

50322
11



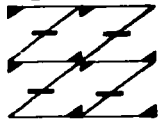
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES CUERPOS ACUATICOS EN EL ESTADO DE MORELOS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A N :
DORANTES GOMEZ / ELIZABETH ZAVALA MONTERO MARIA BEATRIZ

U N A M
F E S
ZARAGOZA



LO HUMANO ES
DE NUESTRA REFLEXION

DIRECTOR: DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

JUNIO 2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

La Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por ser la base de nuestra educación nacional.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, director de este trabajo. Por su amistad y por la gran paciencia que nos ha tenido durante el desarrollo de esta investigación, por su excelente dirección, enseñanza, gracias.

A la Dr. Bertha Peña Mendoza, por su valiosa colaboración, así como sus sugerencias, amistad, apoyo y consejos que siempre nos ha brindado durante todo el tiempo que hemos permanecido en el laboratorio.

Al Dr. Manuel Elías Gutiérrez (ECOSUR Chetumal), por su valiosa colaboración y apoyo para la identificación de los organismo del zooplancton, gracias.

A los sinodales Dr. Isaias H. Salgado Ugarte, Biól. Angélica E. González Schaff y Biól. Ernesto Constanzo Casillas, por sus valiosos comentarios y sugerencias para enriquecer el trabajo.

Al laboratorio de Limnología de la FES Zaragoza por las facilidades y apoyo para realizar este trabajo y en especial a todos los integrantes de ese gran equipo y que siempre han mostrado una gran disposición para resolver nuestras dudas: M. en C: Alejandro Córdova Cárdenas, Biól. Oscar Flores Maldonado y Biól. José Luis Guzmán Santiago.

A nuestras amigas del laboratorio de Limnología Fabiola J. Canseco Javier (peque) y Yadira Cornejo Silva por su gran amistad y apoyo brindado siempre.

A todos los profesores que sus enseñanzas contribuyeron en nuestra formación como profesionista; a nuestros compañeros y amigos de la carrera.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIA.

A mi madre que es el ser más maravilloso del mundo, gracias por el apoyo moral, su cariño y comprensión que desde siempre me ha brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles.

A mi padre porque ha sido para mí un hombre grande y maravilloso y que siempre he admirado, gracias por guiar mi vida con energía, esto es lo que ha hecho que sea lo que soy.

A mis hermanos Jorge L., J. Raúl, Fernando, J. Arturo y Marisol como un testimonio de gratitud y correspondiendo al esfuerzo y apoyo recibido.

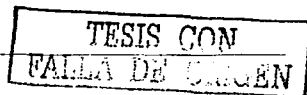
A mis sobrinas Karen, Rosalba, Fernanda y mi sobrino Jorge Alberto, por su inocencia, entusiasmo y cariño.

Gracias a Dios por tener una familia unida y la oportunidad de superarme en el transcurso de vida.

Doy gracias a todas las personas que me han brindado su amistad, cariño, apoyo en las buenas como en las malas y la confianza de ser una amiga y compañera (Bety Zavala, Faby, Yadira, Eduardo, Maricela, Imelda, Víctor, Delia, Felipe, Javier, Bety, Miguel).

En testimonio de gratitud y estímulos he llegado a realizar una de mis más grandes metas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

Con amor, respeto y admiración.



DEDICATORIAS

A DIOS

Por permitirme llegar al final de este camino, por darme la alegría y satisfacción de concluir una más de tantas metas junto a mis seres queridos y por todas las bendiciones que he recibido.

A MIS QUERIDOS PADRES

Gracias por darme la vida, su amor y cariño, por sus consejos y comprensión en las etapas difíciles de mi vida, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado y por su infinita paciencia. Quienes pese a las adversidades, no escatimaron esfuerzo alguno para sacarnos adelante brindándonos un gran tesoro que nadie nos podrá quitar, quienes siempre nos dieron un ejemplo de superación, con base en la constancia y trabajo para lograr nuestras metas y sueños en la vida.

Con todo respeto y admiración los quiere su hija Betty.

A MI QUERIDO ESPOSO

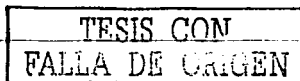
Gracias por tu apoyo incondicional, comprensión, paciencia, amistad, confianza y amor, que son fundamentales en mi vida, ya que con ellos se hizo posible la culminación de una etapa más en mi vida; también por todos esos momentos de felicidad que hemos compartido, por brindarme y compartir conmigo hoy el milagro mas grande de la vida. Te amo Eduardo.

A MIS HERMANOS

Que cerca o lejos, estamos juntos, día con día y siempre adelante; échenle ganas los quiero mucho.

A MIS AMIGAS

Yady, Liz y Faby: Por que siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias por soportarme, brindarme su apoyo incondicional y aconsejarme cuando lo necesité, gracias por su cariño, amistad, por confiar en mí y por enseñarme que la vida se disfruta más con una sonrisa, las quiere su amiga Betty.



INDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	3
Antecedentes.....	6
Objetivos.....	14
Área de estudio.....	15
Materiales y Métodos.....	22
Resultados	
Presa Emiliano Zapata	
Parámetros Físicos y químicos.....	25
Nutrimentos.....	30
Fitoplancton.....	32
Zooplancton.....	35
Clorofila "a".....	38
Lago El Rodeo	
Parámetros Fisicoquímicos.....	39
Nutrimentos.....	43
Fitoplancton.....	45
Zooplancton.....	49
Clorofila "a".....	50
Lago Coatetelco	
Parámetros Fisicoquímicos.....	51
Nutrimentos.....	54
Fitoplancton.....	56
Zooplancton.....	60
Clorofila "a".....	61
Tablas comparativas.....	62
Discusión.....	65
Conclusiones.....	83
Referencias.....	85

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Se llevaron a cabo muestreos mensuales en tres cuerpos de agua a partir del mes de febrero de 2001 a febrero de 2002, con el fin de conocer la calidad del agua con base en los factores físicos, químicos y de plancton para determinar el estado trófico de cada uno de ellos. En la presa Emiliano Zapata y el lago El Rodeo se ubicó una estación de monitoreo. En el lago Coatetelco se establecieron dos. Se realizaron muestreos a 0.30, 1, 3, 5, 7, 9 m para el Lago El Rodeo y en algunas ocasiones 11 m para la presa Emiliano Zapata; en el lago Coatetelco se realizaron a 0.30, 1 y 2 m, con una botella van Dorn de dos litros de capacidad. De acuerdo al diagrama espacio-tiempo-temperatura la presa Emiliano Zapata y el Lago El Rodeo se clasificaron como sistemas monomictico cálido por presentar una fase de circulación y una fase de estratificación; en cambio el lago Coatetelco se clasificó como un cuerpo de agua de tipo cálido polimictico continuo. La temperatura del agua en los tres sistemas oscila entre 20 a 32°C. La concentración del oxígeno disuelto mostró un comportamiento de tipo clinógrado en la presa y en el lago El Rodeo, con valores que fluctuaron entre 11 mg/l en superficie y 0.18 mg/l en el fondo. El lago El Rodeo se considera poco productivo por presentar valores de alcalinidad de 11.6 mg/l en promedio, con aguas moderadamente duras (40 y 140 mg/l), baja conductividad (100 y 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$), agua ligeramente alcalina en época de secas (7-8) y neutra en época de lluvias. La presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco son sistemas que se consideran productivos; para la presa el valor de alcalinidad promedio fue de 18.5 mg/l, con aguas muy duras (300 y 490 mg/l), alta conductividad (500 y 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$), agua ligeramente alcalina en época de secas (pH 7-8) y neutra en época de lluvias. El lago Coatetelco presenta alcalinidad promedio de 38 mg/l y pH de 7.5 a 9.2 unidades, con aguas duras (110-325 mg/l) y alta conductividad (460 a 755 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Las concentraciones de nutrientes en los tres sistemas se encuentran dentro de los intervalos reportados para aguas continentales por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-ECOL-1996). La relación mínima de N:P en la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco fue de 1:1 a diferencia del lago El Rodeo en donde se presenta una relación de 3:1. La relación máxima para la presa se registró en el mes de mayo (8:1); para el lago Coatetelco en el mes de agosto (5:1) y para el lago El Rodeo fue de 11:1 en el mes de febrero de 2002, lo que nos indica que hay una mayor disponibilidad de nitrógeno que de fósforo en los tres sistemas.

Respecto al fitoplancton en la presa Emiliano Zapata y el lago de Coatetelco se determinaron un total de 26 especies en comparación del lago El Rodeo en donde se identificaron 30 especies. El número de especies para la presa Emiliano Zapata por división fueron: Cyanophyta (8), Chlorophyta (16) y Chromophyta (2). Dentro de las Cianofitas la especie mas abundante fue *Microcystis incerta*. *Ankistrodesmus falcatus*, *Chlorella saccharophilla* y *Desmoccocus viridis* fueron las especies mas abundantes en la división de las Clorofitas. De las dos especies de Cromofitas la mas abundante y frecuente fue *Navicula* sp.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el lago del Rodeo el número de especies que se determinaron por división fueron: Cyanophyta (9), Chlorophyta (19) y Chromophyta (2). La especie mas representativa por su abundancia y su frecuencia de aparición en las Cianofitas fue *Anabaenopsis elenkinii*; *Nostoc* sp. se observó no muy frecuentemente pero en cantidades considerables. En las Clorofitas las especies más representativas fueron *Chlorella saccharophilla*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Desmococcus viridis* y *Crucigenia tetrapedia*. *Navicula* sp. fue la especie mas abundante de las dos registradas para las Cromofitas.

En el lago Coatetelco el número de especies por división fueron: Cyanophyta (9), Chlorophyta (15) y Chromophyta (2). *Oscillatoria* sp fue la especie mas abundante dentro de las Cianofitas. Las especies mas abundantes de las Clorofitas fueron *Ankistrodesmus falcatus*, *Desmococcus viridis* y *Crucigenia tetrapedia*. *Navicula* sp, fue el género mas representativo y abundante durante todo el estudio en las Cromofitas.

El Zooplancton estuvo constituido por copépodos (*Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*), cladóceros (*Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei*) y rotíferos (*Brachionus* sp, *Filinia* sp. y *Keratella* sp.), en la presa Emiliano Zapata se registraron las 7 especies y en el lago El Rodeo y Coatetelco sólo se determinaron 6 especies. Los copépodos fueron el grupo con mayor abundancia para los tres sistemas acuáticos.

En relación a la concentración de clorofila "a", ésta se toma como un índice de la biomasa de algas. En la presa Emiliano Zapata los valores fluctuaron entre 13 y 83 $\mu\text{g/l}$ por lo cual el sistema se clasifica como eutrófico durante la estación de secas e hipetrófico durante lluvias. En cambio en el lago El Rodeo los valores oscilaron de 2 a 79 $\mu\text{g/l}$ y se clasificó como un sistema mesotrófico con tendencia a la eutrofización. Por último, en el lago Coatetelco los valores variaron de 23 a 160 $\mu\text{g/l}$ por lo que se consideró como un sistema en estado eutrófico a hipetrófico.

INTRODUCCION

El agua es probablemente el recurso natural más importante del mundo y existe una vasta cantidad de agua presente en la tierra; cerca del 7% de la masa de la tierra es agua. Sin embargo, el 97.5% de toda el agua se encuentra como agua salada en los océanos. Esto significa que solamente el 2.5% del volumen del agua en el mundo es actualmente no salina. Alrededor del 75% de esta agua dulce está inmovilizada en los casquetes polares y en los glaciares, además un 24% está localizada en los subsuelos como agua subterránea, lo que representa que menos del 1% del total del agua dulce se encuentra en lagos, ríos y en el suelo (Gray, 1996).

En nuestro país, debido a la escasez de cuerpos de agua epicontinentales naturales, el problema de abastecimiento hídrico para diversos fines se ha solucionado mediante la construcción de embalses. Así, en 1983 estos últimos ocupaban el 70% de la superficie lacustre nacional y alcanzaban 861,426 hectáreas (Athié, 1987, citado en Magallón *et al.*, 1992).

Asimismo, existe una gran cantidad de cuerpos de agua, cuya superficie ha sido estimada en 1.3 millones de hectáreas que incluyen lagos, lagunas, presas y pequeños ecosistemas acuáticos de distinto origen (Tinoco y Atanacio, inédito; citados en Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

De acuerdo con la Secretaría de Pesca en 1990 se contaba con 613 presas y 95 lagos que contabilizaban un total de 708, en su mayoría con pesquerías derivadas de la acuicultura. Jalisco, Michoacán y Guanajuato son los Estados con mayor número de presas, conjuntado el 36.5% del total nacional, mientras que Chihuahua y Tabasco poseen mayor cantidad de lagos representando el 24.4 y 17% respectivamente (Olmos, 1990).

Actualmente se encuentran registradas más de 1 000 presas con una capacidad de almacenamiento que fluctúa entre menos de uno hasta cinco millones de metros cúbicos. (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992). A los embalses se aplica a veces la designación de lagos artificiales; aunque no son verdaderos lagos representan superficies de agua estancada, reciben afluente y su caudal se destina a usos diversos como: suministro de agua a ciudades y cultivos, realización de programas de acuicultura, abrevaderos, control de ríos, generación de energía eléctrica y actividades recreativas (Margalef, 1976; Boney, 1995).

Con respecto a la totalidad de cuerpos de agua para el Estado de Morelos, estos pertenecen a la cuenca del Balsas, que corresponde al río más grande del sur del país que desemboca en el Océano Pacífico. Del inventario de los cuerpos de agua Morelenses por su importancia y potencial que representan para la entidad así como por su distribución y número, se cuenta con 7 ríos que recorren gran parte del territorio, 6 lagos con muy diversas características, 124 embalses entre presas y bordos así como alrededor de 50 manantiales.

En cuanto a los lagos, por sus dimensiones destaca el de Tequesquitengo, que cuenta con un volumen de agua de 120 000 000 m³ y se encuentra ubicado entre los municipios del Puento de Ixtla y Jojutla, mismo que se ha desarrollado más como un centro turístico que pesquero.

