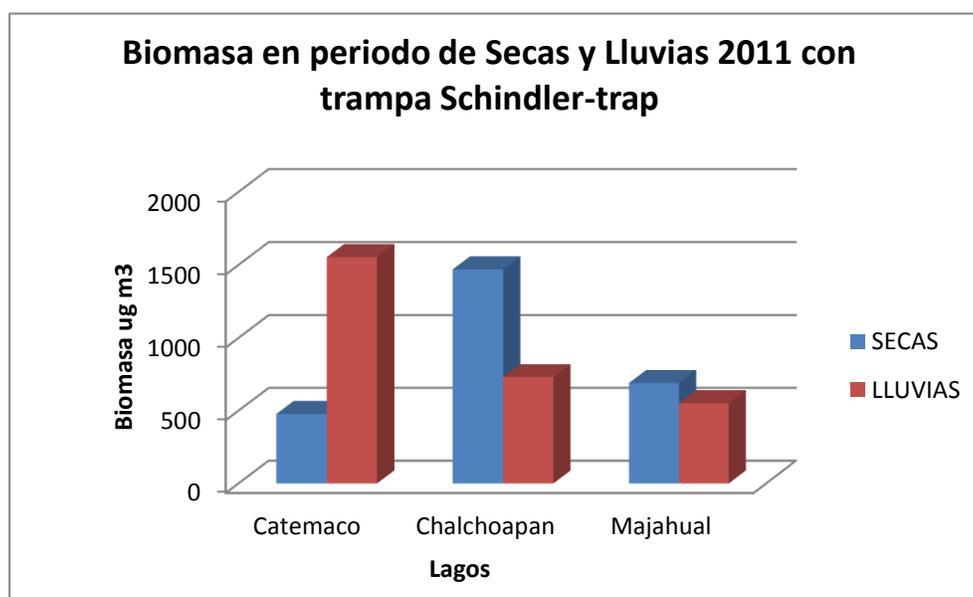


Grafica 9. Comparación de biomazas en los periodos de Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan por SST.

Biomasa por relacion peso-abundancia

Tabla 17. Biomasa de zooplancton en periodo de Secas y Lluvias 2011 con Schindler-trap en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan por método de Relación peso-abundancia.

Periodo de Secas 2011	Biomasa ug/m3	Periodo de Lluvias 2011	Biomasa ug/m3
Catemaco	477	Catemaco	1,553
Chalchoapan	1,469	Chalchoapan	730
Majahual	690	Majahual	551



Grafica 10. Comparación de biomasa en los periodos de Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan relación peso-abundancia.

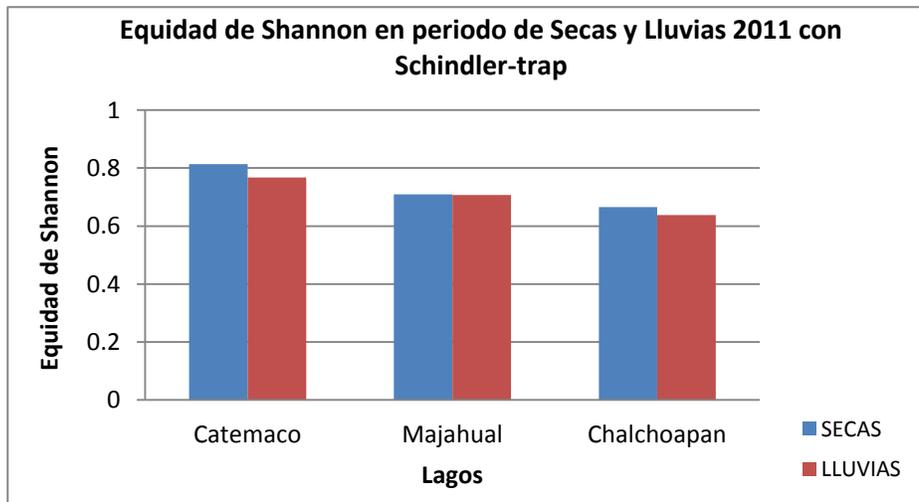
Existe una sobreestimacion fitoplanctonica y de otros sedimentos en la biomasa por la tecnica de SST, ya que la biomasa de zooplancton por relacion peso-abundancia solo abarca max. 2 % de la biomasa total.

9.5. Equidad de zooplancton

Tabla 18. Resultados del índice de Equidad de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.

Índice de Equidad				
Secas 2011- Schindler-trap				
63μ				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco	1.30	5	1.61	0.81
Majahual	1.09	5	1.61	0.68
Chalchoapan	1.06	6	1.79	0.59
Lluvias 2011- Schindler-trap				
63μ				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco	1.24	5	1.61	0.77
Majahual	1.27	6	1.79	0.71
Chalchoapan	1.24	7	1.95	0.64

El índice de Equidad de Shannon toma en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas, sabiendo que el valor máximo de equidad es 1. Los lagos muestran que los individuos para cada lago presentan una distribución uniforme, ya que todos los valores son menores a 1 (Graf.10).



Grafica 10. Índice de Equidad de Shannon para periodo de Secas y Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan.

9.6 Uso de suelo

Lago de Catemaco

La superficie total que aporta al lago de Catemaco es de 25,561 ha. Esta superficie se distribuye en los siguientes usos de suelo (Fig.13):

Tabla 19. Uso de suelo del lago de Catemaco.

Uso de Suelo	Superficie (ha)	% de Uso de Suelo
Lago de Catemaco	7,367	29.0
Achual	195	0.78
Agrícola y pecuario	14,270	57.0
Áreas urbanas	624	2.5
Cuerpos de aguas	39	0.20
Selva alta perennifolia	2,332	9.0
Selva mediana perennifolia	372	1.5

La relación suelo-agua de este lago es 3:1. Es decir hay 3 veces más suelo que agua.

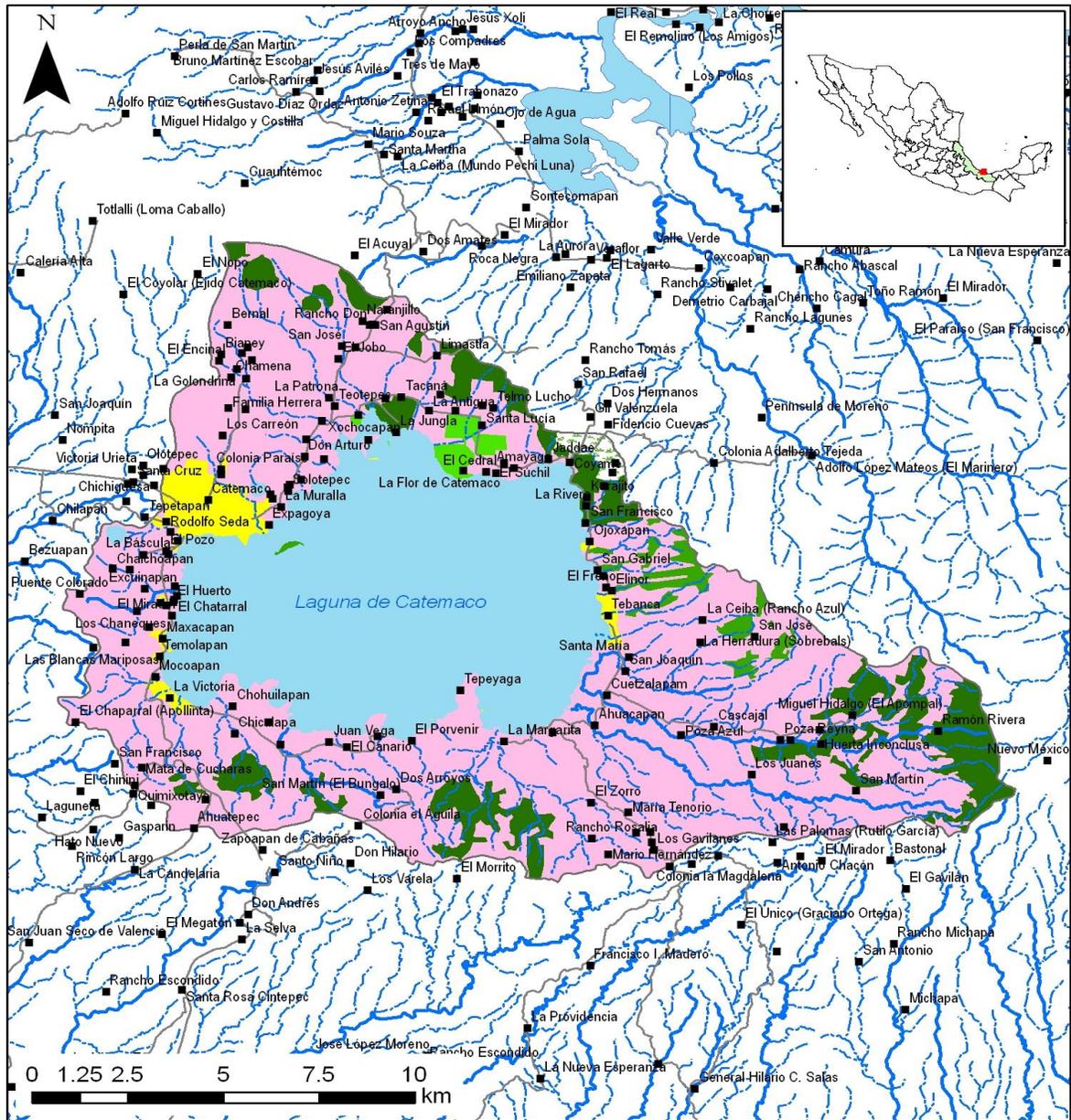
Lago de Majahual

La superficie total que aporta el lago de Majahual es de 6130 ha. Esta superficie se distribuye en los siguientes usos de suelo (Fig.14):

Tabla 20. Uso de suelo del lago de Majahual.

Uso de Suelo	Superficie (ha)	% de Uso de Suelo
Lago de Majahual	165	3.0
Achual	317	5.0
Agrícola y pecuario	5461	89.0
Áreas urbanas	72	1.0
Cuerpos de aguas	3	0.05
Vegetación de dunas costeras	114	2.0

La relación suelo-agua de este lago es 37:1. Hay 37 veces más suelo que agua

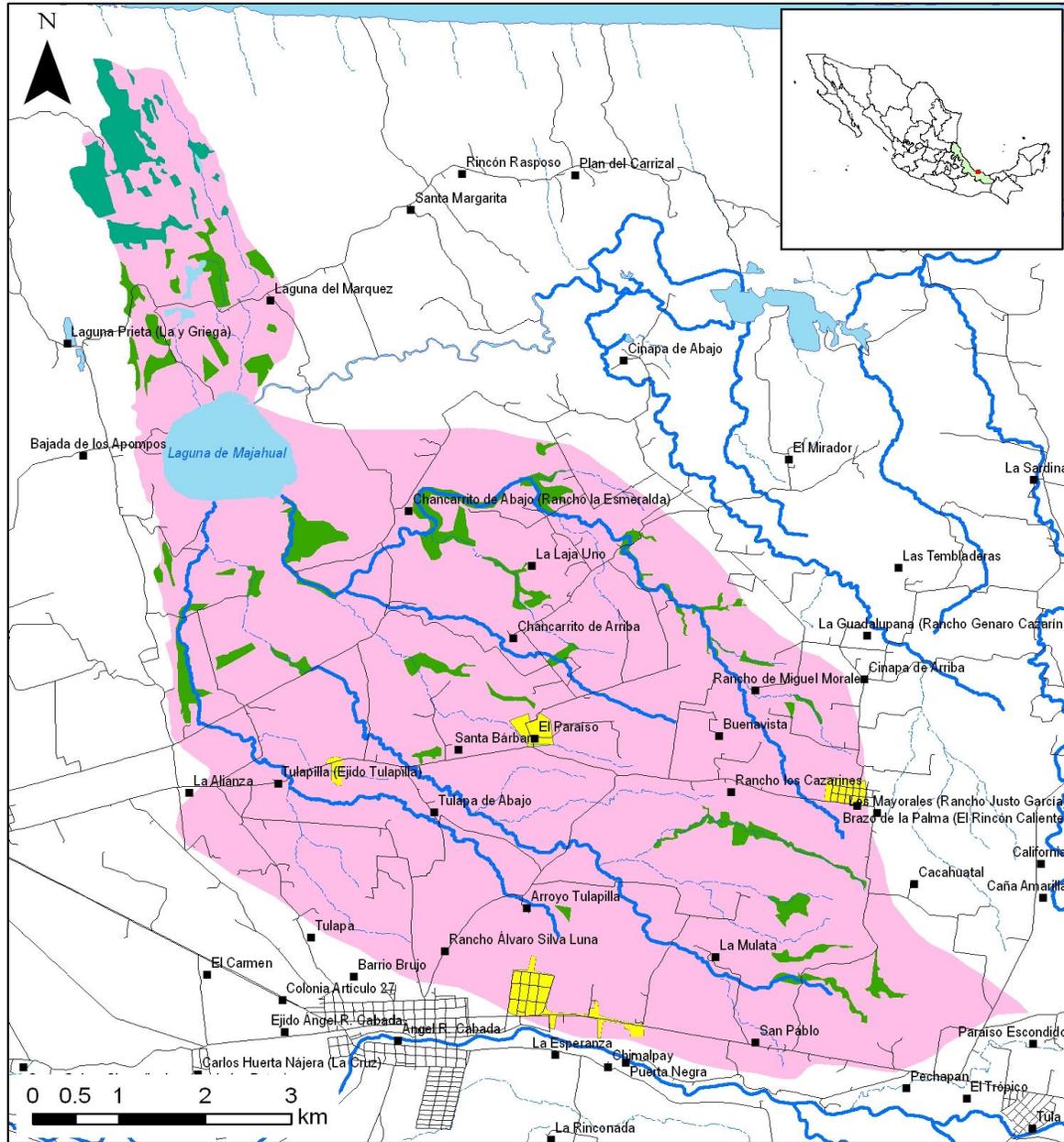


SIMBOLOGIA

USO DE SUELO Y VEGETACION 2011		HIDROLOGIA	
	Selva alta perennifolia		PERENNE
	Selva mediana perennifolia		INTERMITENTE
	Acahual		FLUJO VIRTUAL
	Agrícola y pecuario		LOCALIDADES CENSO 2010
	Pastizal cultivado		
	Cuerpo de agua		
	Area urbana		

La imagen empleada para la clasificación de vegetación es del sensor Spot 5 de fecha 24 de febrero de 2011, con una resolución espacial de 2.5 metros a color.

Figura 13. Mapa de Uso de Suelo de la Cuenca del lago de Catemaco (Romero 2013).



SIMBOLOGIA

USO DE SUELO Y VEGETACION 2011 HIDROLOGIA

- | | |
|--|---|
| Acahual | PERENNE |
| Agrícola y pecuario | INTERMITENTE |
| Cuerpo de agua | CUERPOS DE AGUA |
| Vegetación de dunas costeras | LOCALIDADES |
| Zona urbana | VIAS DE COMUNICACION |

La imagen empleada para la clasificación de vegetación es del sensor Spot 5 de fecha 24 de febrero de 2011, con una resolución espacial de 2.5 metros a color.

Figura 14. Mapa de Uso de Suelo de la Cuenca del lago de Majahuatl (Romero 2013).

Lago de Chalchoapan

La superficie total que aporta la laguna de Chalchoapan es de 56 ha. Esta superficie se distribuye en los siguientes usos de suelo (Fig.15):

Tabla 21. Uso de suelo del lago de Chalchoapan.