Entre las presas cabe destacar a las de reciente construcción e inundación en el municipio de Axochiapan, que llevan por nombre Los Carros y Cayehuacán, cuyos volúmenes (10 000 000 y 13 000 000 m³ respectivamente) las convierten en un interesante sitio para la investigación. Asimismo, los lagos El Rodeo y Coatelecó que se caracterizan por presentar aguas ricas en nutrimentos, se les confiere un enorme potencial para la producción pesquera (Contreras-Macbeath, 1995).

A pesar de la gran cantidad de cuerpos acuáticos en el estado de Morelos, la información sobre las características del tipo de agua que albergan es mínima por lo cual para tener un conocimiento más amplio de estos, se requiere realizar estudios hidrobiológicos con el fin de obtener la información necesaria para un mejor manejo y aprovechamiento de los recursos acuáticos, en beneficio de la población que se encuentra alrededor de estos sistemas.

Como se sabe, la calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua. Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad del agua son: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, DQO, fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoniaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, coliformes y también se pueden emplear bioindicadores para evaluar la calidad media que mantiene el agua en periodos más o menos largos (Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta®, 2002).

Por otra parte, las masas de agua epicontinentales albergan una amplia variedad de forma de vidas planctónicas que se caracterizan por su tamaño pequeño, que varían desde unos pocos micrómetros hasta pocos milímetros. La importancia de estos organismos radica en que se encuentran en los primeros eslabones de la cadena trófica y contribuyen a la unidad básica de la producción de materia orgánica de los sistemas acuáticos. Estos organismos han sido separados en dos grupos: Fitoplancton (vegetales) y Zooplancton (animales), en donde las variaciones y fluctuaciones espacio-tiempo dependen de la disponibilidad de nutrimentos, de la temperatura y la salinidad (Arredondo-Figueroa, 1993)

El fitoplancton esta compuesto de una cantidad y diversidad de organismos que ocupan distintos nichos ecológicos y propician una elevada disponibilidad de alimento para otros niveles tróficos. Son organismos que presentan un ciclo de vida corto y que al descomponerse por acción bacteriana los materiales que los constituyen se reincorporan a los ciclos biogeoquímicos. Proporcionalmente, estas microalgas contienen mayor cantidad de proteínas que las plantas superiores; por lo general son móviles y, en consecuencia si las condiciones son favorables, ocupan diversos nichos ecológicos. Además su pequeño tamaño posibilita su

consumo directo por el zooplancton, invertebrados del bentos, peces pequeños y organismos filtradores (Arredondo-Figueroa, 1993).

El zooplancton difiere del fitoplancton en que los organismos de este grupo carecen de pigmentos fotosintéticos, requieren alimentarse de otros organismos principalmente de los productores primarios, por lo que son conocidos como heterótrofos. Viven en zonas limnéticas y su tonalidad es transparente o parda. Generalmente esta compuesto de diversas especies de protozoarios, rotíferos, cladóceros y copépodos que se alimentan de detritos, bacterias, fitoplancton y otros pequeños organismos (Arredondo-Figueroa, 1993).

El plancton de los lagos y embalses tienen características propias como son su baja diversidad y alta productividad (Payne, 1986). Una de las razones es por la alta y selectiva depredación de los peces, influyendo en la composición de la comunidad del zooplancton (Nilssen, 1984).

La importancia de conocer la conducta física, química y biológica de cada uno de estos sistemas acuáticos, reside en valorar la situación actual en las que se encuentran; debido a que potencialmente son fuente generadora de alimento de alta calidad proteica así como fuente de empleo para los habitantes de sus alrededores.

Recientemente se ha detectado una fuente de contaminación por desechos domésticos, agrícolas, de la industria de la cerámica del municipio de Miahuatlán hacia el lago de "El Rodeo" así como el aporte de aguas municipales por parte del poblado de Tizapotala hacia la presa Emiliano Zapata, por lo cual se hace necesario evaluar la calidad del agua en dichos sistemas acuáticos, ya que el agua que en ellos se deposita es de vital importancia para los cultivos agrícolas en el municipio así como para la realización de acuicultura de repoblamiento, por parte de las Sociedades Cooperativas de Coatepec y Tizapotala, Mor.

Asimismo, es necesario analizar la situación actual del Lago de Coatepec, debido a las modificaciones de algunos de los parámetros físicos, químicos y biológicos por la desecación total del cuerpo de agua durante 1994 y su posterior inundación entre 1995 y 1996, conduciendo a cambios importantes en los valores de la calidad del agua de dicho lago.

Pocos estudios se han realizado en estos sistemas en los cuales se lleva a cabo la explotación de la tilapia, por lo cual el determinar el estado trófico que guardan, permitirá evaluar junto con algunos parámetros biológico-pesqueros, la tasa de explotación a la cual se debería de someter la especie con el fin de realizar un adecuado manejo y conservación del recurso para no depender del repoblamiento por parte de la Secretaría de Pesca (hoy SAGARPA)

ANTECEDENTES

Son pocos los trabajos que se tienen hasta el momento de los cuerpos de agua en estudio por lo cual citaremos los siguientes:

Alejo *et al.*, (1989), realizaron el estudio en la laguna El Rodeo, específicamente con aspectos relacionados al crecimiento de tilapia mojarra y su relación con los parámetros físicos y químicos. Reportan que la temperatura del agua fluctuó entre 20 y 30°C, el oxígeno disuelto se registró entre 2 y 5 mg/l; pH de 6.0 a 9.5, alcalinidad total de 40 a 108 mg de CaCO₃/l y que la especie *Oreochromis mossambicus* puede mantenerse en el ambiente acuático.

Granados, (1990), realizó estudios sobre la productividad Fitoplanctónica, composición del zooplancton y conducta físico-química del agua en los cuerpos que quedaron definidos como: Lago Coatetelco (ambiente eutrófico), Presa Emiliano Zapata (ambiente mesotrófico) y Bordo Zacualtipan (ambiente eutrófico).

Cabrera y Torres, (1995), realizaron un trabajo en la piscifactoría "Fernando Obrégón F." (Rodeo) y en la unidad de producción piscícola de "El Axocoche" localizadas ambas en el estado de Morelos. Determinaron la relación e influencia del oxígeno disuelto, bióxido de carbono, temperatura, pH, alcalinidad total, dureza total y calcio sobre el desarrollo de los peces. Para la piscifactoría el agua se clasificó medianamente dura y alcalinidad apta para la piscicultura. En cambio para la unidad es sumamente alcalina y dura. El oxígeno disuelto, bióxido de carbono y temperatura estuvieron dentro del intervalo adecuado para el buen desarrollo de los híbridos.

Garduño y Avelar, (1996), determinaron la edad de la mojarra por análisis de frecuencia de tallas, de hueso opercular e interpretación de escamas y concluyeron que su crecimiento es alométrico de tipo negativo (*Oreochromis niloticus*) y su relación en función de las condiciones ambientales en el lago de Coatetelco, Morelos, lo caracterizaron como un cuerpo de agua somero, alcalino, de aguas duras, por lo que se puede clasificar como un sistema eutrófico.

Ortega, (1997), realizó un estudio microbiológico y fisicoquímico del agua de la presa Emiliano Zapata, Mor. para determinar los niveles de contaminación fecal en función de su distribución espacial, temporal, composición y diversidad. Reporta que los valores encontrados de pH (6.9 a 7.7) fueron óptimos para el desarrollo de las bacterias, presentándose una relación inversa entre la temperatura del agua y la concentración de coliformes fecales, totales y mesófilos.

González y López, (1997), realizaron un estudio en la presa Emiliano Zapata, en el Estado de Morelos sobre los parámetros morfométricos, batimétricos y de la calidad del agua de dicho reservorio. El embalse presenta un área superficial de 13.2371 Ha, volumen de 507 409 metros cúbicos con una profundidad máxima de 17 m, perímetro de 2 526.4 m y desarrollo de la línea de costa de 1.95. Dicho

reservorio se clasificó como un cuerpo de agua monomictico cálido y holomictico, con un periodo de circulación y otro de estratificación; por la calidad del agua el embalse en cuestión se caracterizó de tipo mesotrófico. La mayoría de los parámetros físicos y químicos se vieron influenciados por la época de lluvias, estiaje y por la apertura de la compuerta, algunos aumentando su concentración y otros disminuyéndola.

Ramos, (2001), realizó un análisis de calidad de agua para la presa Emiliano Zapata Morelos, donde los datos de oxígeno presentaron una distribución clinógrada, con base en los datos de temperatura el cuerpo de agua se clasificó como monomictico cálido y holomictico. La mayoría de los factores fisicoquímicos se vieron influenciados por la época de lluvias y estiaje. Reporta un total 29 especies de algas; la mayor densidad fitoplanctónica se registró en el mes de noviembre y la mayor diversidad de especies se presentó en abril y mayo.

Pérez y Pattani, (2002), caracterizaron a la presa Emiliano Zapata, como un embalse artificial cuyo comportamiento se ve influenciado por los procesos de llenado y vaciado. Se clasifico este embalse como un sistema monomictico cálido. Aunque sólo determinaron la temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH, dureza y alcalinidad total, indicaron que el agua de la presa es adecuada para el desarrollo de la tilapia. La proporción sexual para *Oreochromis niloticus* fue de 1.4:1(macho:hembra). Respecto a la relación peso total-longitud total para la población de machos se registró un crecimiento que tiende a la isometría mientras que en las hembras se encontró un crecimiento alométrico negativo. Por otra parte reportan que no hay efecto del sexo sobre la relación peso-longitud total desde el punto de vista estadístico.

Con respecto a los estudios realizados sobre calidad de agua en otros cuerpos de agua del estado de Morelos así como en otros estados de la República Mexicana, a continuación se mencionan algunos de ellos:

El primer trabajo donde se registra algunos datos de zooplancton es el de Berzunza (1936), en donde se reporta una gran cantidad de rotíferos y en menos abundancia copépodos y larvas de camarón producto de análisis de cuatro muestras provenientes del arrastre de una red zooplanctonica en cuatro puntos del sistema lagunar Chacahua-Pastoria Oax.

Brylinsky y Mann, (1973), del Programa Biológico Internacional, obtuvieron datos de 43 lagos y 12 embalses distribuidos desde los trópicos hasta los glaciales. El análisis estadístico sugiere que la concentración de clorofila "a" y la morfometría es un buen indicador de las condiciones de los nutrimentos.

Díaz-Pardo *et al.*, (1986), realizaron el estudio en la laguna de Atezca, Hidalgo, un depósito de aproximadamente 27 ha, cuya profundidad máxima fue de 16 m; el análisis de la temperatura del agua en sus diferentes estratos permitió definir que se trata de un lago monomictico cálido, que tiene un periodo de recirculación en invierno y una estratificación en verano. El oxígeno tiene el comportamiento típico

de un lago eutrófico; la distribución vertical de este gas fue de tipo clinógrada durante todo el año a excepción de enero y se refleja en los valores de pH y de algunos nutrientes.

Torres, (1989), determinó el crecimiento y el factor de condición múltiple de la tilapia y la carpa barrigona en condiciones de policultivo extensivo con densidades de cargas bajas y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos del embalse de temporal "Chavarría" en el Estado de Morelos. El sistema se clasificó como eutrófico en base a los resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos. Se llevó a cabo un análisis de factores para determinar las variables que más influyen en el comportamiento del sistema; los resultados de dicho análisis indicaron que las variables son: la temperatura, la dureza de calcio, la dureza total y la conductividad.

Hernández-Avilés, J. S. y Peña-Mendoza, B., (1992), realizaron investigaciones de rendimientos piscícolas en dos bordos semipermanentes Chavarría y Michapa en el municipio de Coatlán del Río, en el Estado de Morelos, trabajando en tres diferentes fases: Monocultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* (mojarra), Policultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* (machos), *Cyprinus carpio rubrofuscus* (carpa barrigona), *Hypophthalmichthys molitrix* (carpa plateada), *Aristichthys nobilis* (carpa cabezona), con densidades de carga de 0.4 org/m y *Oreochromis urolepis hornorum* y *Cyprinus carpio rubrofuscus* con densidades de 6 org/m. Se realizó un análisis factorial donde las variables que se relacionan con el factor edáfico y la temperatura resultan ser las más importantes para la determinación del comportamiento del bordo de Chavarría y los de autorregulación del sistema de carbono en el bordo de Michapa. Clasificaron a los sistemas como polimítico cálido continuo, que favorece la remoción constante de los materiales, nutrimentos y parámetros químicos.

Sánchez R. y Vázquez G., (1990), determinaron la composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica de la laguna de Atezca Hgo. y analizaron el comportamiento de oxígeno disuelto, temperatura, pH, fosfatos. Se comporta como un lago eutrófico térmicamente estratificado y se registraron 54 especies de fitoplancton.

Figueroa, (1991), planteó la implementación de un policultivo extensivo en el embalse "El Arco" con tres especies de ciprínidos y un ciclido, evaluando su crecimiento y su relación con algunos parámetros bióticos y abióticos. De las variables fisicoquímicas se evaluaron para la calidad del agua la temperatura, pH, oxígeno disuelto, bióxido de carbono, transparencia, alcalinidad y dureza total. Se registraron intervalos apropiados para el crecimiento de los peces. El sistema se clasificó como mesotrófico tendiendo a la eutrofización, con aguas suaves, alcalinas, bien oxigenadas y una alta disponibilidad de alimento natural.

Jaramillo y Sánchez, (1991), determinaron el crecimiento de la carpa barrigona y la tilapia bajo la técnica de bicultivo extensivo y las relaciones que existen entre algunos de los factores hidrobiológicos del sistema con su crecimiento, en el

Bordo de temporal "Chavarría". Determinaron los parámetros que explican el mayor porcentaje de la variabilidad limnológica del sistema como son: alcalinidad, dureza total y de calcio para superficie y fondo, además de la temperatura superficial y la transparencia.

Contreras y García, (1991), cuantificaron los parámetros abióticos, así como la productividad primaria durante un ciclo anual en la laguna San José Manialeped, Oaxaca. El estado de la laguna, manifiesta procesos de eutroficación debido a un insumo constante de nutrimentos. También se cuantificaron salinidad, pH, oxígeno disuelto, y productividad primaria fitoplanctónica. Como resultado, toda la productividad primaria generada por la elevada cantidad de nutrimentos es consumida *in situ*.