Uso de Suelo	Superficie (ha)	% de Uso de Suelo
Lago de Chalchoapan	26	47.0
Agrícola y pecuario	9	15.0
Selva alta perennifolia	21	38.0

La relación suelo-agua de esta laguna es 2:1. Hay 2 veces más suelo que agua.

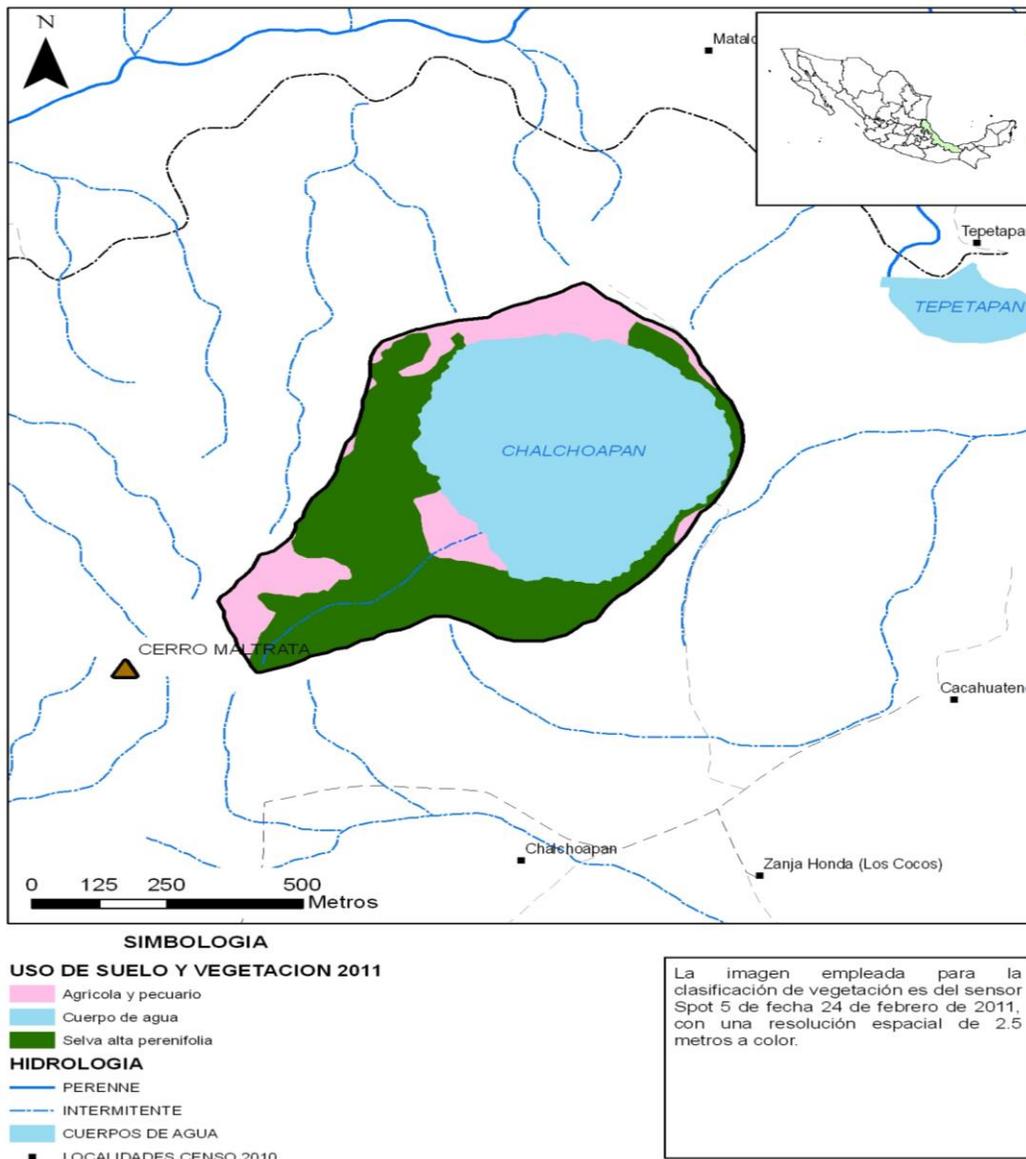


Figura 15. Mapa de Uso de suelo de la Cuenca del lago de Chalchoapan (Romero 2013).

9.7 Análisis estadístico de Zooplancton

Tabla 22. Correlación de Pearson de los Descriptores biológicos y las Características del uso de suelo en los 3 periodos de estudio.

CORRELACION DE PEARSON $p=0.05$						
Temporada de muestreos	Descriptores Biológicos	Características del Uso de Suelo				
		Cuenca	Sup. Agrícola	Sup. Cuerpo de agua	Población de la Cuenca	Relación Suelo - Agua
Secas 2011	Abundancia	-0.38	-0.44	-0.28	-0.29	-0.32
	Biomasa	-0.43	-0.49	-0.33	-0.34	-0.31
	Diversidad	0.39	0.40	0.37	0.37	-0.04
Lluvias 2011	Abundancia	0.01	-0.09	0.16	0.14	-0.70
	Biomasa	0.44	0.35	0.56	0.55	-0.71
	Diversidad	-0.35	-0.31	-0.38	-0.38	0.29

Tabla 23. Correlación de Pearson de Características Limnológicas y Descriptores Biológicos en los 3 periodos de estudio.

CORRELACION DE PEARSON $p=0.05$				
Temporada de muestreo	Descriptores biológicos	Características limnológicas		
		Clorofila- <i>a</i>	Temperatura	Visibilidad
Secas 2011	Abundancia	-0.35	-0.27	0.20
	Biomasa	-0.26	-0.22	0.15
	Diversidad	0.40	-0.12	-0.37
Lluvias 2011	Abundancia	0.09	-0.70	-0.09
	Biomasa	0.06	-0.44	-0.06
	Diversidad	0.38	0.30	0.38

Tabla 24. Correlación de Pearson de Características Limnológicas y Características de uso de suelo.

CORRELACION DE PEARSON p=0.05						
Temporada de muestreo	Características limnológicas	Características del uso de suelo				
		Cuenca	Sup. Agrícola	Sup. Cuerpo de agua	Pobladores Cuenca	Relación Suelo-agua
Secas 2011	Clorofila- <i>a</i>	0.94	0.89	0.99	0.99	-0.57
	Temperatura	-0.29	-0.15	-0.48	-0.46	1
	Visibilidad	-0.91	-0.84	-0.98	-0.97	0.64
Lluvias 2011	Clorofila- <i>a</i>	0.99	0.96	1	1	-0.4
	Temperatura	-0.29	-0.15	-0.48	-0.46	1
	Visibilidad	-0.99	-0.96	-1	-1	0.4

Las características del uso de suelo tienen una relación con la biomasa y la abundancia, para el periodo de secas 2011, la biomasa presenta una relación baja con la superficie total de aporte, y la superficie agrícola; para el periodo de lluvias 2011 la biomasa también presenta una relación con la superficie total de aporte, superficie agrícola, superficie de cuerpo de agua y relación suelo-agua (Tab.22). En la correlación de las características limnológicas en periodo de secas 2011 la diversidad está relacionada con la clorofila-*a*, en periodo de lluvias 2011 está relacionada la abundancia y la biomasa con la temperatura, (Tabla 22).

Existe una fuerte correlación entre las características limnológicas y las características del uso de suelo, es decir que depende una de la otra.

CAPITULO 10: DISCUSION

La antigua hipótesis acerca de la biogeografía de los microorganismos afirma que "todo está en todas partes, el medio ambiente no selecciona" (Mazarís et al. 2010). Debido a su tamaño, abundancia y biología, los microorganismos superan las limitaciones de la dispersión, logrando así una distribución cosmopolita. Los tres lagos de estudio mostraron una similitud en cuanto a composición de especies zooplanctónicas, pero, diferentes en relación a la abundancia, el índice de Equidad de Shannon mostró que para los tres lagos existe una composición uniforme de los individuos. Se observó que cada lago es diferente uno de otro, con sus propias características, profundidad, productividad, variabilidad de luz e incluso diferencia en los aportes de nutrientes y la presencia de otras aportaciones fluviales que puedan tener contacto con el lago, aunque la comunidad encontrada no es diferente.

El tamaño de malla de las redes planctónicas tiene un efecto significativo en la identificación de la abundancia y diversidad de los organismos colectados y con un menor esfuerzo. Los resultados encontrados demuestran que las abundancias difieren de acuerdo a la abertura de malla en las redes (63 y 80 μ).

Jung Wu et al. (2011), encontraron una diferencia significativa en la composición de especies con respecto al tamaño de malla de las redes planctónicas usadas en su estudio. Muchos estudios anteriores han indicado que las redes de plancton de (53-160 μ) o redes finas capturan más zooplancton, que las redes de plancton de (200-600 μ) o redes gruesas, el estudio encontró que las redes finas recogían hasta 8 veces más, es decir, dos órdenes de organismos más, que las redes más gruesas.

Aunque las redes utilizadas en este estudio son de la misma clasificación de redes finas, encontramos grandes diferencias de colecta entre ellas, la red de 63 que pertenece a la trampa Schindler-trap fue más efectiva para la abundancia, ya que en cuanto a diversidad no se observó diferencia entre ambas.

Los valores para la diversidad encontrada en los tres lagos estudiados fueron bajas, Chalchoapan con 1, Majahual 1 y 1.3 para Catemaco en periodo de secas y de 1.2 para los tres lagos en periodo de lluvias. El estudio de Suarez-Morales et al. (1986), sugiere que

los valores de diversidad bajos las cuales fueron de 2.53-1.27 y constantes, determinados por el Índice de Simpson, consideran al lago como un cuerpo de agua en estado eutrófico, Zanatta et al. (1998) también registró valores bajos de diversidad (1.17-.63), equitatividad y riqueza de especies, y concluyeron que estos resultados eran característicos de aguas eutróficas tropicales. Chattopadhyay y Barik en 2009, encontraron valores bajos de diversidad determinados por el índice de Simpson (0.97 -0.90) en un lago tropical en India.

Mediante el Índice de Simpson para obtener la dominancia de los organismos, se encontraron a los rotíferos como dominantes para los tres periodos de muestreo en los lagos de Catemaco y Chalchoapan, con representantes del género *Brachionus* y *Keratella*, para el cual en el género *Brachionus* se encontraron 2 especies *B. havanaensis* y *angularis*. Los rotíferos conformaron aproximadamente el 55% de la abundancia total, particularmente en el lago de Chalchoapan donde se reportaron las mayores cantidades; los copépodos también integraron una parte importante de la abundancia ya que se encontraron para Catemaco y Majahual aportaciones hasta del 40% en su abundancia total, donde el copépodo *Mastigodiatomus albuquerquensis* fue el mayor representante para el lago de Majahual. Los cladóceros estuvieron presentes en los tres lagos pero con pocos representantes, se reportaron principalmente los géneros *Bosmina* y *Moina*.

Para el grupo de cladóceros encontrados en Catemaco, Majahual y Chalchoapan únicamente se reportó a *Bosmina tubicen* dentro del género *Bosmina*, pero Suarez-Morales et al (1986) y Zanatta y Torres-Orozco (1998), reportaron a *Bosmina longirostris* como integrante de la composición zoopláctónica para el lago de Catemaco.

Fernando (1980), encontró que los rotíferos incluían un gran número de especies del género *Brachionus* para lagos tropicales, así como poca diversidad de cladóceros y copépodos, en relación con las zonas templadas. Sin embargo Suárez-Morales et al. (1986), reportó a los copépodos como taxón dominante, seguidos por los cladóceros, para el lago de Catemaco, Torres-Orozco y Zanatta (1998) reportaron a los rotíferos, con una abundancia relativa de 57,7%, como taxón dominantes dentro de la comunidad de zooplancton del lago de Catemaco, seguido por los copépodos, cladóceros y

protozoarios. Zakaria et al. (2007), hace referencia que los rotíferos son conocidos por ser excelentes indicadores de la contaminación orgánica, ya que proliferan mejor en el entorno orgánicamente rico. Dimas- Flores et al. (2008), encontraron a los rotíferos como taxón dominante en su estudio de comparación en 2 lagos tropicales de alta montaña en el Nevado de Toluca. Chattopadhyay y Barik (2009), también reportaron como taxón dominante a los rotíferos con el 44% en lagos tropicales; Merayo y González en el 2010, reportaron a los géneros *Brachionus* y *Keratella* típicamente dominantes en un embalse tropical en Venezuela. Al encontrar a los rotíferos dominantes y bien representados en los tres lagos, podemos sugerir que estos cuerpos de agua tienen grandes aportaciones de materiales orgánicos que crean un ambiente propicio para los rotíferos.

Torres-Orozco y Zanatta (1998), mencionan que las diferencias observadas en la composición del zooplancton en su estudio con respecto al estudio de Suárez-Morales et al. (1986), podrían implicarse en las diferencias de los métodos utilizados para la recogida y tratamiento de las muestras. Esto nos sugiere que los resultados obtenidos en la composición del zooplancton de este estudio son diferentes de estos autores, por la variedad de muestreadores usados e incluso la manipulación y la forma de recolección de las muestras. Sin embargo, la posibilidad de cambios reales en la comunidad del zooplancton en el tiempo transcurrido entre estos estudios no se puede descartar.

Epiphanes sp. se reportó ausente en Chalchoapan y *Keratella conchlearis* ausente en Majahual, tengo varias teorías pero nada concreto ya que no hay antecedentes de comunidades de zooplancton de estos lagos, se sugiere que quizá pueden ser especies estacionales, ya que las condiciones óptimas que necesita cada especie para reproducción, fecundidad y sus hábitos alimenticios son diferente una de otra, al no existir el medio adecuado estas especies no se encuentran presentes, puede ser por depredación que desconocemos hasta ahora, solo nos quedan las hipótesis y esperar que con trabajos posteriores se puedan encontrar respuestas.

La depredación es un impacto importante en el control de las especies ya que muchos peces planctívoros tienen preferencias por algunas especies en particular como en el caso de los cladóceros, los cuales pueden verse diezmados por el consumo de los mismos y verse reducidos o inexistentes como en el lago de Catemaco. Catemaco es uno de los principales lagos dedicados a la pesca, a comparación de los lagos de Majahual y Chalchoapan que hasta ahora no se conocen sean de interés para la pesca, y también se desconoce que especies de peces habitan en esos lagos.

Las abundancias encontradas en este estudio fueron muy variables para ambos periodos de estudio:

Catemaco Secas 655 org l ⁻¹	Catemaco lluvias 1245 org l ⁻¹
Chalchoapan Secas 2395 org l ⁻¹	Chalchoapan lluvias 1303 org l ⁻¹ .
Majahual Secas 716 org l ⁻¹	Majahual lluvias 520 org l ⁻¹

Suarez-Morales et al. (1986) reportaron el total de un ciclo anual 1342 org l⁻¹, para el lago de Catemaco, Torres-Orozco y Zanatta (1998) encontraron un total para un ciclo anual de 292 org l⁻¹, para el lago de Catemaco. Zakaria et al. (2007) reportaron 1277 org l⁻¹ para un ciclo anual en un lago tropical en Egipto. Cabe mencionar que para el lago de Chalchoapan y Majahual estos son los primeros registros de abundancia y esta es la contribución de este trabajo. Majahual es el que presentó las abundancias más bajas en ambos periodos. Chalchoapan y Majahual presentaron las abundancias más bajas en periodo de lluvias y Catemaco presentó el valor más alto en lluvias.