López-López y Soto-Galera, (1993), efectuaron un análisis limnológico en el embalse Ignacio Allende, Guanajuato, el cual presenta estratificación térmica de primavera a verano, con agotamiento de oxígeno hipolimnético, pH con tendencia a la acidez y disminución de nitrógeno. El modelo de balance de masas para fósforo predice que el embalse es hipereutrófico. Las características que corresponden con la hipereutrofia además de los niveles de fósforo son: la mortalidad masiva de peces, resuspensión de sedimentos por efecto del viento y alta densidad fitoplanctónica.

Suárez-Morales *et al.* (1993), estudiaron la variación estacional del zooplancton de la presa J. A. Alzate, un cuerpo de agua eutrófico durante un ciclo anual (1986-1987). Se observó un total de veintiuna especies pertenecientes a tres grupos: Rotífera, Cladóceros y Copépoda. La comunidad zooplanctónica se encuentra dominada por Cladóceros, que constituyen más del 90% de la captura media total durante el ciclo estudiado. La especie dominante fue *Moina macrocopa*, con picos de abundancia en el verano y el otoño. Las mayores densidades de rotíferos y cladóceros se observaron en el otoño, cuando se presentaron las más altas temperaturas. La estructura de la comunidad zooplanctónica local se ve fuertemente afectada por los ritmos estacionales de vaciado y llenado de la presa.

Flores (1994), realizó un estudio fisicoquímico en el embalse "El Niagara" Aguascalientes. El embalse se encuentra muy contaminado, ya que la calidad de agua se ha deteriorado últimamente debido a la descarga de aguas residuales según lo muestran los diversos parámetros fisicoquímicos y biológicos. Las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo al igual que los valores extremos de oxígeno disuelto en el agua indican que existe una eutrofización y contaminación permanentes en la presa. La concentración de coliformes fecales son un riesgo para la salud humana. En México se tienen muchos problemas con la cantidad y calidad del agua, por lo cual se plantea un aprovechamiento racional del agua, un ordenamiento de las cuencas hidrológicas, evaluación del impacto ambiental, una planificación nacional hidráulica y un cambio en la actitud de los usuarios.

Gutiérrez *et al.*, (1994), describen para el control de malezas un método integral sobre la calidad del agua y parámetros biológicos; (cantidad de plancton en la

columna de agua). Las características obtenidas y los valores detectados indican que la calidad del agua para la presa Miraplanes se encuentra deteriorada por las descargas de aguas residuales municipales y por el escurrimiento que llega a la presa, lo que ocasiona el crecimiento de las malezas dentro del vaso por la entrada de nutrimentos.

Torres-Orozco *et al.*, (1994), realizaron un estudio de la morfometría y el comportamiento físico-químico de la columna de agua de dos pequeños lagos ubicados en la región de los Tuxtlas, al sureste de Veracruz, México. Ambos lagos se comportaron como monomíticos cálidos. El oxígeno disuelto mostró amplias fluctuaciones espacio-temporales que van desde la sobresaturación en el epilimnio durante casi todo el año, hasta la anoxia hipolimnética. La visibilidad del disco de Secchi varió entre 10 y 34 m, el pH osciló alrededor de la neutralidad, permitiendo la presencia simultánea de bicarbonatos y dióxido de carbono libre. La alcalinidad está dada principalmente por bicarbonatos y fluctuó entre 30 y 80 mg/l de CaCO_3 . Ambos lagos son de aguas blandas y su dureza varió entre 50 y 150 mg de CaCO_3 /l.

Torres y Hernández (1997), realizaron el estudio en el centro de la Laguna Escondida, un lago monomítico cálido de la selva tropical lluviosa de Veracruz, México para determinar los patrones de migración vertical diaria (MVD) de los elementos dominantes de la columna planctónica y sus probables relaciones con algunos factores hidrológicos. El zooplancton estuvo dominado por dos especies de copépodos y una de cladóceros; el fitoplancton por Volvocaceas y diatomeas. La composición por tallas del plancton animal y vegetal sugiere la existencia de fuertes presiones por ser organismos sésiles y su permanente depredación. Se detectó conducta migratoria en todos los elementos dominantes del plancton, con excepción de las diatomeas.

La composición y abundancia del plancton y sus variaciones fueron estudiadas en el Embalse Arenal, Costa Rica por Umaña y Collado (1990). La composición del plancton es típicamente tropical con una baja densidad. Chlorophyta fue el grupo más diverso y Cyanophyta el grupo más abundante. Del zooplancton el grupo Copepoda fue de mayor densidad, y el de Rotífera el más diverso. Los niveles de clorofilas son altos por lo que se observa una alta productividad primaria.

Figueroa-Torres (2000), reporta para el canal de Tlilac, Xochimilco, Méx., un total de 51 especies de las cuales 20 no han sido reportadas con anterioridad para el lago de Xochimilco y el canal de Tlilac; dentro de los nuevos registros destacan *Pediastrum kawraisky*, *P. boryanum*, *P. duplex*, *Wislouchiella plantonica*, *Golenkinia radiata*, *Scenedesmus protuberans*, *hyaloraphidium contortum*, *Eudonia elegans*, *Anabaenopsis cf. acicularis*, *Trachelomonas* sp. y *Euglena* sp. entre otras. observó que muchas especies se han mantenido a lo largo del tiempo; sin embargo, pudo reconocer especies no reportadas anteriormente para la zona de estudio.

Alvarado-Villanueva, *et al.*, (2002), mencionan que en los últimos años los lagos mexicanos han sufrido un incremento en su flora cianobacteriana, tal situación puede atribuirse en gran medida al grado de contaminación producto de actividades humanas que se desarrollan en torno a estos sistemas. Encontraron aproximadamente 35 especies de fitoplancton, siendo los géneros *Oscillatoria*, *Chroococcus* y *Merismopedia* los de mayor representación en los tres lagos de estudio. Las especies de mayor abundancia fueron *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria ornata*, *O. tenuis* var, *Natans* sp y *Chroococcus minutus* entre otras. La mayoría de las especies determinadas muestran una clara tendencia de los lagos michoacanos hacia la eutrofización, incluso pudieron encontrar condiciones de hipereutrofización en el lago de Cuitzeo, proceso acelerado por la gran cantidad de nutrientes aportados por las aguas residuales provenientes de la ciudad de Morelia.

Gómez-Márquez, *et al.*, (2000), realizaron un análisis de la calidad del agua enfocado a la explotación de la tilapia en la laguna de Coatetelco, Morelos en donde observaron que los valores de conductividad oscilaron entre 574 y 1 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los valores de pH los consideraron como ligeramente alcalinos (8.9 promedio), alcalinidad promedio de 82.04 mg/l, con temperaturas del agua de 21 a 32°C, baja transparencia (18.7 cm promedio) debido a la cantidad de material en suspensión presente; aguas bien oxigenadas (5.85 mg/l promedio) y duras (204.68 mg/l), sólidos totales (859.57 mg/l promedio) sus valores denotan la presencia de alta concentración de materia inorgánica en suspensión y la profundidad varió durante todo el estudio de 0.3 a 1.50 m, el lago fue clasificado como hipertrofico; se registraron cuatro divisiones de fitoplancton, Chlorophyta (59.52%), Cyanophyta (36.04%), Chromophyta (3.41%) y Euglenophyta (1.00%), reportan 26 especies de microalgas en donde de acuerdo al índice de diversidad de Shannon-Winner la mayor diversidad (1.18) se registro en febrero y la menor (0.59) en diciembre. Con base a las densidades de totales que se presentan para el fitoplancton el sistema acuático se clasifica como eutrófico. Respecto a los grupos de zooplancton en la clase Crustacea se identificaron al orden Cladocera (*Daphnia* sp y *Moina* sp.) con mayor abundancia en mayo; al suborden Cladocera (*Diaptomus* sp) y al orden Cyclopoidea (*Cyclops* sp.) con alta abundancia en julio; en el phylum Rotatoria se registró a *Brachionus* sp. principalmente en marzo.

Mora-Navarro, *et al.*, (2000), mencionan que los afloramientos masivos del alga *Anabaena* sp son el producto de la eutrofización de las aguas del lago de Chapala, provocadas por las descargas de aguas residuales vertidas en su cuenca a través de sus principales afluentes (doméstico, industrial y agrícola). La mayor concentración de algas se manifiestan en la parte centro-norte y centro-oriente del lago; se encontraron tres especies diferentes de *Anabaena*. De acuerdo al análisis de cúmulos la relación mas estrecha de *Anabaena* es con la temperatura y el oxígeno disuelto, seguida por el pH, alcalinidad total, dureza total y cloruros y el tercer grupo lo forman los fisicoquímicos restantes (turbiedad, fosfatos, sólidos totales, transparencia y sulfatos).

El estudio de los tres grupos tradicionalmente reconocidos como los principales dentro del zooplancton de aguas dulces (rotíferos, copépodos y cladóceros) se mantuvo ausente durante los 50's hasta los 80's y aunado a la falta de especialistas, se desconoce las características actuales de estos grupos. Una recopilación realizada por Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez (2000), describen estas características en donde se ha encontrado una alta diversidad de especies, con una abundancia escasa y una distribución restringida; en el caso de los rotíferos hasta 1990 se tenían registradas 124 especies; el número ascendió hasta más de 260 en 1998 y para 1999 ya se tenían consideradas 300. Del total de estas especies conocidas un 74% son consideradas cosmopolitas, un 5% están restringidas a Norteamérica, 105 a los trópicos y 4% se comparte con el viejo continente. Para el caso de los cladóceros para 1999 se reconocían 111 especies dentro de los órdenes Ctenopoda y Anomopoda (antiguamente conocidos como cladóceros). La tasa de endemismo es relativamente alta con al menos cinco especies de distribución muy restringida.

Trejo-Albarran *et al.* (2000), reportan para el lago de Zempoala en el estado de Morelos, un total de 26 especies de zooplancton distribuidas en tres grupos: Copépodo (2 especies), Cladóceros (3 especies) y Rotatoria con (21 especies) en donde estos últimos ocupan el 47.3% seguido de los Cladóceros con 30.8% y los Copépodos con 21.9%. La especie mejor representada por su densidad y frecuencia fue *Daphnia laevis* con una concentración total de 13 032 org/l, seguido de los rotíferos *Polyarthra vulgaris* con 11 822 org/l y *Keratella cochlearis* con 6442 org/l. La variación temporal de las poblaciones se encuentra sujeta a ciertas alteraciones periódicas e irregulares, lo que provoca cambios en la vitalidad de las relaciones numéricas entre las especies que se encuentran ligadas a cambios físicos y químicos que se producen en el ambiente.

Moncayo-Estrada y Escalera-Gallardo (2002), realizaron trabajos de hábitos alimenticios de *Chirostoma jordani* (Woodman, 1894), en el Lago de Chapala, México clasificándolo como un lago tropical polimítico. Estudiar a los atherinidos de este cuerpo de agua en el aspecto trofodinámico, deriva en cuanto al aspecto ecológico, en la corroboración de su alimentación y la coexistencia entre su gran número de especies y en el pesquero como herramienta de manejo. El grupo mejor representado en la alimentación de *C. jordani* son los cladóceros y copépodos. Se observó que en la estación que es somera y de fondo lodoso, predominaron los copépodos alcanzando un 68% y la estación que es profunda, el grupo con mayor abundancia fue el de los cladóceros con un 87.9% y aunque en ambas estaciones se encontraron euglenas y rotíferos sus valores fueron insignificantes.

Arroyo-Bustos, *et al.* (2000), realizaron una comparación de las comunidades zooplanctónicas en la presa Gustavo Díaz Ordáz "Bacurato", en Sinaloa de 1997 a 1998. La temperatura mostró valores menores en 1998 en agua superficial, sobretudo en los meses que la composición zooplanctónica fue diferente. En 1998 se registraron 7 órdenes a diferencia de los 5 que obtuvieron en el 97; asimismo,

se identificaron 11 familias y 13 géneros comparado con las 7 familias y 9 géneros registrados en 1998 y 1997 respectivamente.

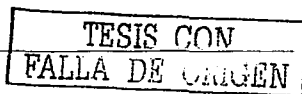
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OBJETIVO GENERAL.

Determinar la calidad de agua del lago Coatetelco, El Rodeo y la presa Emiliano Zapata, Morelos con el fin de reconocer el estado trófico en el que se encuentran.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Determinar la variación estacional de los factores físicos y químicos en cada uno de los sistemas.
- Conocer la abundancia espacial y temporal de plancton (fitoplancton y zooplancton).
- Obtener la variación de la biomasa fitoplanctónica como indicador de la productividad primaria.
- Analizar el comportamiento espacial y temporal de la calidad de agua.



AREA DE ESTUDIO

El Estado de Morelos colinda al Norte con el Estado de México y el Distrito Federal, al Este con el Estado de México y Puebla, en el Sur Puebla y Guerrero, al Oeste con Guerrero y Estado de México.

Sus coordenadas geográficas son: al Norte $19^{\circ} 08'$, al Sur $18^{\circ} 20'$ longitud Norte, al Este $98^{\circ} 37'$ y al Oeste $99^{\circ} 30'$ longitud oeste y cubre una superficie de 0.3% en total del país (figura 1)

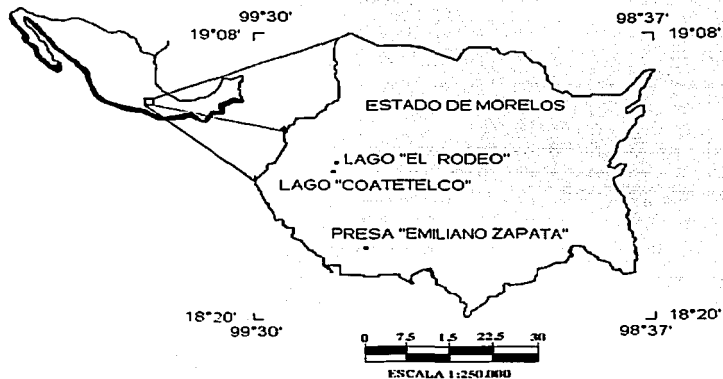


FIGURA 1. Localización de la Zona de Estudio

PRESA EMILIANO ZAPATA.

Se encuentra localizada en el ejido de Tilzapotla, perteneciente al municipio del Puente Ixtla, en el extremo Suroeste del Estado de Morelos situada entre los $18^{\circ} 30' 00''$ latitud Norte y $99^{\circ} 16' 34''$ longitud Oeste a una altitud de 899 m.s.n.m. Tiene una cortina de tipo gravedad de sección semitrapezoidal con una capacidad de almacenamiento de $1\ 560\ 000\ m^3$, capacidad de azolve de $10\ 000\ m^3$ y capacidad útil para riego de $1\ 550\ 000\ m^3$. El vaso tiene una pendiente media aproximada de 0.018 m (S.P.P., 1981, figura 2).

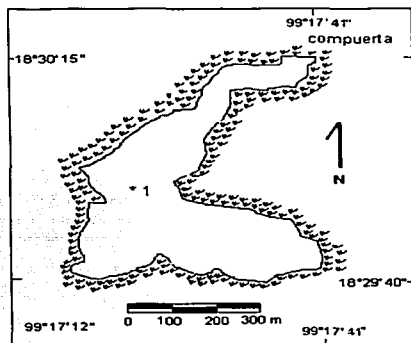


FIGURA 2. "PRESA EMILIANO ZAPATA"

El tipo de clima de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificado por García (1973), es $Aw' (w)(i)g$ cálido subhúmedo, más húmedo con lluvias en verano con canícula, marcha de temperatura tipo ganges y lluvia invernal menor a los 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre 800 y 1000 mm; la temperatura media anual es de $22^{\circ}C$. La precipitación máxima se presenta en septiembre con lluvias que oscilan entre 190-200 mm, la mínima ocurre en febrero, marzo y diciembre con un valor menor a los 5 mm.

Geología. El vaso está circundado desde el lado poniente hasta el Sureste por formación de rocas sedimentarias que han originado suelos consistentes de areniscas y conglomerados. Desde el extremo Noroeste hacia el Suroeste se

extienden formaciones de rocas ígneas extrusivas ácidas pertenecientes a la edad Cenozoica del periodo Cuaternario.

Suelo de tipo aluvial alrededor de la presa, de tipo Feozem háplico de textura media y Regosol eútrico, siendo sus principales usos: la agricultura temporal, permanente anual y pastizal inducido de potrero.

Vegetación. El tipo de vegetación es Selva Baja Caducifolia y las especies que se presentan en la zona son *Bursera fagaroides*, *Bursera copallifera*, *Lysiloma acapulcensis*, *Ipomoea wolcottiana*, *Ceiba pentandra*, *Aristida adscensionis* (zacate) y también matorrales de *Opuntia* sp entre otras (INEGI, 1998).

Hidrología. Sus principales afluentes son los arroyos El Grillo, la Piraña, la Joya y el Ranchito (Anónimo, 1981).

LAGO EL RODEO.

Pertenece al municipio de Miaatlán, Morelos. Se ubica a los 18° 46' latitud Norte y 99° 19' longitud Oeste, a una altitud 1 050 m.s.n.m. Es el cuerpo de mayor importancia de los pocos que existen en la zona por la topografía del lugar (figura 3)

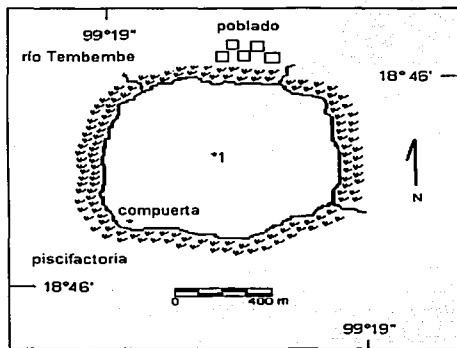


FIGURA 3. UBICACIÓN DEL "LAGO EL RODEO"

Vías de comunicación. El lago se comunica por la carretera federal número 95 México-Acapulco, hasta la intersección con la carretera número 55 (carretera federal a las grutas de Cacahuamilpa), siguiendo por ella hasta el kilómetro 111 donde hacia el Suroeste se encuentra la desviación a un camino de terracería de un kilómetro aproximadamente.

Clima. Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), presenta un clima Aw" (w)(i) g cálido subhúmedo con lluvias en verano con canícula y con lluvias invernales de 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre los 800 y 1000 mm. Entre los meses más secos se encuentra enero, febrero y marzo, con menos de 5 mm. La temperatura media anual es de 24-26°C, la máxima es 37°C en abril y mayo y la mínima de 20-21°C en diciembre y enero.

Vegetación. Al Norte de la laguna se localizan manchones de pastizal inducidos para uso pecuario, al Este Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria, al

Oeste presenta agricultura temporal y una pequeña porción de praderas de altas montañas.

Geología. El lago de El Rodeo se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur limitada por el Eje Neovolcánico, Suprovincias Sierra y Valles Guerrerense con Dolinas.

Las estructuras más importantes de las rocas de estas provincias son: en primer lugar los pliegues producidos en las rocas del cretácico, originadas por perturbaciones orogénicas de fines del Cretácico y principio del Terciario. En una parte de esta zona se da un acomodamiento de rocas de la era Cenozoica, periodo Terciario (rocas sedimentarias, areniscas-conglomerados) y rocas de la era Mesozoica periodo Cretácico (caliza).

Suelo. En los entornos del cuerpo acuático se encuentran suelos sedimentarios de la serie Temixco y suelo migajón-arcillo-limoso coluviales que presentan acarreo de materia fina, siendo los mejores suelos del distrito del riego, pero se hallan empobrecidos debido a los monocultivos. Al Norte y al Este presenta suelo de tipo Rendzina-Feozem, al Sur Regosol-Feozem y al Oeste Vertisol-Feozem.

Hidrología. El lago recibe entrada de agua por medio del canal Perritos del Río Tembembe, tiene una gran permeabilidad con zona de veda clástica. Se utiliza una parte de riego aproximadamente de 1,752 Ha, beneficiando a 1,759 familias. La compuerta fue creada en 1937 con el fin de apoyar a los cultivos temporales, su capacidad es de 28,000 000m³, superficie regable de 2,009 Ha, longitud de canales de 25 Km y la superficie de la cuenca es de 144 Km² (S.P.P, 1981).

LAGO COATETELCO

Se localiza en la vertiente sur de la Sierra Volcánica Transversal y forma parte de la cuenca del Río Balsas. Se encuentra entre los 18° 45' latitud Norte y los 99° 20' longitud Oeste, a 1 000 m.s.n.m. y pertenece al municipio de Miaquatán, Morelos (figura 4).

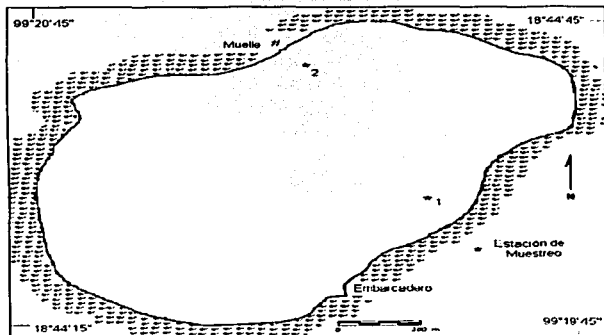


FIGURA 4. "LAGO DE COATETELCO"

El tipo de clima que se presenta en esta zona de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificado por García (1973) es Aw' (w)(i)' g cálido húmedo con lluvias en verano con canícula, marcha de temperatura tipo ganges y lluvia invernal menor a los 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre 800 y 1 000 mm y la temperatura media anual es de 24 a 26°C. La temperatura más alta se presenta en mayo y es de 32 a 33°C, y la más baja se registra en diciembre y enero con valores 20 a 21°C. La precipitación máxima se presenta en septiembre con lluvias que oscilan entre 190-200 mm, la mínima ocurre en febrero, marzo y diciembre con un valor menor a los 5 mm.

La orografía del municipio es montañosa en su lado Norte donde la montaña de Frule y el Picacho sirve de límite con Ocuila de Arteaga, municipio del Estado de México, en su parte media esta el cerro de Tepetzingo que sirve de límite con el municipio de Coatlán del Río, así como el Cerro de los Quiotes y el Cerro Alto;

todos estos entre altitudes que van desde 2 000 a 2 250 m.s.n.m., el Cerro del Cuachi frente a Cuantepec sobre los 2000 m.s.n.m. y el Cerro de los Perritos dentro de los 1700 m.s.n.m. En esta formación se encuentran las ruinas de Xochicalco. Por lo tanto, las zonas occidentales cubren el 8% del territorio, la semiplanas al centro y al sur con 45%. La geología se sitúa en la edad Cenozoica, periodo cuaternario de rocas calcáreas (S.P.P., 1981; SARH, 1983).

La hidrografía de este municipio comprende el lago Coatetelco con una superficie aproximada de 150 Ha y una profundidad media de 1.5 m (Arredondo-Figueroa y Aguilar-Díaz, 1987), el lago de El Rodeo así como la laguna Seca que es de menor tamaño en su parte media. El municipio es cruzado por el Río Tembembe, que nace en la barrancas Cuantepec y Tellama para después penetrar en el municipio de Mazatepec, donde se precipita en el Río Chalma. Cuenta con tres ojos de agua ubicados en el palo grande Tlajutía y el Rincón, 32 pozos profundos para extracción de agua. Una agricultura mecanizada continua, con desarrollo de cultivo alto y labranza alta; agricultura de riego continua durante el año y con una vegetación que corresponde por sus características a una selva baja Caducifolia (SARH, 1983), donde predomina el huizache (*Acacia farnesiana*) además que existen cultivos temporales principalmente de maíz.

Los tipos de suelo que predominan alrededor del lago son: al Norte Feozem háptico y Vertisol pélico de textura mediana, de textura fina y al Oeste Regosol éutrico y Litosol de textura media.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo que se realizó se dividió en tres fases: de campo, laboratorio y gabinete.

FASE DE CAMPO

Se establecieron dos estaciones de muestreo para el lago de Coatetelco y sólo una para el lago de El Rodeo así como para la presa Emiliano Zapata; los muestreos se realizaron mensualmente de febrero del 2001 a febrero del 2002.

En cada sitio se determinaron los siguientes parámetros: temperatura ambiental y del agua (con un termómetro de ± 1 °C), pH (con un potenciómetro de campo), conductividad eléctrica (con un conductímetro de campo), transparencia (mediante el disco de Secchi) y el porcentaje de nubosidad.

Para la toma de muestras de agua se usó una botella Van Dorn de dos litros de capacidad y las muestras fueron almacenadas en botellas de polietileno de un litro para la determinación de los parámetros químicos. Para la determinación del oxígeno disuelto se empleó una botella DBO de trescientos mililitros (Método de Winkler) y el uso de frascos pequeños de polietileno de 125 ml para la toma de muestra de fitoplancton.

Para la colecta del Zooplancton se empleó una red de arrastre de 160 μm a una velocidad de 1 m/s durante 10 seg., obteniendo una muestra de 500 ml y se almacenó en una botella de polietileno. Las muestras se fijaron utilizando acetato de Lugol para el fitoplancton y formalina comercial al 10% para el zooplancton.

Posteriormente *in situ* se realizaron las siguientes técnicas:

QUIMICOS	METODO
Oxígeno disuelto	Winkler (modificación de azida de sodio)
Alcalinidad total	Volumetría con indicadores
Dureza total	Complejométrico
Dureza de calcio	Complejométrico

(Arredondo, 1986; SARH, 1982)

FASE DE LABORATORIO

Las determinaciones que se realizaron en el laboratorio fueron:

NUTRIENTES	METODO
Amonio	Fenato
Nitritos	Ac. Sulfanilico
Nitratos	Ac. Fenoldisulfónico
Ortofosfatos	Fosfomolibdato
Fósforo total	Digestión ácida + Fosfomolibdato
Silicatos	Molibdo-silicato
Sulfatos	Turbidimétrico

(Arredondo, 1986; SARH, 1982).

Para la cuantificación del fitoplancton se siguió la técnica de Utermohl y se utilizaron cámaras tubulares de 3 cm que permite una mayor sedimentación (de 12 a 24 horas), por lo que se tomaron alícuotas de 1 ml y se le adicionaron tres gotas de acetato de Lugol para colorear y ayudar a la sedimentación de la muestra a diferentes densidades. El recuento se realizó con el método de campos visuales (se utilizan de 10 a 20 campos) con el apoyo de un microscopio invertido; la identificación de especies se hizo con la ayuda de las referencias de Edmondson (1959), Needham y Needham (1972) y Ortega (1984) y los resultados se expresaron en densidad, abundancia relativa o composición porcentual.

Para el Zooplancton se utilizó una alícuota de 1 ml y se colocó en una celda de conteo Sedgwick-Rafter. Se expresó la cuantificación en densidad de plancton con respecto a una unidad de volumen (org/l; Schowöerbel, 1975).

Para calcular el volumen de agua filtrado a través de la red se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = (\pi r^2 d) F$$

donde V es el volumen de agua filtrada, r el radio de la boca de la red, d la longitud del trayecto de desplazamiento de la red y F el factor de eficiencia de filtración (González de Infante, 1988)

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE BIOMASA (CLOROFILA a).

Se filtraron 100 ml de la muestra de agua al vacío con papel filtro (fibra de vidrio) del No. 42 mm, se colocó el filtro en un tubo de centrifuga, se adicionaron de dos a tres ml de acetona al 90%, se maceró el filtro y se completó el volumen de acetona hasta 10 ml. Se colocaron en la oscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente y se centrifugaron durante 10 minutos a 4 000 rpm.

Posteriormente se extrajo el sobrenadante con una pipeta pasteur y se colocó en una celda, para llevar a cabo su lectura en el espectrofotómetro. Las longitudes de onda a las cuales se leyeron las muestras fueron: 665, 645 y 630 nm, que son las máximas absorbancias de la clorofila a, b y c respectivamente. Estas lecturas se llevaron a cabo contra un blanco de acetona al 90%.