Para la determinación del zooplancton por la relación peso-abundancia fue la más efectiva ya que se pudo comparar cuanta era la sobreestimación existente por fitoplancton y sólidos suspendidos. Los pesos fueron para periodos de secas en Catemaco con 477 µg/m³, Chalchoapan con 1,469 µg/m³ µg/m³ y Majahual con 690 µg/m³; para temporada de lluvias Catemaco presentó 1,553 µg/m³, Chalchoapan 730 µg/m³ y Majahual con 551 µg/m³. Se estimó que esto es aproximadamente no más del 2% en la abundancia total por la técnica de Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Se han realizado estudios con el fin de encontrar correlaciones de los factores ambientales con la composición del zooplancton. En este estudio se aplicaron las variables limnológicas (clorofila- *a*, visibilidad y temperatura) y el uso de suelo de las cuencas. Ya que para algunos lagos se observaron muy comprometidas sus cuencas por el uso de suelo agrícola-pecuario, debido a las aportaciones que pueden influir en las comunidades del zooplancton.

Los valores de clorofila-*a* encontrados para Catemaco fueron en periodo de “Secas 2011” 16.24 $\mu\text{g l}^{-1}$, para “Lluvias 2011” 44.8 $\mu\text{g l}^{-1}$; el Laboratorio de Limnología y Manejo de Cuencas en el 2005-2006 (UV-Citro) reportaron las siguientes cantidades para clorofila-*a* en Catemaco: Mayo 88.3 $\mu\text{g l}^{-1}$, Julio 89.7 $\mu\text{g l}^{-1}$, Septiembre 65.8 $\mu\text{g l}^{-1}$ y Enero 53 $\mu\text{g l}^{-1}$. Comparando estos resultados podemos observar la diferencia de las cantidades encontradas para el lago de Catemaco, las cuales para el 2011 fueron valores muy bajos. En Majahual el valor de clorofila-*a* se encontró de 3.0 a 5.80 $\mu\text{g l}^{-1}$, para Chalchoapan se encontraron valores de clorofila-*a* de 1.36 -1.40 $\mu\text{g l}^{-1}$; Vázquez et al. (2004), reportó 57.24 a 95.78 mg m³ de clorofila-*a* para Majahual y 141.3 a 153.6 mg m³ para Chalchoapan.

El mapa de uso de suelo para Chalchoapan, distingue que es una micro cuenca dentro de la subcuenca del lago de Catemaco, es muy pequeña en su superficie de aporte, es de tipo endorreica y únicamente cuenta con un río intermitente (solo en temporada de lluvias) que aporta agua y que proviene del sureste de la misma, de un cerro cercano al cerro de Maltrata. No existen localidades en el área de aporte de la micro cuenca, la zona de donde proviene esta corriente es la única zona que se encuentra con vegetación conservada. Aunque según lo establecido por Vázquez et al. (2004), menciona que el uso de suelo de esta cuenca es de cultivos de maíz y tabaco, así como de zonas de pastoreo. Según las fotografías satelitales de uso de suelo proporcionados por el INEGI para el año 2011, no hay cultivos de maíz o tabaco representados para la zona.

Para el lago de Majahual el mapa de uso de suelo indicó que es una superficie muy antropizada y con sus selvas originales muy deterioradas, el principal uso es agrícola y pecuario, con cultivos de caña principalmente y pastizales. Los fragmentos de acahual que se mantienen están muy asociados a riveras de ríos y arroyos, y algunos cercanos a

los pequeños poblados, también incluye vegetación de dunas que comúnmente no se le da utilidad. Según lo delimitado por Vázquez et al. (2004), Majahual tiene un alto porcentaje de terrenos dedicados a la ganadería, pero conserva una franja de árboles y arbustos en todo el perímetro del cuerpo de agua. Con el transcurso del tiempo los usos de suelo pueden variar, pero aún se mantiene zonas extensas de uso ganadero y agrícola las cuales comprende el 89% de uso de suelo para la cuenca, considerando así que este lago puede ser prioritario para monitoreos constantes debido a las escorrentías y filtraciones de los desechos del uso agrícola y ganadero, que puede repercutir en el estado ecológico del lago.

Los Descriptores biológicos relacionados con las Características del uso de suelo indicaron que existen correlaciones negativas de la abundancia y la biomasa con la cuenca y la superficie agrícola, para la diversidad existe una correlación positiva con la cuenca y superficie agrícola en periodo de secas, para temporada de lluvias hay una correlación positiva en la biomasa con la cuenca, superficie agrícola, superficie del cuerpo de agua y los pobladores de la cuenca. En efecto las cuencas tienen una interacción con la comunidad del zooplancton de forma positiva o negativa para existir y entre más crezcan los usos de suelo de las cuencas, las comunidades del zooplancton y acuáticas en general se van a ver afectadas.

Los Descriptores biológicos se encontraron correlacionados con las Características limnológicas, es decir que la temperatura tiene un efecto negativo en la abundancia y biomasa en temporada de lluvias, en secas la Clorofila-*a* tiene una correlación positiva para la Diversidad. La visibilidad tiene en secas una correlación negativa y en lluvias una correlación positiva con la diversidad.

Las características limnológicas de clorofila-*a* y visibilidad están correlacionados con las características de uso de suelo: el aporte de la cuenca, la superficie agrícola, tamaño del lago y pobladores de la cuenca.

Torres-Orozco y Zanatta (1998) encontraron una correlación inversa de la abundancia con la visibilidad, y para la abundancia relativa en los rotíferos estuvo directamente

relacionada con las fluctuaciones de temperatura. Zanatta et al. (2003) menciona que la distribución y abundancia de rotíferos podrían, involucrarse con los factores biológicos, como la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación.

Los factores como la temperatura, el tamaño de los cuerpos de agua, el estado trófico, la calidad y la disponibilidad de alimento, la competencia y la depredación afectan tanto la composición como la densidad poblacional del zooplancton (Iannacone y Alvariño 2007).

Wang et al. (2007) determinaron que la temperatura era un factor importante que determinaba el predominio de algunos crustáceos zooplanctónicos. No encontraron una relación consistente entre la biomasa de los crustáceos y los indicadores ambientales. La razón sugerida por los autores fue el control top-down (presión de consumo) y bottom-up (disponibilidad de nutrientes) de los crustáceos que varían con el estado trófico del lago. Merayo y González en 2010, concluyeron en su estudio que la comunidad de zooplancton responde a las variaciones ambientales en los cuerpos de agua, en lugar de las variaciones en la disponibilidad de recursos.

CAPITULO 11: CONCLUSION

La diversidad del zooplancton en los lagos tropicales estudiados se encontró baja por tener valores de 1, mínima, y 1.3, máxima. La abundancia y dominancia estuvieron bien representadas para los tres lagos, por los rotíferos principalmente el género *Brachionus*, ya que es un género representativo y común para lagos tropicales, así como un indicador de aguas ricas en nutrientes. Los copépodos también estuvieron presentes con aproximadamente el 44% de la abundancia total, los cladóceros fue el grupo menos representado y esto se debe a que los cladóceros en aguas tropicales son un alimento predilecto de peces (sus depredadores), razón probable por la que estuvieron ausentes en el lago de Catemaco en Secas y en Lluvias su presencia fue casi 1% del total de los organismos, Catemaco es el principal lago pesquero de la zona.

Debido a las características de la baja diversidad y de los altos niveles de presencia de rotíferos y copépodos, se sugiere al igual que otros autores anteriormente mencionados lo han hecho, que el estado ecológico de los lagos puede considerarse eutrófico, sin embargo habría que realizar una serie de análisis limnológicos, como, nutrientes, amonio, clorofila-*a*, conductividad, oxígeno disuelto y productividad, así con los valores confirmar el estado ecológico del mismo. Todos los contaminantes que se incorporan a los cuerpos de agua, ya sean superficiales, suspendidos, adheridos a partículas del suelo por filtraciones, escorrentias o por deposición atmosférica, se precipitan y llegan a los cuerpo de agua acumulándose y afectando la vida de los organismos acuáticos, repercutiendo en la cadena trófica, la abundancia de las especies y la estructura de sus comunidades.

La cadena trófica acuática se ve afectada ya que el zooplancton consume al fitoplancton (consumidores primarios), el zooplancton a su vez, es consumido por peces pequeños (consumidores secundarios) estos pequeños peces son alimento de peces más grandes, pájaros e incluso personas (consumidores terciarios). Si uno en la cadena perece, afecta el eslabón siguiente provocando la alteración y el término de la cadena trófica.

La composición zooplanctónica encontrada para los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan fue similar. Para Catemaco se registró por primera vez a *Bosmina tubicen* ya que solo se había identificado a *Bosmina longirostris* en trabajos anteriores.

En este estudio notablemente se pudo relacionar a la temperatura como un factor importante para la abundancia y la diversidad obteniendo una correlación negativa, es decir que si la temperatura aumenta la abundancia y la diversidad disminuyen, también la visibilidad y la clorofila-*a* están correlacionadas con la diversidad. Las características del uso de suelo presentaron una fuerte correlación con las características limnológicas, el tamaño de la cuenca, el aporte agrícola, el tamaño de lago, tienen un impacto en la temperatura, la visibilidad y la clorofila-*a*.

12. RECOMENDACIONES

- ✚ Realizar otros estudios de diversidad de zooplancton en los lagos de Majahual y Chalchoapan con el fin de profundizar en el conocimiento de estos cuerpos de agua.

- ✚ Ampliar los puntos de muestreo en cada lago con el fin de obtener un mayor número de organismos (abundancia) y conocer la distribución y comportamiento de estos dentro del cuerpo de agua.

- ✚ Realizar arrastres con redes planctónicas de abertura de malla más pequeña que las usadas en este estudio para realizar una comparación de organismos colectados, así como obtener o ...? muestras de agua para integrar al nano zooplancton y tener mayor representación de la diversidad de estos lagos.

- ✚ Analizar parámetros limnológicos de nutrientes (fósforo y nitrógeno), amonio, clorofila-*a*, conductividad y oxígeno disuelto en los tres lagos, para obtener datos de productividad y determinar con mayor precisión su estado ecológico.

13. BIBLIOGRAFIA

- APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. American Public Health Association Inc. Washington D.C
- APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. American Public Health Association Inc. Washington D.C.
- Atilano-García, V. 2005. Tesis de Licenciatura. “Variación estacional del Zooplancton en el Parque la Zarcita, Mich. México” Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Betancourt, C. and R. Suarez. 2010. Influencia de procesos autóctonos y alóctonos sobre las características fisicoquímicas del embalse Paso Bonito, Cienfuegos, Cuba. Rev. Int. Contam. Ambient 26 (4): 257-267.
- Bowen, K.L. and O.E. Johannsson. 2011. Changes in zooplankton biomass in the Bay of Quinte with the arrival of the mussels, *Dreissena polymorpha* and *D. rostriformis bugensis*, and the predatory cladoceran, *Cercopagis pengoi*: 1975 to 2008. Aquatic Ecosystem Health & Management. 14(1): 44-55.
- Campbell A. N. and J. Reece. 2007. Biología. 7th Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- Carlson, R and J. Simpson. 1996. Un coordinador de la Guía de Voluntarios de métodos de seguimiento del Lago. América del Norte Lake Management Society. 96pp.
- Chattopadhyay C. and A. Barik. 2009. The composition and Diversity of net zooplankton species in a tropical freshwater lake. International Journal of Lakes and Riversn 2(1): 21-30.
- Colin, M. 2013. Tesina “Pastoreo de zooplancton sobre grupos funcionales basados en morfología de fitoplancton”. Centro Universitario de la Región Este-CURE, Rocha, Udelar. Uruguay.
- Conde-Porcuna, J.M., E. Ramos-Rodríguez and C. Perez-Martinez. 2002. Correlation between nutrient concentrations and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. Freshwater Biology 47: 1463-1473
- Conde-Porcuna, J.M., E. Ramos-Rodríguez and R. Morales-Baquero. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lenticos. Revista Ecosistemas 13(2): 23-29.

- Cotler, A.H. 2010. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. Pluralia Ediciones e Impresiones. México.
- Culver, D.A., M.M. Boucherle, D.J. Bean, and J.W. Fletcher. 1985. Biomass of freshwater crustacean zooplankton from length-weight regression. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42:1380-1390.
- Dimas-Flores, N., J. Alcocer and J. Ciros-Pérez. 2008. The Structure of then zooplankton assemblages from two neighboring tropical high mountain lakes. *Journal of Freshwater Ecology* 23(1):21-31.
- Dirzo, R. and A. Miranda. 1992. El Límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente Americano: contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia* 16: 240-247.
- Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M. A. Gutiérrez-Aguirre, M. Silva-Briano, J. G. Granados-Ramírez, and T. Garfias-Espejo. 2008. Guía Ilustrada de los Microcrustáceos (Cladóceras y Copépodos) de las aguas continentales de México. CONACYT. MEXICO. Mexico. 348 pp.
- EPA. 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. Hanna instruments. <http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/>
- Fernando, CH. 1980. El zooplancton de agua dulce de Sri Lanka, con una discusión sobre la composición del zooplancton de agua dulce tropical. *Int. Revue GES.Hydrobiol. Hydrogr.* de 65 años: 85-125.
- Fernando, CH. 2002. A guide to tropical freshwater zooplankton. Identification Ecology and Impact on Fisheries. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 291 pp.
- Franco, L. J. , G.A. de la Cruz, A.R. Rocha, N.S. Navarrete, G.M. Flores, E.M. Kato, S.C. Colón,. 1989. Manual de ecología. Trillas, México.
- García-Cortes V. 2005. Introducción a la microbiología. 2da.Edición. EUNED (Editorial Universidad Estatal a distancia). Costa Rica.
- García, C.E., Nandini S. and Sarma S.S. 2009. Seasonal dynamics of zooplankton in lake Huetzalin, Xochimilco, México. *Limnologica* 39(4):283-291.
- Geissert D.K. 2004. La Geomorfología En: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez (eds.). 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología A.C. y Unión Europea, Xalapa, Veracruz. 159-178.
- González, E. J., M. Ortiz, and M. Leny. 2002. Zooplankton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos. *INCI.* 27(10):551-558.

- Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte and J. S. Hernández Avilés. 2003. Zooplankton in lake Coatetelco, A eutrophic shallow tropical lake, México. *Freshwater Ecol.* 18(4): 659-660.
- Guevara, S., J. Laborde and G. Sánchez (eds.). 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología A.C. y Unión Europea, Xalapa, Veracruz. 287 pp
- Guevara, S., J. Laborde and G. Sánchez. 2000. La Reserva de la Biosfera: Los Tuxtlas. Documento de Trabajo No. 29. UNESCO (Programa de Cooperación Sur-Sur) Paris, Francia.
- Iannacone, J. and L. Alvariño. 2008. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal, pantanos de Villa en Lima, Perú. *Gayana (Concep.)* 71(1):49-65.
- ID-TAX: Catalogo y claves de identificación de organismos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España: www.magrama.gob.es
- Jáuregui-Figueroa, M.C., A. Ibáñez-Castillo, R. Arteaga-Ramírez, J.C. Arellano-Monterrosas and M. Vázquez-Peña. 2011. Cambio de uso de suelo en la cuenca de San Cristóbal de las Casas, México. *Agrociencia.* 45: 531-544.
- Jiménez-Trejo L.A. and L.S. Vásquez-Vargas. 2008. "Reserva de la biosfera "Los Tuxtlas", patrimonio ecológico amenazado" en *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, No.99.
- Johnson R. and P. Kuby. 2004. *Estadística Elemental: Lo esencial.* Internacional Thomson. 3era. Ed. Mexico, Df. 509 pp.
- Koste, W. 1978. *Rotatoria Die Rädertiere Mitteleuropas (Oberordnung Monogononta).* Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart. 234 pp.
- Laboratorio de Limnología: datos de monitoreos del Lago de Catemaco 2005-2006. Reporte interno.
- Laborde, J. D. 2004. La Reserva de la biosfera En: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez (eds.). *Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra.* Instituto de Ecología A.C. y Unión Europea, Xalapa, Veracruz. 271-279.
- Lind, Owen T. 1985. *Handbook of common methods in Limnology.* 2da Ed. Kendall Hunt Publishing Company. USA. 199 pp.
- Lopez- Ríos, O. and M. Lechuga-Anaya. 2001. Contaminantes en los cuerpos de agua del sur de Sonora. *Salud Pública de México* 4(4):298-305.