La concentración para cada clorofila en $\mu\text{g/l}$ se obtuvo a partir de la siguiente ecuación.

$$\text{Clorofila a} = 11.64 E_{665} - 2.16 E_{645} + 0.10 E_{630}$$

Se restó la extracción a 750 nm de las extracciones a 665, 645 y 630; los valores obtenidos se multiplicaron por el volumen de la extracción en ml y se dividió por el volumen de agua en litros (Contreras, 1994.).

Por último los datos de todos los factores físicos, químicos, nutrimentos y biológicos se analizaron mediante en Análisis exploratorio de datos (AED) (Salgado, 1992) para analizar el comportamiento de los mismos. Asimismo, se determinó si los datos cumplían con los supuestos de homocedasticidad y normalidad por medio del paquete SPSS RELEASE ver. 10.0 (1999). Para observar el comportamiento de los datos se aplicaron pruebas de t-student y Análisis de Varianza de una vía (ANAEVA) con una $p = 0.05$ con el fin de determinar si existen diferencias estadísticas entre niveles de profundidad, estaciones y variación mensual con la ayuda del paquete SPSS ver. 10.0. En el caso de que los datos no se comporten normalmente se aplicaron pruebas de distribución libre (Estadísticas no-paramétrica) como por ejemplo Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

RESULTADOS**PRESA EMILIANO ZAPATA****PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS**

Se realizaron muestreos mensuales a diferentes niveles de profundidad de febrero del 2001 a febrero de 2002, con el fin de conocer la calidad de agua así como la composición, abundancia y distribución del fitoplancton y zooplancton en los tres cuerpos acuáticos. Se estableció solo una estación de muestreo con base en lo propuesto por González y López (1997) y Ramos (2001); esta se ubicó a 966 m.s.n.m. entre los 18° 29' 37.0" latitud norte y 99° 16' 37.0" longitud oeste (figura 2).

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA; $p < 0.05$), los tres sistemas muestran diferencias estadísticas, ya que los valores para los parámetros físico-químicos son: Oxígeno disuelto ($F=30.672$), alcalinidad Total ($F=77.153$), pH ($F=42.925$), dureza Total ($F=148.479$), conductividad ($F=64.393$) y temperatura del agua ($F=5.554$) con $p < 0.000$ para todas las pruebas. Las pruebas de Tukey y Bonferroni muestran que los sistemas mas parecidos entre si son la presa Emiliano Zapata y el lago El Rodeo.

Con respecto a los nutrimentos en los tres sistemas no se detectaron diferencias significativas para el amonio ($F=0.581$; $p=0.630$) y nitritos ($F=1.125$; $p=0.348$) en comparación para los otros factores cuyos valores fueron: nitratos ($F=23.895$), ortofosfatos ($F=7.095$), fósforo total ($F=12.007$), silicatos ($F=11.672$) y sulfatos ($F=43.560$), con $p < 0.000$ para todas las pruebas. Las pruebas de Tukey y Bonferroni muestran que los sistemas mas parecidos entre si son la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco.

Los niveles de agua en la presa Emiliano Zapata varían a lo largo del estudio; en general se puede observar que ocurren dos periodos: uno de llenado (producto de la temporada de lluvias) y otro de vaciado (que ocurre de forma gradual como resultado de la apertura de la compuerta para actividades agrícolas). Existen otros factores que influyen en la disponibilidad del recurso, como lo es la evaporación y la infiltración del agua.

La transparencia al disco de Secchi también estuvo relacionada con los periodos de llenado y vaciado, el aporte de materia orgánica e inorgánica por medio de los afluentes y del florecimiento fitoplanctónico, por lo que la mayor visibilidad al disco de Secchi se observó de 1.12 m en el mes de febrero del 2002, en donde hay menor cantidad de sólidos y fitoplancton y la menor de 0.33 m en abril (figura 5).

La profundidad mínima se registró en el mes de mayo (4 m) y la máxima en octubre (13 m).

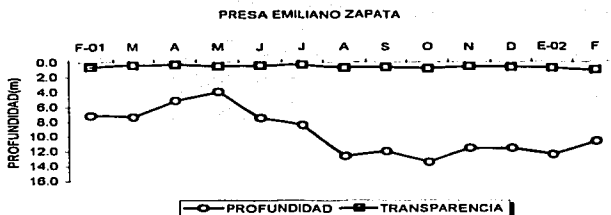


FIGURA 5. Profundidad y transparencia.

Debido a la importancia que tiene la temperatura en los ambientes acuáticos, se realizó una comparación entre la temperatura ambiente y la del agua utilizando los valores promedio.

La temperatura ambiente fluctuó de 13.5°C (diciembre) a 31.8°C (marzo) con un promedio de 23.8°C. La temperatura promedio del agua fue de 25.2°C, mientras que la temperatura máxima promedio se registró en septiembre (27.6°C) y la mínima promedio fue de 20.7 °C en el mes de enero.(figura 6).

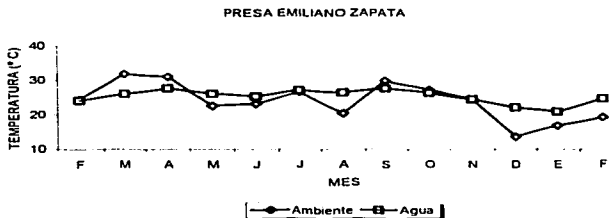


FIGURA 6. Variación temporal de la temperatura ambiente y del agua.

Las temperaturas más altas se registraron en las capas superficiales en el mes de septiembre con 31°C y las temperaturas mínimas en las zonas más profundas en el mes de enero con 21°C (Figura 7).

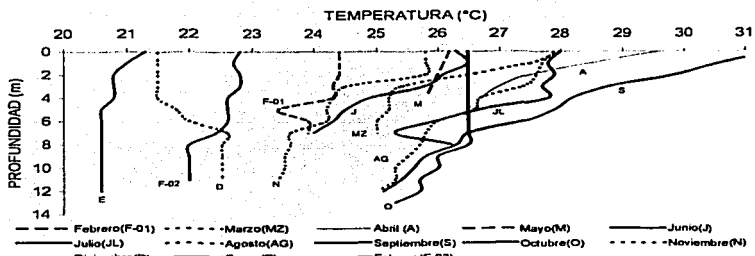


FIGURA 7. Perfiles de temperatura de febrero del 2001 a febrero del 2002..

Con base en los registros térmicos se presentaron dos periodos, uno de mezcla que abarcó de octubre a febrero y otro de estratificación de marzo a septiembre tal como se muestra en las figuras 7 y 8; en la cual se observa que en otoño e invierno el sistema se hace más homogéneo al presentar poca variación en la temperatura al nivel de la columna de agua, no así en primavera y verano donde se observa variación de 3 a 6°C, no existiendo diferencias significativas entre las profundidades ($F = 1.157; p=0.320$).

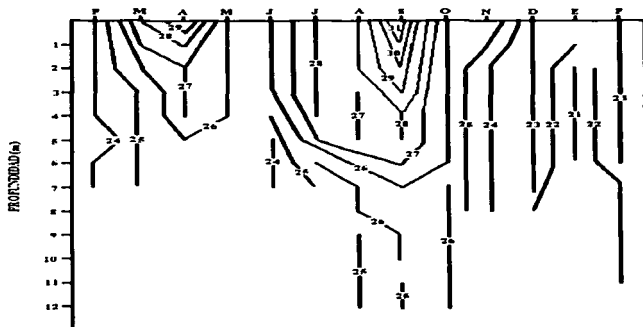


FIGURA 8. Variación espacio-tiempo para la temperatura.

La concentración de oxígeno disuelto fue variable a lo largo del tiempo, así como en la columna de agua. En la figura 9 y 10 se observa que la mayor concentración de oxígeno disuelto se obtuvo en la capa superficial y va disminuyendo conforme incrementa la profundidad (F=22,376,p<0,0), siendo este detectable en bajas cantidades hasta los once metros en los meses de noviembre, diciembre y enero presentando condiciones de anoxia en las capas más profundas. Se registró la concentración más alta en el mes de marzo (11.59 mg/l) y en el mes de abril y junio las más bajas (0.184 mg/l), con un promedio de 3.76 mg/l.

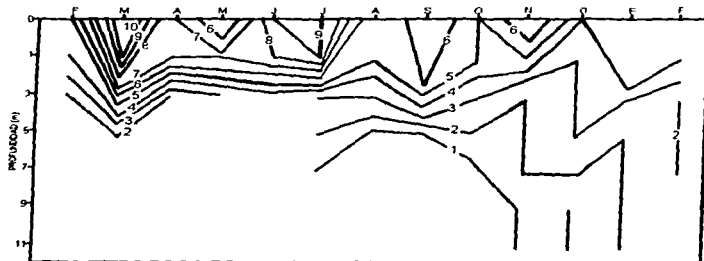


FIGURA 9. Diagrama espacio-tiempo para el oxígeno disuelto.

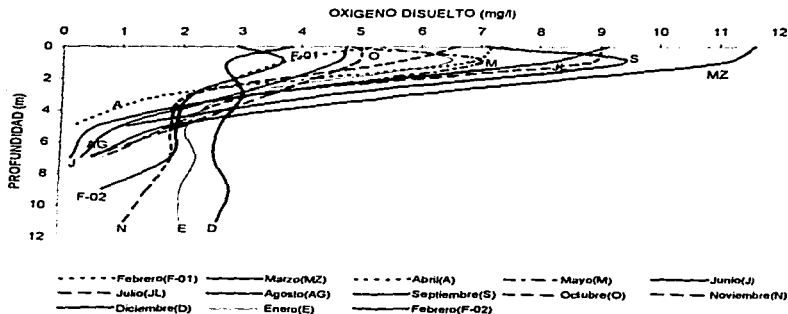


FIGURA 10. Perfiles de oxígeno disuelto correspondientes al periodo de febrero del 2001 a febrero del 2002.

En las figuras 11 y 12, se observan los valores promedio mensuales de alcalinidad total en la presa Emiliano Zapata que fluctuó de 14 mg/l en los meses de febrero y junio hasta 24.5 mg/l en marzo, con promedio de 18.3 mg/l ($F=0.610, p=0.746$). En el pH la media anual fue de 7.4 unidades mientras que el valor mínimo fue de 6.9 en el mes de mayo y el máximo de 7.9 en febrero de 2001 ($F=4.487, p<0.0$). Con respecto a la concentración de dureza total, esta registró valores que oscilaron entre 297.3 mg/l en el mes de junio a 413.7 mg/l en mayo, con un promedio de 376.1 mg/l (figura 12) ($F=2.661, p=0.017$). El valor menor de conductividad registrada fue de 636.1 $\mu\text{S/cm}$ en octubre y la máxima de 909.6 $\mu\text{S/cm}$ en mayo con promedio de 718.49 $\mu\text{S/cm}$ ($F= 0.439, p> 0.953$).

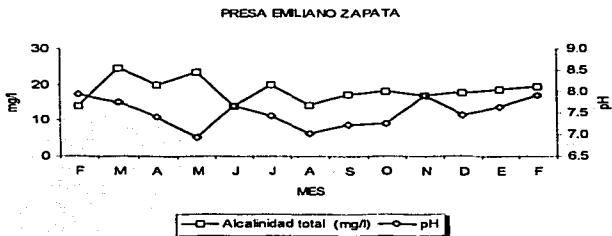


FIGURA 11. Relación Alcalinidad total y pH.

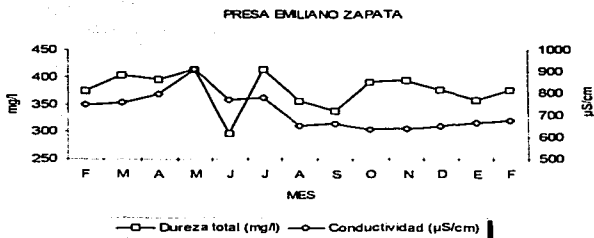


FIGURA 12. Relación Dureza total y Conductividad

Las concentraciones de nitritos a lo largo del muestreo fueron muy bajas, a excepción del mes de julio (0.04 mg/l). En cambio las concentraciones de nitratos fluctuaron de 0.08 mg/l en febrero del 2002 a 0.29 mg/l en octubre y las de amonio oscilaron de 0.15 mg/l en enero del 2002 hasta 0.51 mg/l en marzo. La tendencia de este parámetro fue de disminuir a través del estudio, encontrándose lo opuesto para los nitratos (figura 13). No se encontraron diferencias significativas conforme a la profundidad (ANAEVA; $p > 0.05$) en las concentraciones de nitrógeno.

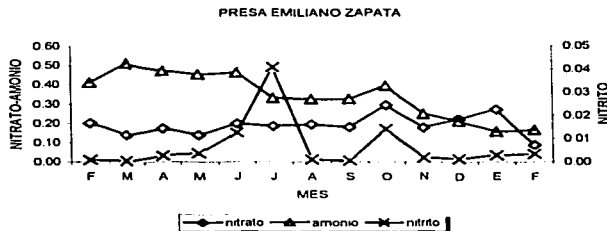


FIGURA 13. Variación de los nitratos, amonio y nitritos.

La concentración mínima del fósforo total fue de 0.07 mg/l en mayo y la máxima de 0.69 mg/l en octubre; de acuerdo al análisis de varianza existen diferencias significativas entre las profundidades ($F=12.181$; $p < 0.00$), los ortofosfatos oscilaron de 0.04 mg/l en los meses de marzo y mayo a 0.44 mg/l en junio. ($F=3.760$; $p < 0.002$) El comportamiento para ambos parámetros fue el de incrementar durante la temporada de lluvia y presentar los mínimos valores durante secas (figura 14).

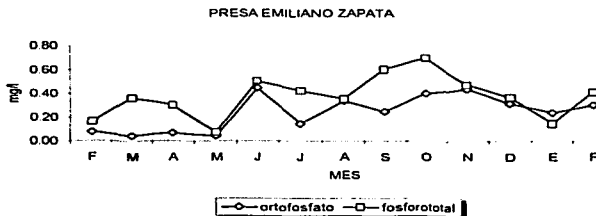


FIGURA 14. Variación del fósforo total y Ortofosfatos.

Por lo que se refiere a la concentración de silicatos el valor mínimo se registró en el mes de enero con 8 mg/l y el máximo de 33.8 mg/l en marzo, aunque la tendencia fue de disminuir a través del estudio, no se registraron diferencias significativas ($F=0.730$; $p=0.648$).

Con respecto a los sulfatos se registró la mínima concentración en diciembre (39.4 mg/l) y la máxima en febrero del 2001 (131.3 mg/l); es durante la época de lluvias cuando registran incrementos en las concentraciones de sulfatos y no se encontraron diferencias significativas entre profundidades ($F=0.115$; $p=0.993$) (figura 15).

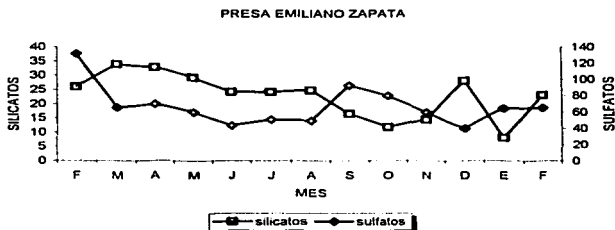


FIGURA 15. Comportamiento de los silicatos y sulfatos.

TABLA 1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRIMENTOS Y CLOROFILA "a".

PARAMETROS	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Temperatura H ₂ O (°C)	31.7	20.6	24.6
Profundidad (m)	13.5	4.00	9.57
Transparencia (m)	1.12	0.33	0.64
Oxígeno disuelto (mg/l)	11.59	0.18	3.21
Alcalinidad total (mg/l)	42.5	10	18.01
Dureza total (mg/l)	490.49	302.80	378.96
pH	8.6	6.19	7.48
Conductividad (µS/cm)	930	587	696
Nitratos (mg/l)	0.431	0.038	0.192
Nitritos (mg/l)	0.067	0.0001	0.0061
Amonio (mg/l)	0.581	0.044	0.300
Ortofosfatos (mg/l)	0.672	0.010	0.260
Fósforo total (mg/l)	1.547	0.053	0.397
Silicatos (mg/l)	35.438	2.872	21.483
Sulfatos (mg/l)	233.43	22.843	87.108
Clorofila "a" (µg/l)	83	7	43

FITOPLANCTON

Con respecto al comportamiento de los valores promedio para cada uno de los grupos representativos del fitoplancton que se registraron para la presa Emiliano Zapata, se presenta el siguiente orden por abundancia para cada división: Chlorophyta>Cyanophyta>Chromophyta (figura 16).

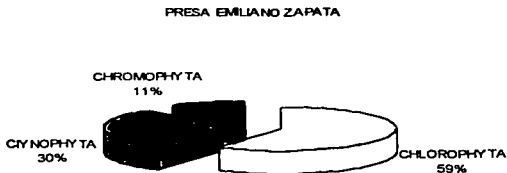


FIGURA 16. Composición porcentual de las divisiones presentes en el fitoplancton.

El grupo de las clorofitas fue el que mayor abundancia registró, comportamiento que tiende a incrementar como avanza el estudio; las cianofitas, el segundo grupo en abundancia presentan un comportamiento inverso al anterior. El grupo de las cromofitas aumenta a lo largo del estudio con un máximo en julio y noviembre (figura 17).

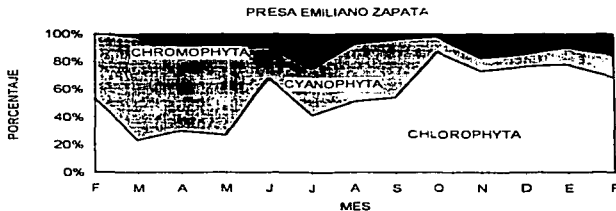
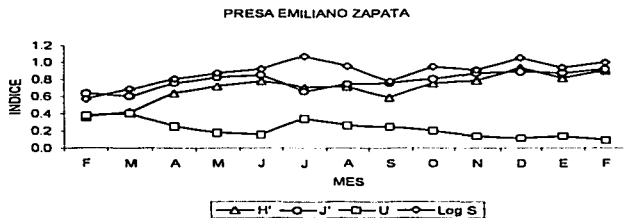


FIGURA 17. Variación temporal de los componentes del fitoplancton.

La variación mensual en cuanto al índice de diversidad mostró un incremento durante el estudio de manera general contrario al índice de uniformidad cuya tendencia fue de disminuir. Asimismo, el número de especies de manera general incremento durante el estudio con una disminución durante la estación de secas para posteriormente incrementar durante la época de lluvias (figura 18).



H'= Índice de Shannon-Winner, J'=Equitatividad, U= Uniformidad y Log S= Número de especie.

FIGURA 18. Variación temporal de los índices para la comunidad fitoplanctonica.

Las especies que más frecuencia de aparición a lo largo del muestreo en la división de las Cyanophytas fueron: *Microcystis incerta*, *Oscillatoria* sp, *Anabaenopsis elenkinii* y *Merismopedia glauca* y la especie menos observada fue la de *Nostoc* sp ya que solo se observó en el mes de diciembre. Dentro de las Chlorophytas las especies que se observaron a lo largo de todo el estudio fueron: *Chlorella saccharophylla* y *Desmococcus viridis*; mientras *Staurastrum paradoxum* solo se presento en febrero de 2002; *Navicula* sp. fue la especie mas frecuente de la división Chromophytas (tabla 2).

TABLA 2. FRECUENCIA DE APARICION DE LAS ESPECIES REGISTRADAS DE FITOPLACNTON DURANTE EL CICLO DE MUESTREO (2001-2002).

CYANOPHYTA	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
<i>Anabaena</i> sp.						x	x	x	x				x
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>						x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Merismopedia glauca</i>		x	x	x	x		x	x		x			x
<i>Merismopeida tenuissima</i>		x	x				x			x	x	x	x
<i>Microcystis aeruginosa</i>	x	x	x			x				x			x
<i>Microcystis incerta</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Nostoc</i> sp.												x	
<i>Oscillatoria</i> sp.					x	x	x	x	x	x	x	x	x
CHLOROPHYTA													
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Ankistrodesmus falciformis</i>			x	x		x	x	x	x	x	x		
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Closterium</i> sp.												x	x
<i>Crucigenia quadrata</i>	x	x				x	x		x		x	x	x
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chlorella saccharophilla</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Desmococcus viridis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Kirchneriella lunaris</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Oocystis</i> sp.						x							
<i>Ophiocytium</i> sp.			x	x	x	x	x				x		x
<i>Pediastrum duplex</i>							x			x			
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>								x			x		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>												x	x
<i>Scenedesmus</i> sp.						x						x	
<i>Staurastrum paradoxum</i>													x
CHROMOPHYTA													
<i>Navicula</i> sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia</i> sp.			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x

X = PRESENCIA, CUADRO VACIO = NO SE OBSERVARON

El número de especie representativas por su abundancia y frecuencia de aparición por división fueron: Cyanophyta (8), Chlorophyta (16) y Chromophyta (2). Dentro de las cianofitas (Tabla 3) la especie mas abundante fue *Microcystis incerta* con 116 813 org/ml y 92% de frecuencia y la menos abundante fue *Nostoc* sp. con 749 org/ml y 23% de frecuencia de ocurrencia. *Ankistrodesmus falcatus* fue la especie mas abundante en la división de las clorofitas (193 690 org/ml) pero no la más frecuente, ya que *Chlorella saccharophilla* y *Desmococcus viridis* tuvieron 100% de frecuencia de aparición. Las especies menos abundantes fueron *Closterium* sp, *Scenedesmus* sp y *Scenedesmus quadricauda* con 499 org/ml y una frecuencia del 15% respectivamente. De las dos especies de cromofitas la mas abundante y frecuente fue *Navicula* sp (63 898 org/ml y 92% respectivamente).

TABLA 3. FRECUENCIA DE OCURRENCIA Y ABUNDANCIA TOTAL DE GENEROS Y ESPECIES DEL FITOPLANCTON

CYANOPHYTA	ABUND. org/mL	% FRECUENCIA
<i>Microcystis incerta</i>	116813	92
<i>Merismopedia glauca</i>	80870	62
<i>Oscillatoria</i> sp.	58906	62
<i>Anabaenopsis elenkini</i>	38688	62
<i>Anabaena</i> sp.	22214	46
<i>Microcystis aeruginosa</i>	15475	38
<i>Merismopedia tenuissima</i>	9984	54
<i>Nostoc</i> sp.	749	23
CHLOROPHYTA		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	193690	77
<i>Desmococcus viridis</i>	136282	100
<i>Chlorella saccharophilla</i>	102336	100
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	50419	92
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	47674	85
<i>Crucigenia quadrata</i>	34944	62
<i>Kirchneriella lunaris</i>	28205	92
<i>Ankistrodesmus falciformis</i>	27456	54
<i>Ophiocytium</i> sp.	10234	54
<i>Pediastrum duplex</i>	2496	15
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	2496	15
<i>Oocystis</i> sp.	1498	8
<i>Staurastrum paradoxum</i>	749	8
<i>Closterium</i> sp.	499	15
<i>Scenedesmus</i> sp.	499	15
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	499	15
CHROMOPHYTA		
<i>Navicula</i> sp.	63898	92
<i>Nitzschia</i> sp.	52416	77

ZOOPLANCTON

Con respecto al análisis taxonómico del zooplancton, en los tres grupos que se presentaron en el área de estudio se registraron siete especies en total (Tabla 4). Los copépodos que incluyen a los ciclopoideos y calanoideos, fue el grupo con mayor abundancia (79%), los cladóceros en segundo lugar (19%) y los rotíferos sólo representaron el 2% siendo el de menor abundancia durante todo el muestreo (figura 19).

TABLA 4. CLASIFICACIÓN DEL ZOOPLANCTON.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE.	E Z	RODEO	C
Calanoida	Diptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus dorsalis</i> (March, 1907)	X		X
Ctenopoda	Sididae	<i>Daphanosoma</i>	<i>Daphanosoma birgei</i> (Kotnek, 1981)	X	X	X
Anomopoda	Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1874)	X	X	X
Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Thermocyclops</i>	<i>Thermocyclops inversus</i> (Kiefer, 1936)	X	X	
Flosculariaceae	Testudinellidae	<i>Filinia</i>	<i>Filina</i> sp. (Ehrenberg, 1834)	X	X	X
Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus</i>	<i>Brachionus</i> sp. (Ahmstrom, 1940)	X	X	X
Ploima	Brachionidae	<i>Keratella</i>	<i>Keratella</i> sp. (Carlin, 1943)	X	X	X

E Z = Emiliano Zapata, C = Coatelelco.

(Edmondson, 1959)

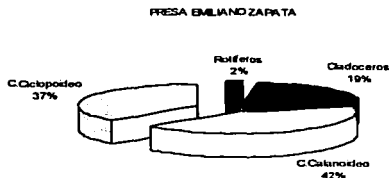


FIGURA 19. Representación porcentual de los grupos registrados para el zooplancton.

La composición del zooplancton a lo largo del estudio tuvo el siguiente orden de abundancia: los copépodos ciclopoideos presentan dos máximos (en marzo y junio), no se registran en verano y a partir de septiembre aumentan hasta el final del estudio. Los copépodos calanoideos presentan tendencia de disminución de inicio de muestreo hasta junio, posteriormente incrementan durante el verano y disminuyen hacia el final del estudio. Los cladóceros se registraron durante todo el estudio excepto en junio y julio; su máximo se observó en agosto con tendencia hacia la disminución al final del estudio. Los rotíferos fueron el grupo con menor abundancia con máximo en febrero y junio (figura 20).

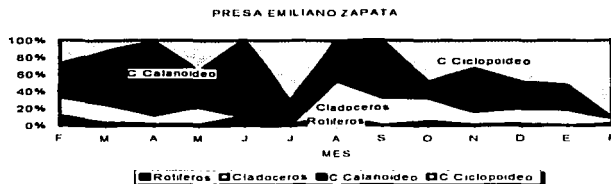


FIGURA 20. Composición temporal del zooplancton.

En cuanto a la variación estacional del plancton (fitoplancton y zooplancton), el primero presentó una tendencia de incremento del número de organismos de febrero a julio para posteriormente de manera general disminuir hacia septiembre y mantenerse de manera constante hacia finales del estudio, mientras que el zooplancton presentó dos máximos (marzo y noviembre) con bajas densidades hacia el fin del muestreo (figura 21).

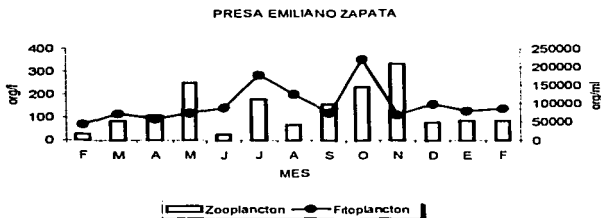


FIGURA 21. Variación estacional del plancton.

COLOROFILA " a "

Con respecto a la variación bimestral de clorofila "a" se observó que incrementa a partir de abril con máximas concentraciones en la temporada de lluvia (agosto y octubre) para disminuir hacia el mes de febrero del 2002 (figura 22).

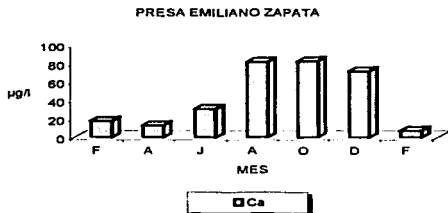


Figura 22. Variación de Clorofila "a".

LAGO " EL RODEO ".

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Para el lago El Rodeo la estación de monitoreo se ubicó a 1 076 m.s.n.m. entre los 18° 45' 58" latitud norte y 99° 19' 41.7" longitud oeste (figura 3).

Los niveles de agua varían a lo largo del estudio; por lo que se pueden registrar dos periodos: uno de llenado, producto de la temporada de lluvias y otro de vaciado que ocurre de forma gradual. El agua que se utiliza para las actividades agrícolas y otros factores que influyen en la disponibilidad del recurso asociados a la apertura de la compuerta son la evaporación y la infiltración del agua,

La transparencia al disco de Secchi, estuvo relacionada con los periodos de llenado y vaciado, el aporte de materia orgánica e inorgánica por medio de los afluentes y del florecimiento fitoplanctónico, por lo que la mayor visibilidad al disco de Secchi se registró en octubre (1.7 m) y la menor en junio (0.13 m).