- Mazaris, A., M. Moustaka-Gouni, E. Michaloudi-Dimitra and C. Bobori. 2010. Biogeographical patterns of freshwater micro- and macroorganisms: a comparison between phytoplankton, zooplankton and fish in the eastern Mediterranean Journal Biogeographyn 37: 1341-1351.
- Merayo, S. and J. González. 2010. Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela. Rev. Biol. Tropical 58 (2): 603-619.
- Muerza, F.A. Eutrofización: contaminación por exceso de nutrientes. 2008. Revista online E-Ciencia. España.
- Muñoz-Berea, M.C.1991. Aspectos Morfométricos, Hidrográficos y Sedimentos del Lago de Catemaco, Ver. Trabajo de Investigación. Univ. Nal. Auto. México 27.
- Pérez-Rojas, A. and R. B. Torres-Orozco. 1992. Geomorfología y batimetría del lago de Catemaco, Veracruz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 19: 17-22.
- Pérez-Rojas, A., R.B. Torres-Orozco and A.Z. Márquez-García. 1993. Los Sedimentos Recientes del Lago de Catemaco, Ver. México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 20(1): 67-76.
- Preston, N. and J. Rusak. 2010. Homage to Hutchinson: does inter-annual climate variability affect zooplankton density and diversity. Hidrobiología 653:165-177.
- Programa de Conservación y Manejo. Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas. 2006. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Ramírez C. and C. San Martín. 2008. Cap.II. Diversidad de Ecosistemas: Ecosistemas dulceacuícolas. En Diversidad de Chile. Patrimonio y desafíos. 2da Ed. CONAMA. Chile 107-117 pp
- Red MAPSA (Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos). Guillermo Goyenola. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Versión 1.0-Julio de 2007. <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/>
- Sarma, S. S. S., and T. Ramakrishna Rao. 1987. Effect of food level on body size and egg size in a growing population of the rotifer *Brachionus patulus* Muller. Archiv für Hydrobiologia. 111(2):245-253.
- Sarma, S. S. S., N. Iyer, N.,and H.J. Dumont. 1996. Competitive interactions between herbivorous rotifers: importance of food concentration and initial population density. Hidrobiología. 331(1-3):1-7.
- Sarma, S. S. S., M. Elias-Gutiérrez, and C. Serranía-Soto. 1996. Rotifers from high altitude crater-lakes at Nevado de Toluca Volcano, Mexico. Hidrobiologica. 6: 33-38.

- Sarma, S. S. S. 2000. The use of rotifers for ecotoxicological studies in Mexico. *Estudios sobre plancton en México y el Caribe*, 8-11.
- Sarma, S. S. S., S. Nandini and R.D. Gulati. 2005. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia*, 542(1): 315-333.
- Sarma, S. S. S., and S. Nandini. 2006. Review of recent ecotoxicological studies on cladocerans. *Journal of Environmental Science and Health*, 41(8): 1417-1430.
- Schabetsberger, R., G. Drozdowski, I. Drozdowski, C.D. Jersabek and E. Rott. 2004. Limnological aspects of two tropical crater lakes (Lago Biao and Lago Loreto) on the island of Bioko (Equatorial Guinea). *Hidrobiología* 524: 79-90
- Semarnat Colegio de Posgraduados. 2002. Evaluación de la degradación del suelo causado por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. Memoria Nacional. 58 pp.
- Semarnat. 2012. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. SNIARN. Compendio de Estadísticas ambientales. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/Compendio_2012/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletad33.html.
- Silva-Briano, M. and H. Segers. 1992. Una nueva especie del género *Brachionus* (Rotífera: Monogononta), del Estado de Aguascalientes, México. *Rev. Hydrobiologia Tropical* 25(4): 283-285.
- Silva-Briano, M. 1992. Preliminary study of the zooplankton of Mexico. End of course report of the International Training Course 'Lake Management: A Tool in Lake Management'. State University of Ghent, Ghent, Belgium, 12.
- Silva-Briano, M. and E. Suárez-Morales. 1998. Copépoda Calanoida (Crustácea) of Aguascalientes State, México. *Scient. Nat.*, 1:37-68.
- Silva-Briano, M., N.Q. Dieu and H. J. Dumont. 1999. Redescription of *Macrothrix laticornis* (Jurine, 1820), and description of two new species of the *M. laticornis*-group. *Hydrobiologia*, 403:39-61.
- Silva-Briano, M. and H. J. Dumont. 2001. *Wlassicsia*, *Bunops* & *Onchobunops* (Anomopoda), three related genera. *Hidrobiología*, 442(1-3):1-28.
- Silva-Briano, M., R. Rico-Martínez and A. Adabache-Ortiz. 2003. Rotíferos, cladóceros y copépodos del estado de Aguascalientes, México. *Proctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología, AC México.

- Soto, M. 2004. El clima. En: S. Guevara, J. Laborde y G. Sánchez- Ríos (eds). Los Tuxtlas, El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea, Xalapa, Ver. 195-199 pp.
- Suárez-Morales, E., M. L. Segura, and M. A. Fernández. 1986. Diversidad y abundancia del plancton en la Laguna de Catemaco, Veracruz durante un ciclo anual. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 13: 313-316.
- Suárez-Morales, E., Gasca, R., Vásquez-Yeomans, L., Hernández, R. M., González, JI., and Castellanos, I. 1991. Fauna planctónica. Estudios ecológicos preliminares de, la zona sur de Quintana Roo. *CIQRO. Chetumal, Q. Roo*, 92-116.
- Suarez- Morales, E. and R. Gasca-Serrano.1996. Introducción al Estudio del Zooplancton Marino. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) CONACYT. México. 711 pp.
- Suárez-Morales, E. and J.W. Reid. 1998. An updated list of the free-living freshwater copepods (Crustácea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 256-265.
- Suárez-Morales, E. and M.A.Gutiérrez - Aguirre. 2001. Morfología y taxonomía de los Mesocyclops (Crustacea: Copépoda: Ciclopoida) de México. *Conacyt/Ecosur*.
- Torres-Orozco, R. B., C. Jiménez-Sierra, and J. L. Buen- Abad. 1994. Caracterización limnológica de dos cuerpos de agua tropicales de Veracruz, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 21: 107-117.
- Torres-Orozco, R. B., C. Jiménez-Sierra and A. Pérez-Rojas. 1996. Some limnological features of three lakes from Mexican neotropics. *Hidrobiología* 431: 91-99.
- Torres-Orozco, R. B., and S. A. Zanatta. 1998. La composición de especies, abundancia y distribución del zooplancton en un lago tropical eutroficado: Lago de Catemaco, México. *Revista de Biología Tropical* 46(2): 285-296.
- Torres-Orozco, R. B., and A. Pérez-Rojas. 2002. El lago de Catemaco. De la Lanza-Espino, G. y JL García-Calderón (Comps.) *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, SA México, 213-251 pp.
- Vázquez, G., E. Díaz-Pardo, A. Gutiérrez-Hernández, I. Doadrio and A. Sostoa. 2004. Los ríos y los lagos. En: S. Guevara, J. Laborde y G. Sánchez- Ríos (eds). Los Tuxtlas, El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea, Xalapa, Ver. 201-227pp.
- Velázquez, A., J. F. Mas, G. Bocco, and E. Ezcurra. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.

Wang, S., P. Xie, S. Wu and A. Wu. 2007. Crustacean zooplankton distribution patterns and their biomass as related to trophic indicators of 29 shallow subtropical lakes. *Limnologica* 37:242–249.

Wetzel R. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystems*. 3er Edition. Academic Press.

Zakaria, Y.H., Hussien-Ahmed, M. and R. Flower. 2007. Environmental assessment of spatial distribution of zooplankton community in Lake Manzala, Egypt. *Acta Adriatica* 48(2):161-172

Zanatta, S. A., R. B. Torres-Orozco, A. Zavala-Hurtado and M. A. Pérez- Hernández. 2003. Plankton rotifers from a tropical lake: differences in distribution and migration patterns in two mixing events, with similar abiotic condition. *Hidrobiológica* 17(1): 1-10.

Páginas de Internet

www.ibiologia.unam.mx/tuxtlas/tuxtlas.htm

www.conabio.org.mx

www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_cuencas.php

<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/ID-TAX.aspx>

14. ANEXOS

14.1. Metodología para la 3er temporada

Para el muestreo de “Secas-2012”, se muestrearon 5 puntos, se utilizaron 2 redes planctónicas estándar, una de abertura de malla de 80 μ y la otra con abertura de malla de 64 μ . La operación fue la misma para ambas en cada lago. Las redes fueron tiradas por medio de cuerdas para realizar una arrastre vertical desde el fondo (la profundidad del arrastre dependió de cada profundidad del lago en su momento). Se colectó lo que quedó en el copo de la red y fue colocado 2 en frascos de plástico de 250 ml, fueron fijadas con formalina coloreada con rosa de bengala al 10% y rotuladas. Se obtuvieron una final de 60 muestras.

Tabla 25. Coordenadas geográficas de los puntos muestreados

Fecha de recabación de datos	Nombre del Lago	Coordenadas	
30/06/2012 “Secas 2012”	Catemaco	18° 24' 44.34"	95° 5' 51.48"
		18° 24' 50.46"	95° 5' 45.72"
		18° 24' 34.56"	95° 5' 46.98"
		18° 24' 54.12"	95° 6' 30.84"
		18° 24' 46.08"	95° 6' 37.62"
	Chalchoapan	18° 24' 56.7"	95° 7' 57.42"
		18° 24' 59.7"	95° 7' 58.86"
		18° 25' 0"	95° 7' 58.8"
		18° 25' 1.62"	95° 8' 3.48"
		18° 24' 57.84"	95° 8' 3.96"
	Majahual	18° 39' 19.98"	95° 18' 20.58"
		18° 39' 13.32"	95° 18' 22.68"
		18° 39' 16.5"	95° 18' 38.94"
		18° 39' 27.3"	95° 18' 36.12"
		18° 39' 28.2"	95° 18' 22.5"

Tabla 26. Factores limnológicos tomados en la 3ª temporada de estudio

Temporada de muestreo	Lago	Temperatura (°C)	Visibilidad (m)	Profundidad (m)
30/06/2012				
“Secas 2012”	Catemaco	27.5	0.85	21
	Chalchoapan	28	0.2	22
	Majahual	28	1.85	36

14.2 Diversidad

Se muestran los resultados de las 3 temporadas de estudio con los respectivos muestreadores usados en cada temporada de estudio

Tabla 27. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Catemaco

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln (pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln (pi) – (abundancia por su logaritmo)	H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Catemaco Secas 2011 Red plantónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	106	276	0.38	-0.95	-0.36	0.36	1.43
	<i>Epiphanes</i> sp.	7	276	0.02	-3.67	-0.09	0.09	
	<i>Keratella cochlearis</i>	3	276	0.01	-4.52	-0.04	0.04	
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	276	0.00	-4.92	-0.03	0.03	
	<i>Moina micrura</i>	2	276	0.00	-4.92	-0.03	0.03	
	<i>Diacyclops</i> sp.	23	276	0.08	-2.48	-0.20	0.20	
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	40	276	0.14	-1.93	-0.27	0.27	
	Nauplios de copépodos	93	276	0.33	-1.08	-0.36	0.36	
Catemaco Secas 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	250	655	0.31	-0.96	-0.36	0.36	1.30
	<i>Keratella cochlearis</i>	55	655	0.08	-2.43	-0.20	0.20	
	<i>Diacyclops</i> sp.	40	655	0.06	-2.79	-0.17	0.17	
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	50	655	0.07	-2.57	-0.19	0.19	
	Nauplios de copepodos	260	655	0.396	-0.923	-0.366	0.366	

Catemaco Lluvias 2011 Red plantónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	199	442	0.45 0	-0.798	-0.359	- 1	0.359	1.32
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	442	0.00 2	-6.09	-0.013	- 1	0.013	
	<i>Moina micrura</i>	3	442	0.00 6	-4.99	-0.033	- 1	0.033	
	<i>Diacyclops sp.</i>	63	442	0.14 2	-1.94	-0.277	- 1	0.277	
	<i>Mastigodia ptomus albuquerque ensis</i>	77	442	0.17 4	-1.74	-0.304	- 1	0.304	
	Nauplios de copépodos	100	442	0.22 6	-1.48	-0.336	- 1	0.336	
Catemaco Lluvias 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	620	1295	0.47 8	-0.736	-0.352	- 1	0.352	1.23
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1295	0.00 7	-4.86	-0.037	- 1	0.037	
	<i>Diacyclops sp.</i>	235	1295	0.18 1	-1.70	-0.309	- 1	0.309	
	<i>Mastigodia ptomus albuquerque ensis</i>	110	1295	0.08 4	-2.46	-0.209	- 1	0.209	
	Nauplios de copépodos	270	1295	0.20 8	-1.56	-0.326	- 1	0.326	

Tabla 28. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Majahual

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) – (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Majahual Secas 2011 Red planctónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	69	143	0.48	-0.72	-0.35	-1	0.35	1.33
	<i>Epiphanes</i> sp.	1	143	0.00	-4.96	-0.03	-1	0.03	
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	143	0.00	-4.96	-0.03	-1	0.03	
	<i>Moina micrura</i>	1	143	0.00	-4.96	-0.03	-1	0.03	
	<i>Diatocyclops</i> sp.	17	143	0.11	-2.12	-0.25	-1	0.25	
	<i>Mastigodia ptomus albuquerquensis</i>	32	143	0.22	-1.49	-0.33	-1	0.33	
	Nauplios de copépodos	23	143	0.16	-1.82	-0.29	-1	0.29	
Majahual Secas 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	447	716	0.62	-0.47	-0.29	-1	0.29	1.09
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	716	0.00	-4.62	-0.04	-1	0.04	
	<i>Diatocyclops</i> sp.	83	716	0.11	-2.15	-0.24	-1	0.24	
	<i>Mastigodia ptomus albuquerquensis</i>	57	716	0.07	-2.53	-0.20	-1	0.201	
	Nauplios de copépodos	123	716	0.17	-1.76	-0.30	-1	0.30	
Majahual Lluvias 2011 Red planctónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	34	130	0.26	-1.34	-0.35	-1	0.35	1.50
	<i>Keratella cochlearis</i>	16	130	0.12	-2.09	-0.25	-1	0.25	
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	130	0.00	-4.86	-0.03	-1	0.03	
	<i>Diatocyclops</i> sp.	26	130	0.20	-1.60	-0.32	-1	0.32	
	<i>Mastigodia ptomus albuquerquensis</i>	8	130	0.06	-2.78	-0.17	-1	0.17	
	Nauplios de copepodos	43	130	0.33	-1.10	-0.36	-1	0.36	
Majahual Lluvias 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	243	520	0.467	-0.760	-0.355	-1	0.355	1.26
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	520	0.013	-4.30	-0.057	-1	0.057	
	<i>Moina micrura</i>	3	520	0.005	-5.15	-0.029	-1	0.029	