En la figura 23 la profundidad mínima se observa en el mes de mayo con 1.5 m y la máxima en octubre con 9.5 m.

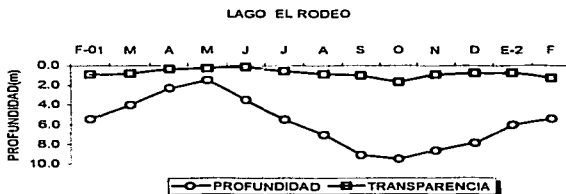


FIGURA 23. Profundidad y transparencia.

En la figura 24 la temperatura ambiente promedio fue de 29.2 °C, esta osciló entre 23.5°C (febrero de 2002) y 34°C (febrero de 2001). La temperatura máxima promedio del agua fue de 27.5°C en el mes de abril y la mínima promedio fue de 21.8°C en enero, mientras la temperatura promedio fue de 25.1°C.

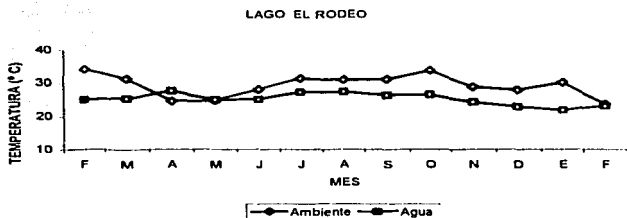


FIGURA 24. Variación temporal de la temperatura ambiente y del agua.

En este cuerpo de agua con respecto al comportamiento térmico se registraron dos periodos: uno de mezcla en los meses de noviembre a febrero y otro de estratificación que va de marzo a octubre (figura 25 y 26) por lo que el sistema se clasificó como monomítico cálido de acuerdo a Lewis (1983).

Se registraron temperaturas de 21°C en enero en la parte profunda y 30°C en agosto en la capa superficial, con promedio (F=2.75; $p=0.033$).

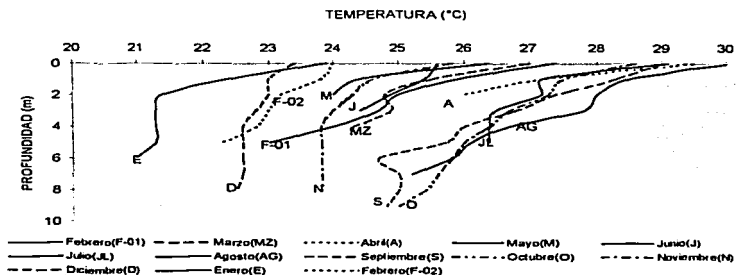


FIGURA 25. Perfiles de temperatura correspondientes al periodo de febrero del 2001 a febrero del 2002.

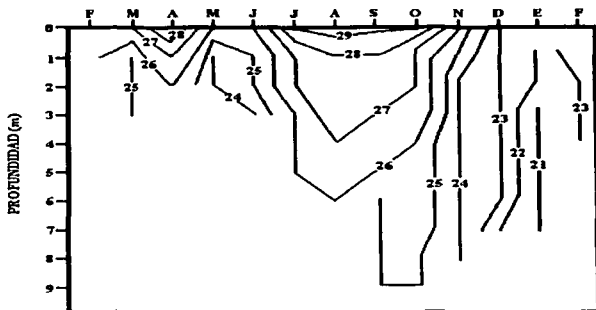


FIGURA 26. Variación espacio-tiempo para la temperatura.

Las concentraciones de oxígeno disuelto para el lago El Rodeo al igual que en la presa variaron a lo largo del tiempo y en la columna de agua, ya que en los niveles superiores se determinó una mayor concentración de oxígeno, la cual tiende a disminuir al aumentar la profundidad ($F=7.289; p<0.000$). Durante el mes de enero se registró la máxima concentración de oxígeno (7.54 mg/l) en la superficie mientras que las concentraciones mínimas se obtuvieron en los meses de julio, septiembre y octubre (1.0 mg/l) registrándose condiciones de anoxia en las partes más profundas. El comportamiento de la concentración muestra un tipo de curva clinógrada (figuras 27 y 28).

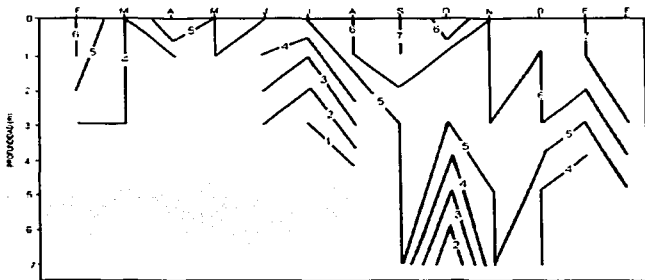


FIGURA 27. Diagrama espacio-tiempo para el oxígeno disuelto.

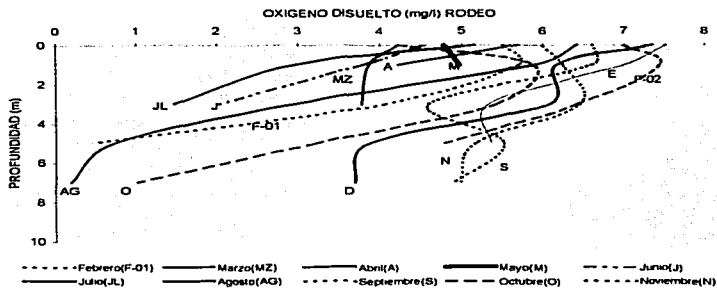


FIGURA 28. Perfiles de oxígeno disuelto de febrero del 2001 a febrero del 2002.

Las concentraciones de alcalinidad total se registraron entre 9.0 mg/l (agosto) hasta 20 mg/l (mayo) con un promedio de 12.17 mg/l, no existiendo diferencias significativas entre profundidades ($F=0.362$; $p=0.872$). El pH mínimo registrado fue de 7 en el mes de noviembre y el máximo de 8.1 en febrero del 2001 y la media anual promedio fue de 7.49 unidades ($F=6.311$; $p<0.000$). Las concentraciones de dureza total fluctuaron entre 46.7 mg/l en junio hasta 110.1 mg/l en mayo con promedio de 69.7 mg/l, no registrando diferencias significativas ($F=0.616$; $p=0.688$). La conductividad osciló de 122.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en noviembre y diciembre a 202.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en mayo con promedio de 145.11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no se encontró diferencia significativa ($F=1.881$; $p=0.068$) (figuras 29 y 30).

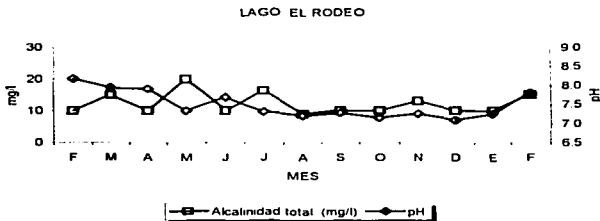


FIGURA 29. Relación Alcalinidad total y pH.

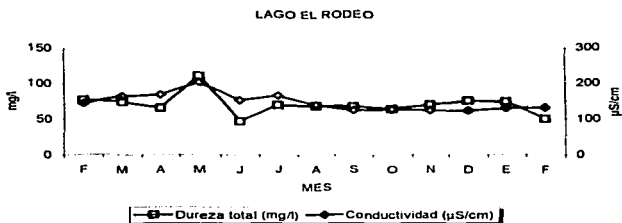


FIGURA 30. Relación Dureza total y Conductividad.

Los nitritos no se registraron en marzo y agosto y la máxima concentración fue de 0.007 mg/l en junio. La concentración mínima de nitratos fue de 0.07 mg/l en octubre y la máxima de 0.38 mg/l en junio; observándose un aumento en la época de secas y una disminución en época de lluvias. El amonio fluctuó de 0.12 mg/l en enero a 0.57 mg/l en marzo, no existiendo diferencias significativas en las concentraciones de nitrógeno en las profundidades (figura 31).

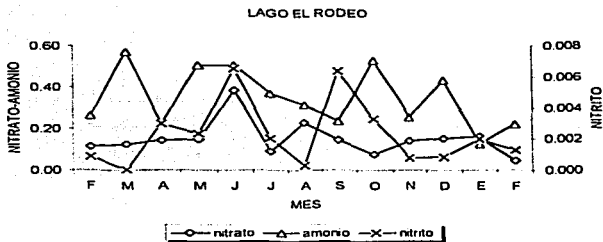


FIGURA 31. Variación de los nitratos, amonio y nitritos.

La concentración mínima de fósforo total fue de 0.002 mg/l en enero y la máxima de 0.23 mg/l en junio, registrando diferencias significativas ($F=2.817$; $p=0.027$); los ortofosfatos fluctuaron de 0.004 mg/l en marzo a 0.18 mg/l en noviembre. Las mayores concentraciones de ortofosfatos se registraron durante la temporada de

lluvias, no existiendo diferencias significativas ($F=0.482$; $p=0.788$) mientras que el fósforo total se mantuvo más o menos constante durante todo el estudio (figura 32).

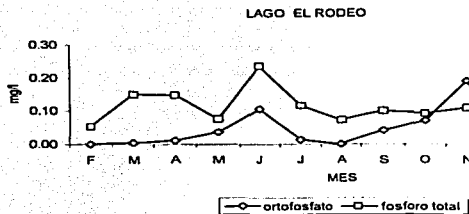


FIGURA 32. Variación de los ortofosfatos y fósforo total.

Las concentraciones de silicatos oscilaron de 12.3 mg/l en enero del 2002 a 33.3 mg/l en febrero del 2001 y los valores de sulfatos entre 1.4 mg/l en agosto a 6.2 mg/l en febrero del 2001. Ambos parámetros presentaron la tendencia de disminuir durante el estudio y no se registraron diferencias significativas para ambos ($F=0.532$; $p=0.751$ y $F=0.785$; $p=0.566$ respectivamente) (figura 33).

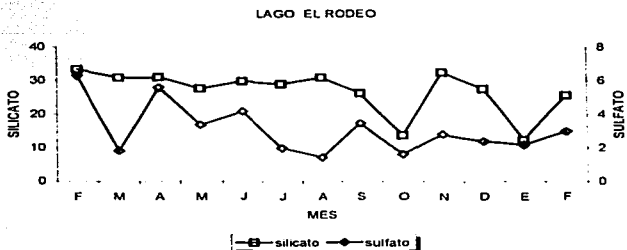


FIGURA 33. Comportamiento de los silicatos y sulfatos.

TABLA 5. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRIMENTOS Y CLOROFILA "a".

PARAMETROS	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Temperatura H ₂ O (°C)	30.1	21	25.07
Profundidad (m)	9.50	1.50	5.83
Transparencia (m)	1.70	0.13	0.80
Oxígeno disuelto (mg/l)	7.54	0.00	4.49
Alcalinidad total (mg/l)	25	5	11.69
Dureza total (mg/l)	140.14	40.04	68.49
pH	8.76	6.58	7.41
Conductividad (µS/cm)	204	115	138.11
Nitratos (mg/l)	0.590	0.038	0.143
Nitritos (mg/l)	0.017	0.000	0.002
Amonio (mg/l)	0.676	0.097	0.341
Ortofosfatos (mg/l)	0.295	0.003	0.048
Fósforo total (mg/l)	0.418	0.012	0.102
Silicatos (mg/l)	34.286	8.364	26.214
Sulfatos (mg/l)	9.533	0.221	2.950
Clorofila "a" (µg/l)	79	2	34

FITOPLANCTON

De igual manera que en la presa Emiliano Zapata, los grupos representativos que se registraron en el lago "El Rodeo" fueron los siguientes por orden de abundancia Chlorophyta > Cyanophyta > Chromophyta (figura 34).

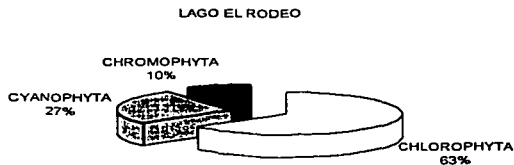


FIGURA 34. Composición porcentual de las divisiones presentes en el fitoplancton.

De las tres divisiones, las Chlorophytas incrementan desde el inicio del estudio con máximos en abril, octubre, diciembre y enero siendo el grupo más abundante. Las Cyanophytas son el segundo grupo en abundancia con máximos en febrero y agosto con tendencia a una disminución hacia el final del estudio. Las Chromophytas se mantienen con poca abundancia durante el muestreo, con picos máximos en marzo y mayo (figuras 35).

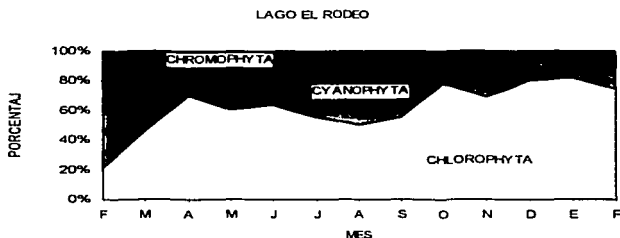


FIGURA 35. Variación temporal de los componentes del fitoplancton.

En cuando la variación temporal, la diversidad y equitatividad del fitoplancton se mantuvieron constantes durante el estudio a diferencia del número de especies que incrementó hacia el final del trabajo (figura 36).

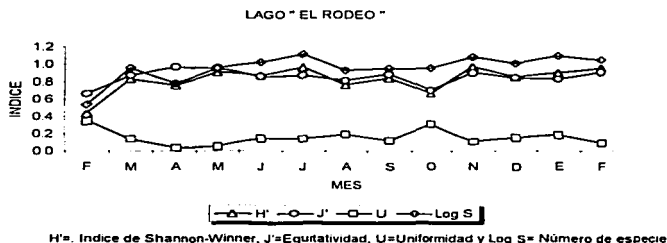


FIGURA 36. Variación temporal de los índices para la comunidad fitoplanctonica.