<i>Diatom</i>	100	520	0.192	-1.64	-0.317	-1	0.317	
<i>Mastigodiatom</i>	27	520	0.051	-2.95	-0.153	-1	0.153	
<i>Nauplios de copepodos</i>	140	520	0.269	-1.31	-0.353	-1	0.353	

Tabla 29. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Chalchoapan

Lago	Especie	ni (numero de especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) (abundancia por su logaritmo)	H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)	
Chalchoapan Secas 2011 Red planctónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	137	352	0.38	-0.943	-0.36	-1	0.367	1.51
	<i>Keratella cochlearis</i>	34	352	0.09	-2.337	-0.22	-1	0.225	
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	352	0.00	-5.170	-0.02	-1	0.029	
	<i>Moina micrura</i>	1	352	0.00	-5.863	-0.01	-1	0.016	
	<i>Diatom</i>	50	352	0.14	-1.95	-0.27	-1	0.277	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	37	352	0.10	-2.25	-0.23	-1	0.236	
	Nauplios de copépodos	103	352	0.29	-1.22	-0.35	-1	0.359	
Chalchoapan Secas 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	930	2395	1.29	0.261	0.33	-1	-0.339	1.06
	<i>Keratella cochlearis</i>	455	2395	0.63	-0.453	-0.28	-1	0.288	
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	2395	0.01	-4.271	-0.05	-1	0.059	
	<i>Diatom</i>	155	2395	0.21	-1.530	-0.33		0.331	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	130	2395	0.18	-1.703	-0.30		0.309	
	Nauplios de copépodos	10	2395	0.01	-4.271	-0.05	-1	0.059	
Chalchoapan Lluvias 2011 Red planctónica 80µ	<i>Brachionus angularis</i>	80	867	0.09	-2.38	-0.21	-1	0.219	1.46
	<i>Brachionus havanaensis</i>	386	867	0.44	-0.80	-0.36	-1	0.360	
	<i>Bosmina tubicen</i>	66	867	0.07	-2.57	-0.19	-1	0.196	
	<i>Diatom</i>	53	867	0.06	-2.79	-0.17	-1	0.170	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	52	867	0.05	-2.81	-0.16	-1	0.168	

	s								
	Nauplios de copépodos	230	867	0.26	-1.32	-0.35	-1	0.352	
Chalchoapan Lluvias 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	647	1303	0.49	-0.700	-0.34	-1	0.347	1.24
	<i>Keratella cochlearis</i>	87	1303	0.066	-2.706	-0.18	-1	0.180	
	<i>Bosmina tubicen</i>	13	1303	0.009	-4.60	-0.045	-1	0.045	
	<i>Moina micrura</i>	3	1303	0.002	-6.07	-0.013	-1	0.013	
	<i>Diacyclops</i> sp.	47	1303	0.036	-3.32	-0.119	-1	0.119	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	77	1303	0.059	-2.82	-0.167	-1	0.167	
	Nauplios de copépodos	430	1303	0.330	-1.10	-0.365	-1	0.365	

Tabla 30. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas 2012, para el lago de Catemaco

Lago	Especies	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Estación 1: Catemaco secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	6	221	0.03	-3.61	-0.10	-1	0.10	1.71
	<i>Brachionus havanaensis</i>	6	221	0.03	-3.61	-0.10	-1	0.10	
	<i>Epiphanes</i> sp.	22	221	0.10	-2.31	-0.23	-1	0.23	
	<i>Bosmina tubicen</i>	8	221	0.04	-3.32	-0.12	-1	0.12	
	<i>Moina micrura</i>	10	221	0.05	-3.10	-0.14	-1	0.14	
	<i>Diacyclops</i> sp.	71	221	0.32	-1.14	-0.36	-1	0.36	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	44	221	0.20	-1.61	-0.32	-1	0.32	
	Nauplios de copépodos	53	221	0.24	-1.43	-0.34	-1	0.34	
Estación 2: Catemaco secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	5	174	0.03	-3.55	-0.10	-1	0.10	1.56
	<i>Brachionus havanaensis</i>	27	174	0.16	-1.86	-0.29	-1	0.29	
	<i>Bosmina tubicen</i>	5	174	0.03	-3.55	-0.10	-1	0.10	
	<i>Moina micrura</i>	3	174	0.02	-4.06	-0.07	-1	0.07	
	<i>Diacyclops</i> sp.	68	174	0.39	-0.94	-0.37	-1	0.37	
<i>Mastigodiaptomus</i>	36	174	0.21	-1.58	-0.33	-1	0.33		

[Contribución al Estudio de la Diversidad del Zooplankton en tres Lagos Tropicales y su relación con el Uso de Suelo en los Tuxtlas, Veracruz] Ma. Guadalupe Gutiérrez Quevedo

	<i>albuquerquensis</i>								
	Nauplios de copépodos	30	174	0.17	-1.76	-0.30	-1	0.30	
Estación 3: Catemaco secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	9	110	0.08	-2.50	-0.20	-1	0.20	1.52
	<i>Brachionus havanaensis</i>	10	110	0.09	-2.40	-0.22	-1	0.22	
	<i>Keratella cochlearis</i>	5	110	0.05	-3.09	-0.14	-1	0.14	
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	110	0.02	-4.01	-0.07	-1	0.07	
	<i>Moina micrura</i>	5	110	0.05	-3.09	-0.14	-1	0.14	
	<i>Diatom sp.</i>	37	110	0.34	-1.09	-0.37	-1	0.37	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	42	110	0.38	-0.96	-0.37	-1	0.37	
Estación 4: Catemaco secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	16	246	0.07	-2.73	-0.18	-1	0.18	1.14
	<i>Brachionus havanaensis</i>	161	246	0.65	-0.42	-0.28	-1	0.28	
	<i>Keratella cochlearis</i>	2	246	0.01	-4.81	-0.04	-1	0.04	
	<i>Diatom sp.</i>	14	246	0.06	-2.87	-0.16	-1	0.16	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	28	246	0.11	-2.17	-0.25	-1	0.25	
	Nauplios de copépodos	25	246	0.10	-2.29	-0.23	-1	0.23	
Estación 5: Catemaco secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	19	136	0.14	-1.97	-0.27	-1	0.27	1.73
	<i>Brachionus havanaensis</i>	19	136	0.14	-1.97	-0.27	-1	0.27	
	<i>Epiphanes sp.</i>	7	136	0.05	-2.97	-0.15	-1	0.15	
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	136	0.01	-4.91	-0.04	-1	0.04	
	<i>Diatom sp.</i>	34	136	0.25	-1.39	-0.35	-1	0.35	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	34	136	0.25	-1.39	-0.35	-1	0.35	
	Nauplios de copépodos	23	136	0.17	-1.78	-0.30	-1	0.30	
Estación 1: Catemaco secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	20	677	0.03	-3.52	-0.10	-1	0.10	
	<i>Brachionus havanaensis</i>	426	677	0.63	-0.46	-0.29	-1	0.29	
	<i>Epiphanes sp.</i>	2	677	0.00	-5.82	-0.02	-1	0.02	1.20
	<i>Bosmina tubicen</i>	14	677	0.02	-3.88	-0.08	-1	0.08	
	<i>Moina micrura</i>	146	677	0.22	-1.53	-0.33	-1	0.33	
	<i>Diatom sp.</i>	31	677	0.05	-3.08	-0.14	-1	0.14	

	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	33	677	0.05	-3.02	-0.15	-1	0.15	
	Nauplios de copépodos	15	677	0.02	-3.81	-0.08	-1	0.08	
Estación 2: Catemaco secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	74	714	0.10	-2.27	-0.23	-1	0.23	1.56
	<i>Brachionus havanaensis</i>	170	714	0.24	-1.44	-0.34	-1	0.34	
	<i>Moina micrura</i>	2	714	0.00	-5.88	-0.02	-1	0.02	
	<i>Diatom sp.</i>	168	714	0.24	-1.45	-0.34	-1	0.34	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	209	714	0.29	-1.23	-0.36	-1	0.36	
	Nauplios de copépodos	89	714	0.12	-2.08	-0.26	-1	0.26	
Estación 3: Catemaco secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	36	891	0.04	-3.21	-0.13	-1	0.13	1.39
	<i>Brachionus havanaensis</i>	342	891	0.38	-0.96	-0.37	-1	0.37	
	<i>Epiphanes sp.</i>	2	531	0.00	-5.58	-0.02	-1	0.02	
	<i>Bosmina tubicen</i>	4	891	0.00	-5.41	-0.02	-1	0.02	
	<i>Moina micrura</i>	7	891	0.01	-4.85	-0.04	-1	0.04	
	<i>Diatom sp.</i>	81	891	0.09	-2.40	-0.22	-1	0.22	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	83	891	0.09	-2.37	-0.22	-1	0.22	
	Nauplios de copépodos	336	891	0.38	-0.98	-0.37	-1	0.37	
Estación 4: Catemaco secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	11	531	0.02	-3.88	-0.08	-1	0.08	1.26
	<i>Brachionus havanaensis</i>	300	531	0.56	-0.57	-0.32	-1	0.32	
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	531	0.00	-5.58	-0.02	-1	0.02	
	<i>Moina micrura</i>	12	531	0.02	-3.79	-0.09	-1	0.09	
	<i>Diatom sp.</i>	34	531	0.06	-2.75	-0.18	-1	0.18	
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	58	531	0.11	-2.21	-0.24	-1	0.24	
	Nauplios de copépodos	116	531	0.22	-1.52	-0.33	-1	0.33	
Estación 5: Catemaco secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	9	269	0.03	-3.40	-0.11	-1	0.11	1.13
	<i>Brachionus havanaensis</i>	120	269	0.45	-0.81	-0.36	-1	0.36	
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	269	0.00	-5.59	-0.02	-1	0.02	
	<i>Moina micrura</i>	2	269	0.01	-4.90	-0.04	-1	0.04	

	<i>Diacyclops sp.</i>	11	269	0.04	-3.20	-0.13	-1	0.13	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	8	269	0.03	-3.52	-0.10	-1	0.10	
	Nauplios de copépodos	118	269	0.44	-0.82	-0.36	-1	0.36	

Tabla 31. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas 2012, para el lago de Majahual

Lago	Especies	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Estación 1: Majahual secas 2012 Red planctónica 64 μ	<i>Diacyclops sp.</i>	9	38	0.24	-1.44	-0.34	-1	0.34	0.50
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	2	38	0.05	-2.94	-0.15	-1	0.15	
	Nauplios de copépodos	27	38	0.71	-0.34	-0.24	-1	0.24	
Estación 2: Majahual secas 2012 Red planctónica 64 μ	<i>Diacyclops sp.</i>	1	10	0.10	-2.30	-0.23	-1	0.23	0.55
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	2	10	0.20	-1.61	-0.32	-1	0.32	
Estación 3: Majahual secas 2012 Red planctónica 64 μ	<i>Brachionus havanaensis</i>	6	19	0.32	-1.15	-0.36	-1	0.36	0.87
	<i>Diacyclops sp.</i>	13	19	0.68	-0.38	-0.26	-1	0.26	
	Nauplios de copépodos	7	10	0.70	-0.36	-0.25	-1	0.25	
Estación 4: Majahual secas 2012 Red planctónica 64 μ	<i>Diacyclops sp.</i>	1	4	0.25	-1.39	-0.35	-1	0.35	0.56
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	3	4	0.75	-0.29	-0.22	-1	0.22	
Estación 5: Majahual secas 2012 Red planctónica 64 μ	<i>Diacyclops sp.</i>	1	2	0.50	-0.69	-0.35	-1	0.35	0.70
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	1	2	0.50	-0.69	-0.35	-1	0.35	
Estación 1: Majahual secas 2012 Red planctónica 80 μ	<i>Brachionus angularis</i>	5	106	0.05	-3.05	-0.14	-1	0.14	1.67
	<i>Brachionus havanaensis</i>	25	106	0.24	-1.44	-0.34	-1	0.34	
	<i>Keratella cochlearis</i>	12	106	0.11	-2.18	-0.25	-1	0.25	
	<i>Bosmina tubicen</i>	25	106	0.24	-1.44	-0.34	-1	0.34	
	<i>Diacyclops sp.</i>	8	106	0.08	-2.58	-0.20	-1	0.20	

	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	30	106	0.28	-1.26	-0.36	-1	0.36	
	<i>Nauplios de copépodos</i>	1	106	0.01	-4.66	-0.04	-1	0.04	
Estación 2: Majahual secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	5	27	0.19	-1.69	-0.31	-1	0.31	1.04
	<i>Diatoms</i>	10	27	0.37	-0.99	-0.37	-1	0.37	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	12	27	0.44	-0.81	-0.36	-1	0.36	
Estación 3: Majahual secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	13	35	0.37	-0.99	-0.37	-1	0.37	1.31
	<i>Diatoms</i>	8	35	0.23	-1.48	-0.34	-1	0.34	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	5	35	0.14	-1.95	-0.28	-1	0.28	
	<i>Nauplios de copépodos</i>	7	35	0.20	-1.61	-0.32	-1	0.32	
Estación 4: Majahual secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	7	23	0.30	-1.19	-0.36	-1	0.36	1.35
	<i>Diatoms</i>	4	23	0.17	-1.75	-0.30	-1	0.30	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	5	23	0.22	-1.53	-0.33	-1	0.33	
	<i>Nauplios de copépodos</i>	6	23	0.26	-1.34	-0.35	-1	0.35	
Estación 5: Majahual secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Keratella cochlearis</i>	2	18	0.11	-2.20	-0.24	-1	0.24	1.32
	<i>Diatoms</i>	5	18	0.28	-1.28	-0.36	-1	0.36	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	5	18	0.28	-1.28	-0.36	-1	0.36	
	<i>Nauplios de copépodos</i>	6	18	0.33	-1.10	-0.37	-1	0.37	

Tabla 32. Resultados del Índice de Shannon para el periodo de Secas 2012, para el lago de Chalchoapan

Lago	Especies	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	Pi (abundancia)	Ln(pi) (logaritmo de abundancia)	pi* Ln(pi) (abundancia por su logaritmo)		H (Índice de Shannon)	ΣH Lago (sumatoria del Índice de Shannon)
Estación 1: Chalchoapan secas 2012 Red	<i>Brachionus havanaensis</i>	26	70	0.37	-0.99	-0.37	-1	0.37	1.45
	<i>Keratella cochlearis</i>	1	70	0.01	-4.25	-0.06	-1	0.06	

planctónica 80 µ	<i>Diatom sp.</i>	7	70	0.10	-2.30	-0.23	-1	0.23	
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	70	0.01	-4.25	-0.06	-1	0.06	
	<i>Moina micrura</i>	1	70	0.01	-4.25	-0.06	-1	0.06	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	12	70	0.17	-1.76	-0.30	-1	0.30	
	Nauplios de copépodos	23	70	0.33	-1.11	-0.37	-1	0.37	
Estación 2: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	105	154	0.68	-0.38	-0.26	-1	0.26	0.90
	<i>Diatom sp.</i>	7	154	0.05	-3.09	-0.14	-1	0.14	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	9	154	0.06	-2.84	-0.17	-1	0.17	
	Nauplios de copépodos	33	154	0.21	-1.54	-0.33	-1	0.33	
Estación 3: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	140	155	0.90	-0.10	-0.09	-1	0.09	0.40
	<i>Diatom sp.</i>	3	155	0.02	-3.94	-0.08	-1	0.08	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	4	155	0.03	-3.66	-0.09	-1	0.09	
	Nauplios de copépodos	7	155	0.05	-3.10	-0.14	-1	0.14	
Estación 4: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	75	90	0.83	-0.18	-0.15	-1	0.15	0.64
	<i>Diatom sp.</i>	3	90	0.03	-3.40	-0.11	-1	0.11	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	3	90	0.03	-3.40	-0.11	-1	0.11	
	Nauplios de copépodos	11	90	0.12	-2.10	-0.26	-1	0.26	
Estación 5: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	19	36	0.53	-0.64	-0.34	-1	0.34	
	<i>Keratella cochlearis</i>	2	36	0.06	-2.89	-0.16	-1	0.16	1.25
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	9	36	0.25	-1.39	-0.35	-1	0.35	
	<i>Diatom sp.</i>	2	36	0.06	-2.89	-0.16	-1	0.16	
	Nauplios de copépodos	4	36	0.11	-2.20	-0.24	-1	0.24	
Estación 1: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	26	93	0.28	-1.27	-0.36	-1	0.36	1.47
	<i>Keratella cochlearis</i>	1	93	0.01	-4.53	-0.05	-1	0.05	
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	93	0.01	-4.53	-0.05	-1	0.05	
	<i>Diatom sp.</i>	21	93	0.23	-1.49	-0.34	-1	0.34	

	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	20	93	0.22	-1.54	-0.33	-1	0.33	
	Nauplios de copépodos	25	93	0.27	-1.31	-0.35	-1	0.35	
Estación 2: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	24	56	0.43	-0.85	-0.36	-1	0.36	0.68
	Nauplios de copépodos	32	56	0.57	-0.56	-0.32	-1	0.32	
Estación 3: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Diatom sp.</i>	9	51	0.18	-1.73	-0.31	-1	0.31	1.04
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	20	51	0.39	-0.94	-0.37	-1	0.37	
	Nauplios de copépodos	21	51	0.41	-0.89	-0.37	-1	0.37	
Estación 4: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	21	38	0.55	-0.59	-0.33	-1	0.33	0.99
	<i>Diatom sp.</i>	1	38	0.03	-3.64	-0.10	-1	0.10	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	3	38	0.08	-2.54	-0.20	-1	0.20	
	Nauplios de copépodos	12	38	0.32	-1.15	-0.36	-1	0.36	
Estación 5: Chalchoapan secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	3	9	0.33	-1.10	-0.37	-1	0.37	1.06
	<i>Diatom sp.</i>	2	9	0.22	-1.50	-0.33	-1	0.33	
	<i>Mastigodiaptomus albuquerquensis</i>	4	9	0.44	-0.81	-0.36	-1	0.36	

14.3. Dominancia

Se muestran los resultados de las 3 temporadas de estudio con los respectivos muestreadores usados en cada temporada de estudio

Tabla 33. Resultados de Índice de Simpson para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Catemaco

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Catemaco Secas 2011 Red plantónico a 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	106	276	0.384	0.147
	<i>Epiphanes</i> sp.	7	276	0.025	0.000
	<i>Keratella cochlearis</i> .	3	276	0.010	0.000
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	276	0.007	0.000
	<i>Moina micrura</i>	2	276	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	23	276	0.083	0.006
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	40	276	0.144	0.021
	Nauplios de copépodos	93	276	0.336	0.113
Catemaco Secas 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	250	655	0.381	0.145
	<i>Keratella cochlearis</i>	55	655	0.083	0.007
	<i>Diacyclops</i> sp.	40	655	0.061	0.003
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	50	655	0.076	0.005
	Nauplios de copépodos	260	655	0.396	0.157
Catemaco Lluvias 2011 Red plantónico a 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	199	442	0.450	0.202
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	442	0.002	0.000
	<i>Moina micrura</i>	3	442	0.006	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	63	442	0.142	0.020
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	77	442	0.174	0.030
	Nauplios de copépodos	100	442	0.226	0.051
Catemaco Lluvias	<i>Brachionus havanaensis</i>	620	1295	0.478	0.229

2011 Schindler -trap 63µ r-trap	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1295	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	235	1295	0.181	0.032
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	110	1295	0.084	0.007
	Nauplios de copépodos	270	1295	0.208	0.043

Tabla 34. Resultados de Índice de Simpson para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Chalchoapan

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Chalchoapan Secas 2011 Red plantónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	137	352	0.389	0.151
	<i>Keratella cochlearis</i>	34	352	0.096	0.009
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	352	0.005	0.000
	<i>Moina micrura</i>	1	352	0.002	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	50	352	0.142	0.020
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	37	352	0.105	0.011
	Nauplios de copépodos	103	352	0.292	0.085
Chalchoapan Secas 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	930	716	1.29	1.68
	<i>Keratella</i> sp.	455	716	0.635	0.403
	<i>Bosmina tubicen</i>	10	716	0.013	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	155	716	0.216	0.046
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	130	716	0.181	0.032
	Nauplios de copépodos	10	716	0.013	0.000
Chalchoapan Lluvias 2011 Red plantónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	80	867	0.092	0.008
	<i>Brachionus havanaensis</i>	386	867	0.445	0.198
	<i>Bosmina tubicen</i>	66	867	0.076	0.005
	<i>Diacyclops</i> sp.	53	867	0.061	0.003
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	52	867	0.059	0.003
	Nauplios de copépodos	230	867	0.265	0.070
Chalchoapan Lluvias 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	647	1303	0.496	0.246
	<i>Keratella cochlearis</i>	87	1303	0.066	0.004

	<i>Bosmina tubicen</i>	13	1303	0.009	0.000
	<i>Moina micrura</i>	3	1303	0.002	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	47	1303	0.036	0.001
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	77	1303	0.059	0.003
	Nauplios de copépodos	430	1303	0.330	0.108

Tabla 35. Resultados de Índice de Simpson para el periodo de Secas y Lluvias 2011, para el lago de Majahual

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Majahual Secas 2011 Red plantónica 80µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	69	143	0.482	0.232
	<i>Epiphanes</i> sp.	1	143	0.006	0.000
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	143	0.006	0.000
	<i>Moina micrura</i>	1	143	0.006	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	17	143	0.118	0.014
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	32	143	0.223	0.050
	Nauplios de copépodos	23	143	0.160	0.025
Majahual Secas 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	447	716	0.624	0.389
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	716	0.009	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	83	716	0.115	0.013
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	57	716	0.079	0.006
	Nauplios de copépodos	123	716	0.171	0.029
Majahual Lluvias 2011 Red plantónica 80µ	<i>Brachionus angularis</i>	16	130	0.123	0.015
	<i>Brachionus havanaensis</i>	34	130	0.261	0.068
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	130	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	26	130	0.200	0.040
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	8	130	0.061	0.003
	Nauplios de copépodos	43	130	0.330	0.109
Majahual Lluvias 2011 Schindler-trap 63µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	243	520	0.467	0.218
	<i>Bosmina tubicen</i>	7	520	0.013	0.000
	<i>Moina micrura</i>	3	520	0.005	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	100	520	0.192	0.036

	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	27	520	0.051	0.002
	Nauplios de copépodos	140	520	0.269	0.072

Tabla 36. Resultados del Índice de Simpson para el periodo de Secas 2012, para el lago de Catemaco

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Estación 1 : Catemaco Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	6	221	0.027	0.000
	<i>Brachionus havanaensis</i>	6	221	0.027	0.000
	<i>Epiphanes</i> sp.	22	221	0.099	0.009
	<i>Bosmina tubicen</i>	8	221	0.036	0.001
	<i>Moina micrura</i>	10	221	0.045	0.002
	<i>Diacyclops</i> sp.	71	221	0.321	0.103
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	44	221	0.199	0.039
	Nauplios de copépodos	53	221	0.239	0.057
Estación 2 : Catemaco Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	5	174	0.028	0.000
	<i>Brachionus havanaensis</i>	27	174	0.155	0.024
	<i>Bosmina tubicen</i>	5	174	0.028	0.000
	<i>Moina micrura</i>	3	174	0.017	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	68	174	0.390	0.152
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	36	174	0.206	0.042
		Nauplios de copépodos	30	174	0.172
Estación 3: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	9	110	0.081	0.006
	<i>Brachionus havanaensis</i>	10	110	0.090	0.008
	<i>Keratella cochlearis</i>	5	110	0.045	0.002
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	110	0.018	0.000
	<i>Moina micrura</i>	5	110	0.045	0.002
	<i>Diacyclops</i> sp.	37	110	0.336	0.113
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	42	110	0.381	0.145
Estación 4: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus angularis</i>	16	246	0.065	0.004
	<i>Brachionus havanaensis</i>	161	246	0.654	0.428
	<i>Keratella cochlearis</i>	2	246	0.008	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	14	246	0.056	0.003
	<i>Mastigodiptomus</i>	28	246	0.113	0.012

	<i>albuquerquensis</i>				
	Nauplios de copépodos	25	246	0.101	0.010
Estación 5: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 64 μ	<i>Brachionus angularis</i>	19	136	0.139	0.019
	<i>Brachionus havanaensis</i>	19	136	0.139	0.019
	<i>Epiphanes</i> sp.	7	136	0.051	0.002
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	136	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	34	136	0.250	0.062
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	34	136	0.250	0.062
	Nauplios de copépodos	23	136	0.169	0.028
	Estación 1: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 80 μ	<i>Brachionus angularis</i>	20	677	0.029
<i>Brachionus havanaensis</i>		426	677	0.629	0.395
<i>Epiphanes</i> sp.		2	677	0.002	0.000
<i>Bosmina tubicen</i>		14	677	0.020	0.000
<i>Moina micrura</i>		146	677	0.215	0.046
<i>Diacyclops</i> sp.		31	677	0.045	0.002
<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>		33	677	0.048	0.002
Nauplios de copépodos		15	677	0.022	0.000
Estación 2: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 80 μ	<i>Brachionus angularis</i>	74	714	0.103	0.010
	<i>Brachionus havanaensis</i>	170	714	0.238	0.056
	<i>Moina micrura</i>	2	714	0.002	0.00
	<i>Diacyclops</i> sp.	168	714	0.235	0.055
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	209	714	0.292	0.085
	Nauplios de copépodos	89	714	0.124	0.015
Estación 3: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 80 μ	<i>Brachionus angularis</i>	36	891	0.040	0.001
	<i>Brachionus havanaensis</i>	342	891	0.383	0.147
	<i>Epiphanes</i> sp.	2	531	0.003	0.00
	<i>Bosmina tubicen</i>	4	891	0.004	0.000
	<i>Moina micrura</i>	7	891	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	81	891	0.090	0.008
	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	83	891	0.093	0.008
	Nauplios de copépodos	336	891	0.377	0.142
Estación 4: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 80 μ	<i>Brachionus angularis</i>	11	531	0.020	0.000
	<i>Brachionus havanaensis</i>	300	531	0.564	0.319
	<i>Bosmina tubicen</i>	2	531	0.003	0.000
	<i>Moina micrura</i>	12	531	0.022	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	34	531	0.064	0.004
	<i>Mastigodiptomus</i>	58	531	0.109	0.011

	<i>albuquerquensis</i>				
	Nauplios de copépodos	116	531	0.218	0.047
Estación 5: Catemaco Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	9	269	0.033	0.001
	<i>Brachionus havanaensis</i>	120	269	0.446	0.199
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	269	0.003	0.000
	<i>Moina micrura</i>	2	269	0.007	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	11	269	0.040	0.001
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	8	269	0.029	0.000
	Nauplios de copépodos	118	269	0.438	0.192

Tabla 37. Resultados del Índice de Simpson para el periodo de Secas 2012, para el lago de Majahual

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Estación 1: Majahual Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Diacyclops</i> sp.	9	38	0.236	0.05609
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	2	38	0.052	0.00277
	Nauplios de copépodos	27	38	0.710	0.50485
Estación 2: Majahual Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Diacyclops</i> sp.	1	10	0.100	0.010
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	2	10	0.200	0.040
	Nauplios de copépodos	7	10	0.700	0.490
Estación 3: Majahual Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	6	19	0.315	0.099
	<i>Diacyclops</i> sp.	13	19	0.684	0.468
Estación 4: Majahual Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Diacyclops</i> sp.	1	4	0.25	0.062
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	3	4	0.75	0.562
Estación 5: Majahual Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Diacyclops</i> sp.	1	2	0.500	0.250
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	1	2	0.500	0.250
Estación 1: Majahual Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus angularis</i>	5	106	0.047	0.002
	<i>Brachionus havanaensis</i>	25	106	0.235	0.055
	<i>Keratella cochlearis</i>	12	106	0.113	0.01
	<i>Bosmina tubicen</i>	25	106	0.235	0.055
	<i>Diacyclops</i> sp.	8	106	0.075	0.005
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	30	106	0.283	0.080
	Nauplios de copépodos	1	106	0.009	0.000
Estación 2: Majahual Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	5	27	0.185	0.034
	<i>Diacyclops</i> sp.	10	27	0.370	0.137
	<i>Mastigodiatomus</i>	12	27	0.444	0.197

	<i>albuquerqueensis</i>				
Estación 3: Majahual Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	13	35	0.371	0.137
	<i>Diatom sp.</i>	8	35	0.228	0.052
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	5	35	0.142	0.020
	Nauplios de copépodos	7	35	0.20	0.040
Estación 4: Majahual Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	7	23	0.304	0.092
	<i>Diatom sp.</i>	4	23	0.173	0.030
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	5	23	0.217	0.047
	Nauplios de copépodos	6	23	0.260	0.068
Estación 5: Majahual Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Keratella cochlearis</i>	2	18	0.111	0.0123
	<i>Diatom sp.</i>	5	18	0.277	0.077
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	5	18	0.277	0.077
	Nauplios de copépodos	6	18	0.333	0.11

Tabla 38. Resultados del Índice de Simpson para el periodo de Secas 2012, para el lago de Chalchoapan

Lago	Especie	ni (número de especies)	N (número total de organismos)	pi (abundancia)	pi ² (abundancia al cuadrado)
Estación 1: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	26	70	0.371	0.137
	<i>Keratella cochlearis</i>	1	70	0.014	0.000
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	70	0.014	0.00
	<i>Moina micrura</i>	1	70	0.014	0.000
	<i>Diatom sp.</i>	7	70	0.1	0.010
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	12	70	0.171	0.029
	Nauplios de copépodos	23	70	0.328	0.107
Estación 2: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	105	154	0.681	0.464
	<i>Diatom sp.</i>	7	154	0.045	0.002
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	9	154	0.058	0.003
	Nauplios de copépodos	33	154	0.214	0.045
Estación 3: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	140	155	0.903	0.815
	<i>Diatom sp.</i>	3	155	0.019	0.000
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	4	155	0.025	0.000
	Nauplios de copépodos	7	155	0.045	0.002
Estación 4: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	75	90	0.833	0.694
	<i>Diatom sp.</i>	3	90	0.033	0.001
	<i>Mastigodiatomus albuquerqueensis</i>	3	90	0.033	0.001
	Nauplios de copépodos	11	90	0.122	0.014
Estación 5: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 80 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	19	36	0.527	0.278
	<i>Keratella cochlearis</i>	2	36	0.055	0.003
	<i>Diatom sp.</i>	2	36	0.055	0.003
	<i>Mastigodiatomus</i>	9	36	0.25	0.062

	<i>albuquerquensis</i>				
	Nauplios de copépodos	4	36	0.111	0.012
Estación 1: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	26	93	0.279	0.078
	<i>Keratella cochlearis</i>	1	93	0.010	0.000
	<i>Bosmina tubicen</i>	1	93	0.010	0.000
	<i>Diacyclops</i> sp.	21	93	0.225	0.050
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	20	93	0.215	0.046
	Nauplios de copépodos	25	93	0.268	0.072
Estación 2: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	24	56	0.428	0.183
	Nauplios de copépodos	32	56	0.571	0.326
Estación 3: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Diacyclops</i> sp.	9	51	0.176	0.031
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	20	51	0.392	0.153
	Nauplios de copépodos	21	51	0.411	0.169
Estación 4: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	21	38	0.552	0.305
	<i>Diacyclops</i> sp.	1	38	0.026	0.000
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	3	38	0.078	0.006
	Nauplios de copépodos	12	38	0.315	0.099
Estación 5: Chalchoapan Secas 2012 Red planctónica 64 µ	<i>Brachionus havanaensis</i>	3	9	0.333	0.111
	<i>Diacyclops</i> sp.	2	9	0.222	0.049
	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	4	9	0.444	0.197

14.4. Abundancia

Se muestran los resultados de las 3 temporadas de estudio con los respectivos muestreadores usados en cada temporada de estudio

Tabla 39. Abundancias Secas y Lluvias 2011, en los lagos de Catemaco, Chalchoapan y Majahual. Se presentan los datos de acuerdo al muestreador utilizado (Red planctónica de 80µ y Trampa Schindler-trap)

Temporada de muestreo: Secas (Junio-2011)	Taxón	Abundancia Org l ⁻¹	Abundancia relativa %
Majahual: Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	69	48
Rotífera	<i>Epiphanes</i> sp.	1	1
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	1	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	17	12
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	32	22
Copépoda	<i>Nauplios</i>	23	16
	Total	143	

Majahual: Schindler-trap 63μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	447	62
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	7	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	83	12
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	57	8
Copépoda	<i>Nauplios</i>	123	17
	Total	716	
Chalchoapan: Red 80μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	137	39
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	24	7
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	2	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	50	14
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	37	11
Copépoda	<i>Nauplios</i>	103	29
	Total	352	
Chalchoapan: Schindler-trap 63μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	930	39
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	455	19
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	155	6
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	130	5
Copépoda	<i>Nauplios</i>	715	30
	Total	2395	
Catemaco: Red 80μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	106	38
Rotífera	<i>Epiphanes</i> sp.	7	3
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	3	1
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	2	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	2	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	23	9
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	40	15
Copépoda	<i>Nauplios</i>	93	34
	Total	276	
Catemaco: Schindler-trap 63μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	250	38
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	55	8

Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	40	6
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	50	8
Copépoda	<i>Nauplios</i>	260	40
	Total	655	

Periodo de muestreo: Lluvias (Octubre-2011)	Taxón	Abundancia Org l ⁻¹	Abundancia relativa %
Majahual: Red 80 µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	16	12
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	34	26
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	2	2
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	26	20
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	8	6
Copépoda	<i>Nauplios</i>	43	33
	Total	130	
Majahual: Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	243	47
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	7	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	3	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	100	19
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	27	5
Copépoda	<i>Nauplios</i>	140	27
	Total	520	
Chalchoapan: Red 80 µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	80	9
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	386	45
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	66	8
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	53	6
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	52	6
Copépoda	<i>Nauplios</i>	230	27
	Total	867	
Chalchoapan : Schindler-trap 63µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	647	50
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	87	7
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	13	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	3	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	47	4
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	77	6
Copépoda	<i>Nauplios</i>	430	33
	Total	1303	

Catemaco: Red 80 μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	199	45
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	3	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	63	14
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	77	17
Copépoda	<i>Nauplios</i>	100	22
	Total	442	
Catemaco: Schindler-trap 63μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	620	50
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	10	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	235	19
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	110	9
Copépoda	<i>Nauplios</i>	270	21
	Total	1245	

Tabla 40. Abundancias para periodo de Secas 2012, en los lagos de Catemaco, Chalchoapan y Majahual. Se presentan los datos de acuerdo al muestreador utilizado (Red planctónica de 80 μ y 64 μ).

Periodo de muestreo: Secas(junio-2012)	Taxón	Abundancia Org l ⁻¹	Abundancia relativa %
Estación 1:Catemaco Red 64μ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	6	3
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	6	3
Rotífera	<i>Epiphanes</i> sp.	22	10
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	8	4
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	10	5
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	71	32
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	44	20
Copépoda	<i>Nauplios</i>	53	24
	Total	221	
Estación 2:Catemaco Red 64μ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	5	3
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	27	16
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	5	3
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	3	2
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	68	39
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	36	21
Copépoda	<i>Nauplios</i>	30	17
	Total	174	

Estación 3: Catemaco Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	9	8
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	10	9
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	5	5
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	2	2
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	5	5
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	37	34
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	42	38
	Total	110	
Estación 4: Catemaco Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	16	7
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	161	65
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	2	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	14	6
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	28	11
Copépoda	<i>Nauplios</i>	25	10
	Total	246	
Estación 5: Catemaco Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	19	14
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	19	14
Rotífera	<i>Epiphanes</i> sp.	7	5
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	34	25
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	34	25
Copépoda	<i>Nauplios</i>	23	17
	Total	136	
Estación 1: Catemaco Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	20	3
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	426	63
Rotífera	<i>Epiphanes</i> sp.	2	1
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	14	2
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	5	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	31	5
Copépoda	<i>Nauplios</i>	146	22
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	33	5

	Total	677	
Estación 2: Catemaco Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	74	10
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	171	24
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	2	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	168	24
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	209	30
Copépoda	<i>Nauplios</i>	89	12
	Total	714	
Estación 3: Catemaco Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	36	4
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	342	38
Rotífera	<i>Epiphanes</i> sp	2	1
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	4	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	7	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	81	9
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	83	9
Copépoda	<i>Nauplios</i>	336	37
	Total	891	
Estación 4: Catemaco Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	11	2
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	300	57
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	2	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	12	2
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	34	7
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	58	11
Copépoda	<i>Nauplios</i>	116	22
	Total	531	
Estación 5: Catemaco Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	9	3
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	120	44
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	1	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	2	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	11	4
Copépoda	<i>Mastigodiptomus albuquerquensis</i>	8	3
Copépoda	<i>Nauplios</i>	118	44
	Total	269	

Estación 1: Majahual Red 64μ			
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	9	24
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	2	5
Copépoda	<i>Nauplios</i>	27	71
	Total	38	
Estación 2: Majahual Red 64μ			
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	1	10
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	2	20
Copépoda	<i>Nauplios</i>	7	70
	Total	10	
Estación 3: Majahual Red 64μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	6	32
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	13	68
	Total	19	
Estación 4: Majahual Red 64μ			
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	1	25
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	3	75
	Total	4	
Estación 5: Majahual Red 64μ			
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	1	50
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	1	50
	Total	2	
Estación 1: Majahual Red 80μ			
Rotífera	<i>Brachionus angularis</i>	5	5
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	25	24
Rotífera	<i>Keratella</i> sp.	12	11
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	8	8
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	30	28
Copépoda	<i>Nauplios</i>	25	24
	Total	106	
Estación 2: Majahual Red 80μ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	5	19
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	10	37
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	12	45

	Total	27	
Estación 3: Majahual Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	13	36
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	8	22
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	5	14
Copépoda	<i>Nauplios</i>	10	28
	Total	36	
Estación 4: Majahual Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	7	30
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	4	17
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	5	22
Copépoda	<i>Nauplios</i>	6	26
	Total	22	
Estación 5: Majahual Red 80µ			
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	2	11
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	5	28
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	5	28
Copépoda	<i>Nauplios</i>	6	33
	Total	18	
Estación 1: Chalchoapan Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	26	28
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	1	1
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	1	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	21	23
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	20	22
Copépoda	<i>Nauplios</i>	25	27
	Total	93	
Estación 2: Chalchoapan Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	24	43
Copépoda	<i>Nauplios</i>	32	57
	Total	56	
Estación 3: Chalchoapan Red 64µ			
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	9	18
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	20	39
Copépoda	<i>Nauplios</i>	21	41

	Total	51	
Estación 4: Chalchoapan Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	21	55
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	1	3
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	3	8
Copépoda	<i>Nauplios</i>	12	32
	Total	38	
Estación 5: Chalchoapan Red 64µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	3	33
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	2	22
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	12	17
	Total	9	
Estación 1: Chalchoapan Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	26	37
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	1	1
Cladóceras	<i>Bosmina tubicen</i>	1	1
Cladóceras	<i>Moina micrura</i>	1	1
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	7	10
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	4	44
Copépoda	<i>Nauplios</i>	23	33
	Total	70	
Estación 2: Chalchoapan Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	104	68
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp	7	5
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	9	6
Copépoda	<i>Nauplios</i>	33	21
	Total	154	
Estación 3: Chalchoapan Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	140	90
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	3	2
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	4	3
Copépoda	<i>Nauplios</i>	7	5
	Total	155	
Estación 4: Chalchoapan Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	73	81

Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	3	3
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	3	3
Copépoda	<i>Nauplios</i>	11	12
	Total	90	
Estación 5: Chalchoapan			
Red 80µ			
Rotífera	<i>Brachionus havanaensis</i>	19	53
Rotífera	<i>Keratella cochlearis</i>	2	6
Copépoda	<i>Diacyclops</i> sp.	2	6
Copépoda	<i>Mastigodiatomus albuquerquensis</i>	9	25
Copépoda	<i>Nauplios</i>	4	11
	Total	36	

14.5. Biomasa

Se muestran los resultados de las 3 temporadas de estudio con los respectivos muestreadores usados en cada temporada de estudio.

Tabla 41. Biomasa de zooplancton en periodo de Secas y Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan

Periodo de Secas 2011	Biomasa ug/m3	Periodo de Lluvias 2011	Biomasa ug/m3
Catemaco Schindler-trap	83,000	Catemaco Schindler-trap	182,000
Catemaco Red planctónica 80µ	17,000	Catemaco Red planctónica 80µ	60,000
Chalchoapan Schindler-trap	423,000	Chalchoapan Schindler-trap	93,000
Chalchoapan Red planctónica 80µ	51,000	Chalchoapan Red planctónica 80µ	82,000
Majahual Schindler-trap	91,000	Majahual Schindler-trap	30,000
Majahual Red planctónica 80µ	17,000	Majahual Red planctónica 80µ	9,000

Tabla 42. Biomasa de zooplancton en periodo de Secas 2012 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan

Periodo de Secas 2012	Biomasa ug/m3	Periodo de Secas 2012	Biomasa ug/m3
Catemaco 1 64 µ	47,000	Majahual 1 64 µ	32,000
Catemaco 2 64 µ	31,000	Majahual 2 64 µ	17,000
Catemaco 3 64 µ	26,000	Majahual 3 64 µ	19,000
Catemaco 4 64 µ	55,000	Majahual 4 64 µ	10,000
Catemaco 5 64 µ	29,000	Majahual 5 64 µ	5,000
Catemaco 1 80 µ	83,000	Majahual 1 80 µ	55,000

Catemaco 2 80 μ	86,000	Majahual 2 80 μ	23,000
Catemaco 3 80 μ	96,000	Majahual 3 80 μ	29,000
Catemaco 4 80 μ	77,000	Majahual 4 80 μ	20,000
Catemaco 5 80 μ	64,000	Majahual 5 80 μ	13,000

Relacion peso-abundancia

Tabla 43. Conversiones de relacion peso-abundancia de las especies encontradas del zooplancton en los lagos de Catemaco, Chalchoapan y Majahual.

Lagos	Taxones	Abundancia	Peso del org.	Conversion
Majahual	Mastigodiatomus albuquerquensis	57	5.6	319.2
Secas	Diatom sp.	83	3.5	290.5
	nauplios	123	0.082	10.086
	Brachionus havanaensis	447	0.145	64.815
	Bosmina tubicen	7	0.325	2.275
		716		686.876
Chalchoapan	Mastigodiatomus albuquerquensis	130	5.6	728
Secas	Diatom sp.	155	3.5	542.5
	Larvas nauplios de copepodos	715	0.082	58.63
	Brachionus havanaensis	930	0.145	134.85
	Bosmina tubicen	10	0.325	3.25
	Keratella sp.	455	0.003	1.365
		2395		1468.595
Catemaco	Mastigodiatomus albuquerquensis	50	5.6	280
Secas	Diatom sp.	40	3.5	140
	nauplios	260	0.082	21.32
	Brachionus havanaensis	250	0.145	36.25
	Keratella sp.	55	0.003	0.165
		655		477.735
Majahual	Mastigodiatomus albuquerquensis	27	5.6	151.2
Lluvias	Diatom sp.	100	3.5	350
	nauplios	140	0.082	11.48
	Brachionus havanaensis	243	0.145	35.235
	Bosmina tubicen	7	0.325	2.275
	Moina micrura	3	0.5	1.5
		520		551.69
Chalchoapan	Mastigodiatomus albuquerquensis	77	5.6	431.2
Lluvias	Diatom sp.	47	3.5	164.5
	nauplios	430	0.082	35.26
	Brachionus havanaensis	647	0.145	93.815

	Keratella sp.	87	0.003	0.261
	Bosmina tubicen	13	0.325	4.225
	Moina micrura	3	0.5	1.5
		1303		730.761
Catemaco	Mastigodiatomus albuquerquensis	110	5.6	616
Lluvias	Diacyclops sp.	235	3.5	822.5
	nauplios	270	0.082	22.14
	Brachionus havanaensis	620	0.145	89.9
	Bosmina tubicen	10	0.325	3.25
		1245		1553.79

14.6. Equidad

Se muestran los resultados de las 3 temporadas de estudio con los respectivos muestreadores usados en cada temporada de estudio

Tabla 44. Resultados de Índice de Equidad de Shannon para el periodo de Secas y Lluvias 2011 en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan

Índice de Equidad				
Secas 2011-Red planctónica				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco	1.434	8	2.07944154	0.68960823
Majahual	1.337	7	1.94591015	0.68708208
Chalchoapan	1.512	7	1.94591015	0.77701429
Secas 2011-Schindler-trap				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco	1.309	5	1.60943791	0.81332743
Majahual	1.093	5	1.60943791	0.67911908
Chalchoapan	0.708	6	1.79175947	0.39514232
Lluvias 2011- Red-planctónica				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco	1.325	6	1.79175947	0.73949658
Majahual	1.505	7	1.94591015	0.77341701
Chalchoapan	1.467	6	1.79175947	0.81874829
Lluvias 2011- Schindler-trap				
Lago	H	S	Ins	E

Catemaco	1.236	5	1.60943791	0.76796998
Majahual	1.267	6	1.79175947	0.70712616
Chalchoapan	1.241	7	1.94591015	0.63774784

Tabla 45. Resultados de Índice de Equidad de Shannon para el periodo de Secas 2012, en los lagos de Catemaco, Majahual y Chalchoapan

Índice de Equidad				
Secas 2012-Red planctónica 64				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco 1	1.714	8	2.07944154	0.82425977
Catemaco 2	1.559	7	1.94591015	0.80116752
Catemaco 3	1.51	7	1.94591015	0.7759865
Catemaco 4	1.1371	6	1.79175947	0.63462759
Catemaco 5	1.732	7	1.94591015	0.89007193
Majahual 1	0.496	3	1.09861229	0.45147866
Majahual 2	0.552	3	1.09861229	0.50245205
Majahual 3	0.873	2	0.69314718	1.25947277
Majahual 4	0.562	2	0.69314718	0.81079461
Majahual 5	0.693	2	0.69314718	0.99978766
Chalchoapan 1	1.473	6	1.79175947	0.82209695
Chalchoapan 2	0.682	2	0.69314718	0.98391802
Chalchoapan 3	0.038	3	1.09861229	0.03458909
Chalchoapan 4	0.987	4	1.38629436	0.71197
Chalchoapan 5	1.06	3	1.09861229	0.96485358
Secas 2012-Red planctónica 80				
Lago	H	S	Ins	E
Catemaco 1	1.196	8	2.07944154	0.57515442
Catemaco 2	1.552	6	1.79175947	0.86618769
Catemaco 3	1.387	8	2.07944154	0.66700601
Catemaco 4	1.125	7	1.94591015	0.57813564
Catemaco 5	1.127	7	1.94591015	0.57916343
Majahual 1	1.668	6	1.79175947	0.93092853
Majahual 2	1.04	3	1.09861229	0.9466488
Majahual 3	1.305	4	1.38629436	0.94135851
Majahual 4	1.348	4	1.38629436	0.97237646
Majahual 5	1.321	4	1.38629436	0.95290007
Chalchoapan 1	1.448	7	1.94591015	0.7441248
Chalchoapan 2	0.897	4	1.38629436	0.64704873

Chalchoapan 3	0.402	4	1.38629436	0.2899817
Chalchoapan 4	0.635	4	1.38629436	0.45805568
Chalchoapan 5	1.249	5	1.60943791	0.77604733

Tabla 46. Correlación de Pearson de las Características del Suelo y Descriptores biológicos en los 3 periodos de estudio

CORRELACION DE PEARSON $p < 0.05$						
Periodo de muestreos	Descriptores Biológicos	Características del Uso de Suelo				
		Sup. Total de aporte	Sup. Agrícola	Sup. Cuerpo de agua	Población de la Cuenca	Relación Suelo-Agua
Secas 2011	Diversidad	0.39	0.40	0.37	0.37	-0.04
	Abundancia	-0.38	-0.44	-0.28	-0.29	0.32
	Biomasa	-0.43	-0.49	-0.33	-0.34	0.31
	Equidad	0.47	0.49	0.42	0.42	0.06
Lluvias 2011	Diversidad	-0.35	-0.31	-0.38	-0.38	0.29
	Abundancia	0.01	-0.09	0.16	0.14	-0.70
	Biomasa	0.44	0.35	0.56	0.55	-0.71
	Equidad	0.16	0.17	0.14	0.14	0.02
Secas 2012	Diversidad	0.53	0.52	0.52	0.52	-0.16
	Abundancia	0.67	0.63	0.71	0.71	-0.43
	Biomasa	0.23	0.23	0.56	0.23	-0.23
	Equidad	0.02	0.07	-0.07	-0.06	0.37

Tabla 47. Correlación de Pearson de Características Limnológicas y Descriptores Biológicos en los 3 periodos de estudio

CORRELACION DE PEARSON $p < 0.05$				
Periodo de muestreo	Descriptores Biológicos	Características Limnológicas		
		Clorofila -a	Temperatura	Visibilidad
Secas 2011	Abundancia	-0.35	-0.27	0.20
	Biomasa	-0.26	-0.22	0.15
	Diversidad	0.40	-0.12	-0.37
Lluvias 2011	Abundancia	0.09	-0.70	-0.09
	Biomasa	0.06	-0.44	-0.06
	Diversidad	0.38	0.30	0.38
Secas 2012	Abundancia	0.00	-0.70	0.65
	Biomasa	0.00	-0.26	0.00
	Diversidad	0.00	-0.53	-0.53

Tabla 48. Correlación de Pearson de Características Limnológicas y Descriptores Biológicos en los 3 periodos de estudio

CORRELACION DE PEARSON $p < 0.05$						
Temporada de muestreo	Características limnológicas	Características del uso de suelo				
		Sup. Total de aporte	Sup. Agrícola	Sup. Cuerpo de agua	Pobladores Cuenca	Relación Suelo-agua
Secas 2011	Clorofila-a	0.94	0.89	0.99	0.99	-0.57
	Temperatura	-0.29	-0.15	-0.48	-0.46	1
	Visibilidad	-0.91	-0.84	-0.98	-0.97	0.64
Lluvias 2011	Clorofila-a	0.99	0.96	1	1	-0.4
	Temperatura	-0.29	-0.15	-0.48	-0.46	1
	Visibilidad	-0.99	-0.96	-1	-1	0.4
Secas 201	Clorofila-a	ND	ND	ND	ND	ND
	Temperatura	-0.90	-0.86	-0.93	-0.93	44
	Visibilidad	1	1	1	1	1

Tabla 49. Desglose de costos del trabajo de Investigación de Tesis.

Fecha	Concepto	Costo
Salida 1 a campo: 4-06-2011	Gasolina	\$800.00
	Casetas	\$200.00
	Renta lancha	\$200.00
	Ayudante	\$200.00
	Hotel	\$600.00
	Hielo para muestras	\$40.00
	Total	\$ 2,040.00
	Salida 2 a campo: 22-10-2011	Gasolina
Casetas		\$200.00
Renta lancha		\$200.00
Ayudante		\$200.00
Hotel		\$600.00
Hielo para muestras		\$40.00
Total		\$ 2,040.00
Salida 3 a campo: 30-06-2012		Gasolina
	Casetas	\$250.00
	Renta lancha	\$250.00
	Hotel	\$500.00
	Total	\$1,900.00
2-06-2011	Compra de frascos para muestras	\$290.00
	Filtros Whatman de fibra de vidrio (100 unidades)	\$1,300.00
	Acetona grado reactivo	\$180.00
	Total	\$1,770.00
Estancia de Investigación 27-05-2012 al 8-06-2012	Transporte	\$5,000.00
	Renta estancia	\$3,000.00
	Material bibliográfico	\$300.00
	Total	\$8,300.00
	Total de trabajo de investigación	\$16,050.00

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

Nombre:		
MARIA GUADALUPE GUTIERREZ QUEVEDO		
Fecha de Nacimiento:	Edad:	
26 de diciembre de 1984	29 años.	
Lugar de Nacimiento:	Estado Civil:	
Veracruz, Veracruz, México.	Casada	
CURP:	CEDULA PROFESIONAL LICENCIATURA	
GUQG841226MVZTVD08	5940847	
Domicilio:		
CIRCUITO GUSTAVO GALINDO Y PENSADO # 62 FRACC. LUCAS MARTIN, XALAPA, VERACRUZ.		
Teléfonos:		Correo Electrónico:
Particular:(228)3-18-67-83;Móvil:(228) 8 45 33 51		mariagpe_gtzq@yahoo.es

FORMACION ACADEMICA

- 1991-1997** ESTUDIOS PRIMARIOS REALIZADOS EN LA ESCUELA PRIMARIA "LEYES DE REFORMA" EN VERACRUZ, VER.
- 1997-2000** ESTUDIOS SECUNDARIOS REALIZADOS EN LA ESCUELA "GRAL Nº 5" EN LA CIUDAD DE VERACRUZ
- 2000-2003** ESTUDIOS PREPARATORIOS REALIZADOS EN "CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLOGICO DEL MAR 07" **TÉCNICO EN RECURSOS ACUATICOS OPCION: ACUACULTURA** EN VERACRUZ, VER. DOCUMENTO OBTENIDO: CERTIFICADO DE ESTUDIOS
- 2003-2007** ESTUDIOS UNIVERSITARIOS REALIZADOS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO, VER. CURSANDO LA CARRERA DE "LIC. EN BIOLOGIA ESPECIALIDAD: MARINA" PROMEDIO 8.1 DOCUMENTO OBTENIDO: CERTIFICADO, ACTA

DE EXAMEN PROFESIONAL, TITULO Y CEDULA.

2010-2012 ESTUDIOS DE POSGRADO DE MAESTRIA EN ECOLOGIA TROPICAL EN CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA (UV). LABORATORIO DE LIMNOLOGIA Y MANEJO DE CUENCAS. EXAMEN PROFESIONAL DE MAESTRIA EN TRÁMITE.

FORMACION PROFESIONAL

AGOSTO 2003 DIPLOMA Y CERTIFICADO DE TÉCNICO EN RECURSOS ACUATICOS OPCION: ACUACULTURA EN VERACRUZ, VER

NOVIEMBRE 2006 CONSTANCIA DE CURSO BASICO ADULTO DE INGLES DEL INSTITUTO FRANKLIN DE VERACRUZ, A.C.

JULIO 2007 PRACTICAS PROFESIONALES EN EL CENTRO DE ECOLOGIA Y PESQUERIAS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA (AHORA ICIMAP) BOCA DEL RIO, VER. DEPTO. DE FITOPLACTON MARINO: ECOLOGIA, TAXONOMIA Y BIOGEOGRAFIA.

AGOSTO 2007 DIPLOMA DE ASISTENTE A LA REUNION NACIONAL SOBRE CONSERVACION DE LAS TORTUGAS MARINAS VERACRUZ, VER.

NOVIEMBRE 2007 PARTICIPACION EN EL TALLER DE MEDIO AMBIENTE DEL CENTRO UNIVERSITARIO HISPANO MEXICANO (CUHM), EN EL AREA DE BOTANICA.

- DICIEMBRE 2007** DIPLOMA COMO PONENTE DEL TRABAJO “BIOMASA Y ABUNDANCIA DEL PLANCTON DE RED EN EL PARQUE SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO FEBRERO-MAYO 2007”. SEGUNDA REUNION ACADEMICA INTERNA ANUAL 2007 DEL CENTRO DE ECOLOGIA Y PESQUERIAS, UV.
- OCTUBRE 2008** DIPLOMA DE PONENTE EN EL CONGRESO NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, CON EL TEMA “CICLO ANUAL (2007-2008) DE ZOOPLANCTON DE RED EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, GOLFO DE MEXICO”
- NOVIEMBRE 2008** OBTENCION DE TITULO DE LICENCIATURA POR MEMORIA DE RESIDENCIA CON EL TEMA “DETERMINACION DE LA BIOMASA DEL ZOOPLANCTON EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO”
- DIPLOMA DE PONENTE DE LA SEMANA NACIONAL POR LA CONSERVACION ¿QUE SON LOS ARRECIFES, BOCA DEL RIO, VER?
- DICIEMBRE 2008** DIPLOMA COMO PONENTE DEL TRABAJO “CICLO ANUAL (2007-2008) DE ZOOPLANCTON DE RED EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, GOLFO DE MEXICO”. TERCERA REUNION ACADEMICA INTERNA ANUAL 2008 DEL CENTRO DE ECOLOGIA Y PESQUERIAS, UV.
- ENERO 2010** CONSTANCIA DEL IDIOMA INGLES DE 5 NIVELES DE LA UNIVERSIDAD CRISTOBAL COLON

ABRIL 2011 CONSTANCIA DE PARTICIPACION DEL PRIMER FORO DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS ESTUDIANTILES EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES, UV. PRESENTACION CARTEL “BIODIVERSIDAD DEL ZOOPLANCTON EN LAGOS TROPICALES (LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MEXICO) Y SU RELACION CON EL USO DE SUELO.

AGOSTO 2012 PUBLICACION DE NOTA CORTA SOBRE ZOOPLANCTON “FUTURO A LA DERIVA” EN LA REVISTA ON-LINE **AQUÍ ESTAMOS**.

EXPERIENCIA LABORAL PROFESIONAL

INSTITUCION:	DIRECCIÓN:
CENTRO DE ECOLOGIA Y PESQUERIAS, UV. BOCA DEL RIO, VER.	CALLE HIDALGO #617 COL. RIO JAMAPA, BOCA DEL RIO, VER
JEFE DIRECTO:	PERIODO:
DR. YURI OKOLODKOV	AGOSTO 2007 - MAYO 2009
CARGO:	DEPARTAMENTO
COLABORADOR INTEGRANTE DEL PROYECTO DE INVESTIGACION DE ZOOPLANCTON	FITOPLANCTON MARINO

ACTIVIDADES REALIZADAS:

- Realización de muestreos durante un año de investigación en el PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO (PNSAV).
- Revisión de material bibliográfico y elaboración de reportes.
- Armar colección de muestras de zooplancton.
- Determinación de pesos (mg) por métodos experimentales en muestras de zooplancton (manejo de laboratorio).
- Reconocimiento de organismos por medio de manejo de microscopio óptico, estereoscópico he invertido.
- Realización de dibujos de organismos microscópicos.
- Levantamiento de fotografías de organismos y edición de estas mismas.

INSTITUCION:	DIRECCIÓN:
UNIVERSIDAD DE LAS NACIONES: COLEGIO DE LAS NACIONES	AZUETA # 358 /XICOTENCATL Y 16 DE SEPTIEMBRE, COL. CENTRO, VERACRUZ, VER.
JEFE DIRECTO:	PERIODO:
LIC. GIOVANNA MATIELLO GUERRERO	FEBRERO-AGOSTO 2010
CARGO:	DEPARTAMENTO
DOCENTE DE NIVEL BACHILLERATO MATERIAS BIOLOGICAS: BIOLOGIA I Y II, QUÍMICA I Y II, ECOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE, CIENCIAS DE LA SALUD.	BACHILLERATO

ACTIVIDADES REALIZADAS:

- Programar las clases de los alumnos según la materia específica
- Realizar exámenes parciales

TERMINACION DEL EMPLEO: Aceptación e ingreso en el Posgrado “Maestría en Ecología Tropical” del Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana.

INSTITUCION:	DIRECCIÓN:
CENTRO DE INVESTIGACION TROPICALES UV.	MÁRTIRES DEL 7 DE ENERO # 12, COL. CARRILLO PUERTO, XALAPA, VER.
JEFE DIRECTO:	PERIODO:
M.C. LAURA DAVALOS OROZCO	AGOSTO 2010- JULIO 2012
CARGO:	DEPARTAMENTO
INTEGRANTE DEL PROYECTO DE INVESTIGACION DE BIODIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON EN LAGOS TROPICALES	LABORATORIO DE LIMNOLOGIA Y MANEJO DE CUENCAS

ACTIVIDADES REALIZADAS:

- Realización de muestreos durante las épocas de secas y lluvias 2011-2012
- Revisión de material bibliográfico y elaboración de reportes.
- Armar colección de muestras de zooplancton de agua dulce.
- Determinación de pesos (mg) por métodos experimentales en muestras de zooplancton (manejo de laboratorio).

- Reconocimiento de organismos por medio de manejo de microscopio óptico, estereoscópico y preparaciones fijas
- Levantamiento de fotografías de organismos y edición de estas mismas.
- Estancia en la Universidad Autónoma de Aguascalientes para entrenamiento sobre taxonomía de organismos zooplanctónicos.

Título de tesis: “Contribución al estudio de la biodiversidad del zooplancton en tres lagos tropicales (los Tuxtlas, Veracruz, México) y su relación con el uso de suelo”

IDIOMAS Y USO DE SOFTWARE

- Español 100 %
- Inglés 70 %

Manejo de paquetería de office e Internet.

ACTIVIDADES EXTRACURRICULARES

- Miembro de la Asociación de Scouts de México, A.C. desde el año 1999-2011, desempeñando cargos como coordinador de actividades ecológicas principalmente en (Protección y Conservación de la Tortuga Marina) en las ramas menores (6-10 años) Jefe de Sección de la rama mayor (muchachos entre 17-22 años) manejando actividades y proyectos educativos de intereses ecológico, social y servicios comunitarios. Cursos de actualización de programa educativo impartidos por la Comisión de Programa Educativo de nuestra asociación, con el cual se reciben los conocimientos teóricos y prácticos para la correcta aplicación del método y programa scout con los jóvenes, (Método educativo rigiente de la SEP) contribuyendo a la educación de los jóvenes para que se realicen como individuos y jueguen un papel constructivo en la sociedad.
- Entrenador de Natación del Centro Deportivo “Aquabel” 2005-2007
- Entrenador de Natación del Centro Deportivo “Leyes de Reforma” 2007-2010