Las especies más representativas a lo largo del muestreo de la división Cyanophyta fueron: *Microcystis incerta*, *Anabaenopsis elenkinii* y *Merismopedia tenuissima* y la especie menos observada fue la de *Nostoc sp* ya que solo se registró en el mes de febrero de 2001; dentro de la Chlorophyta las especies más frecuentes a lo largo de todo el estudio fueron: *Chlorella saccharophilla*, *Crucigenia tetrapedia* y *Ankistrodesmus gracilis*; mientras *Staurastrum gracille* y *Coelastrum sp* solo se presentan en un mes; *Navicula sp.* fue la especie más frecuente de la división Chromophyta (tabla 6).

TABLA 6. FRECUENCIA DE APARICION DE LAS ESPECIES REGISTRADAS DE FITOPLACNTON EN EL CICLO DE MUESTREO (2001-2002).

CYANOPHYTA	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
<i>Anabaena sp.</i>		x					x	x	x	x			
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chroococcus limnética</i>						x	x						
<i>Merismopedia glauca</i>	x	x			x	x	x	x	x		x	x	
<i>Merismopeida tenuissima</i>	x	x		x		x	x	x	x	x			x
<i>Microcystis aeruginosa</i>	x			x	x	x							
<i>Microcystis incerta</i>	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nostoc sp.</i>	x												
<i>Oscillatoria sp.</i>	x		x		x	x	x	x				x	
CHLOROPHYTA													
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		x	x			x	x		x	x	x	x	x
<i>Ankistrodesmus falciformis</i>					x	x	x		x	x	x	x	
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
<i>Closterium sp.</i>								x			x		
<i>Coelastrum sp.</i>					x								
<i>Crucigenia quadrata</i>	x		x			x	x	x	x	x		x	x
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chlorella saccharophilla</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cosmarium sp.</i>												x	x
<i>Desmococcus viridis</i>	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Kirchneriella lunaris</i>		x			x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Oocystis sp.</i>						x					x		
<i>Ophiocytium sp.</i>			x	x	x		x	x		x			x
<i>Pediastrum simplex</i>	x											x	x
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>				x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Scenedesmus sp.</i>												x	x
<i>Scenedesmus quadricauda</i>												x	x
<i>Selenastrum sp</i>								x					
<i>Staurastrum gracille</i>													x
CHROMOPHYTA													
<i>Navicula sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x

x = PRESENCIA; CUADRO VACIO = NO SE OBSERVARON

Las especies representativas por su abundancia y frecuencia de aparición por división fueron: Cyanophyta (9), Chlorophyta (19) y Chromophyta (2). Las especie más representativa por su abundancia y su frecuencia de aparición en la división Cyanophyta fue: *Anabaenopsis elenkinii*. Para la división Chlorophyta la especie más representativa por su abundancia y frecuencia fue *Chlorella saccharophilla*, *Ankistrodesmus falcatus*; *Desmococus viridis* y *Crucigenia tetrapedia*. Se presentaron no muy frecuentemente pero en cantidades considerables *Staurastrum gracile* y *Coelastrum* sp. *Navicula* sp fue la especie más abundante de las dos registradas para la división de las Chromophytas (Tabla 7).

TABLA 7. FRECUENCIA DE OCURRENCIA Y ABUNDANCIA TOTAL DE GÉNEROS Y ESPECIES DEL FITOPLANCTON.

CYANOPHYTA	ABUND. Cel/ml	% FRECUENCIA
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	63398	85
<i>Merismopedia tenuissima</i>	60902	77
<i>Microcystis incerta</i>	53414	92
<i>Oscillatoria</i>	44678	54
<i>Merismopedia glauca</i>	35194	69
<i>Anabaena</i> sp.	22464	46
<i>Chroococcus limnética</i>	11482	15
<i>Microcystis aeruginosa</i>	5741	31
<i>Nostoc</i> sp.	3744	8
CHLOROPHYTA		
<i>Chlorella saccharophilla</i>	154253	100
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	147014	69
<i>Desmococcus viridis</i>	139027	77
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	99590	85
<i>Ophiocytium</i>	27706	54
<i>Ankistrodesmus falciformis</i>	26707	54
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	24461	85
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	15475	69
<i>Crucigenia quadrata</i>	14726	69
<i>Kirchneriella lunaris</i>	13978	69
<i>Cosmarium</i> sp.	9734	15
<i>Scenedesmu</i> sp.	5741	15
<i>Coelastrum</i> sp.	3245	8
<i>Closterium</i> sp.	1997	15
<i>Oocystis</i>	1747	15
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	1498	15
<i>Pediastrum simplex</i>	998	23
<i>Selenastrum</i> sp.	998	15
<i>Staurastrum gracile</i>	499	8
CHROMOPHYTA		
<i>Navicula</i> sp.	48672	100
<i>Nitzschia</i> sp.	46675	92

ZOOPLANCTON

En la figura 37 se observa que en la composición del zooplancton, el grupo más abundante es el de los copépodos que incluye a los ciclopoideos y calanoideos (59%), seguidos por los cladóceros (37%) y por último los rotíferos (4%), encontrándose taxonómicamente seis especies de zooplancton (Tabla 4)

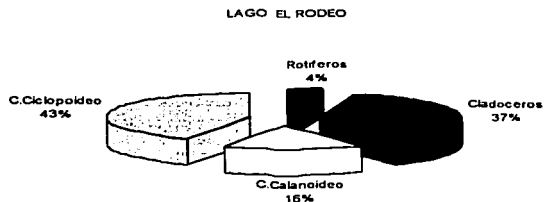


FIGURA 37 Representación porcentual de los grupos registrados en el zooplancton.

La variación y composición temporal del zooplancton muestra que el grupo de los copépodos ciclopoideos presenta máximos en mayo y hacia finales del estudio y, desaparece en septiembre. Los copépodos calanoideos se comportan casi semejante que los ciclopoideos pero tienen una disminución en el mes de agosto. Los cladóceros presentan máximos en los meses de febrero 2001 y agosto y el grupo de los rotíferos presenta máximos en verano y otoño, siendo el grupo con menor abundancia (figura 38).

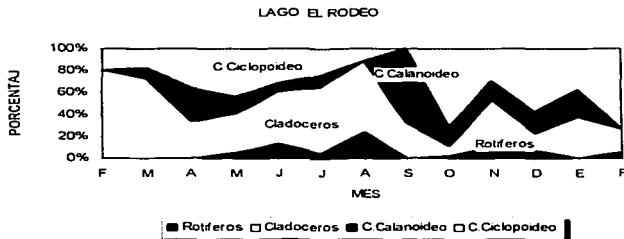


FIGURA 38. Composición temporal del zooplancton.

Con respecto al plancton el fitoplancton mostró una disminución en el mes de abril; incrementándose a partir de mayo y hasta octubre el número de organismos para después disminuir hacia el final del estudio; el mismo comportamiento presentó el zooplancton con máximos en julio y octubre (figura 39).

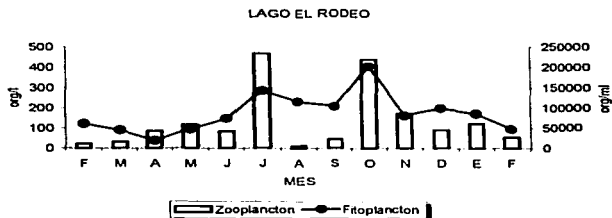


FIGURA 39. Variación estacional del plancton.

CLOROFILA "a".

En la concentración de clorofila "a" de manera bimestral se puede observar que la mínima concentración fue en el mes de abril (época de secas) y la máxima en época de lluvia (agosto) (figura 40).

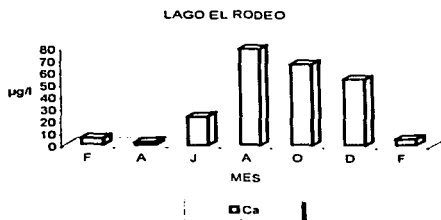


Figura 40. Variación de la concentración de Clorofila "a".

LAGO COATETELCO.

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

En el lago de Coatetelco se establecieron dos estaciones de monitoreo, la primera está ubicada a 958 m.s.n.m. entre los 18° 49' 9" latitud norte y 99° 20' 13.9" longitud oeste y la estación dos se localizo a 956 m.s.n.m. entre los 18° 49' 39.5" latitud norte y 99° 19' 57.5" longitud oeste (figura 4). De acuerdo al análisis de varianza (ANAVEVA; $p < 0.05$), no existen diferencias estadísticas significativas entre las estaciones. Con base en lo anterior se decidió solo mostrar los resultados que correspondían a la estación 1.

La profundidad mínima se registró en los meses de abril y mayo con 0.90 m y la máxima en octubre con 1.80 m; la máxima visibilidad al disco de Secchi que se observó fue de 0.28 m en el mes de octubre y la mínima de 0.80 m en el mes de junio (figuras 41).

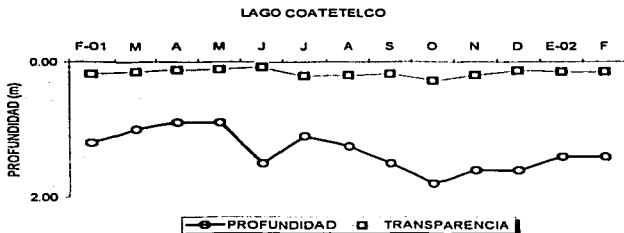


FIGURA 41. Profundidad y transparencia.

La temperatura ambiente osciló de 25°C en mayo a 33 °C en marzo con un promedio de 30.2°C. La temperatura promedio del agua fue de 28.12°C, mientras que la temperatura máxima promedio se registro en el mes de julio (32.2°C) y la mínima promedio fue de 24°C en diciembre (figura 42) La tendencia de la temperatura del agua fue de aumentar desde el inicio del estudio hacia el verano para posteriormente disminuir hacia el final del estudio.

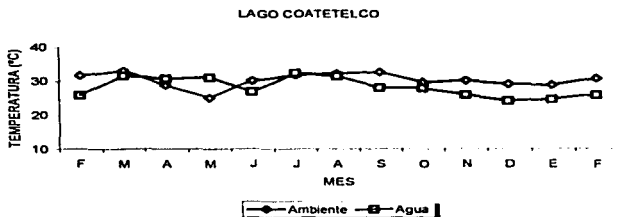


FIGURA 42. Variación temporal de la temperatura ambiental y del agua.

La temperatura del agua más alta que se registro fue en la capa superficial en el mes de agosto con 35°C y la mínima en el mes de enero con 21°C (figura 43). Se observó una mayor profundidad (2 m) durante otoño e invierno, existiendo diferencia significativa entre profundidades ($F=9.878$; $p=0.005$).

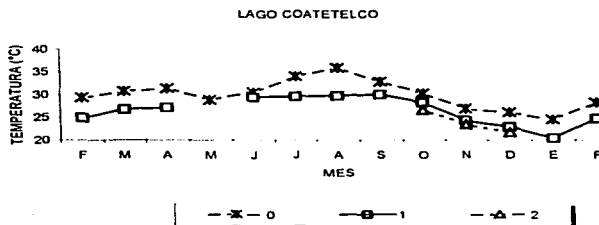


FIGURA 43. Variación espacio-tiempo para la temperatura del agua.

Como se observa en la figura 44 las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua del Lago Coatetelco fluctuaron entre 1.74 mg/l (en junio) y 10.39 mg/l (en julio) con un promedio de 7.07 mg/l, existiendo diferencia significativa ($F=7.936$; $p=0.010$) entre profundidades.

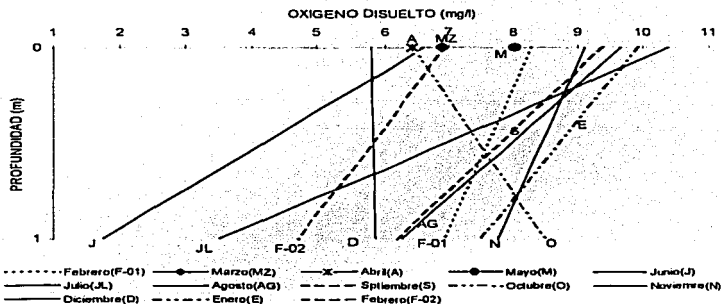


FIGURA 44. Perfiles de la concentración de oxígeno disuelto correspondientes al periodo de febrero del 2001 a febrero del 2002.

En las figuras 45 y 46 se registraron concentraciones de alcalinidad total que oscilaron entre 32.5 mg/l en enero a 41 mg/l en el mes de julio con una media anual de 36.75 mg/l. El pH fluctuó de 7.8 en octubre hasta 9.0 unidades en febrero del 2001, el promedio es de 8.7 unidades. La concentración mínima de dureza total fue de 115.12 mg/l en junio y la máxima de 325.3 mg/l en marzo con promedio de 187.82 mg/l. La conductividad mínima fue de 461 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el mes de septiembre y la máxima de 753 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en abril con promedio de 559.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De acuerdo al análisis de varianza no hubo diferencias significativas para estos parámetros (ANADEVA; $p > 0.05$).

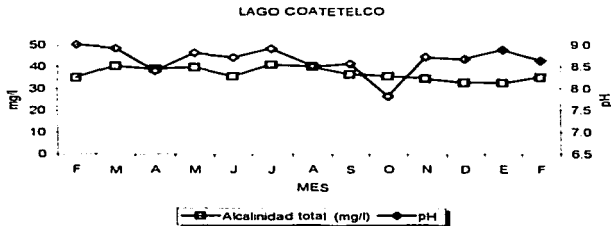


FIGURA 45. Relación Alcalinidad total y pH.

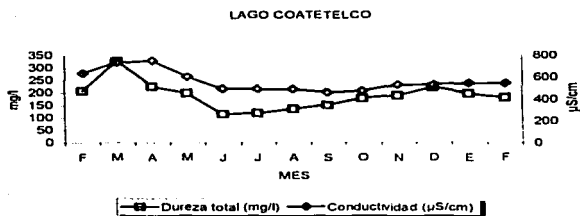


FIGURA 46. Relación Dureza total y Conductividad

Para los nutrimentos no se detectaron diferencias estadísticas significativas en el análisis de varianza. Las concentraciones de nitritos fueron muy bajas fluctuando de 0,006 mg/l en noviembre a 0,02 mg/l en junio. En los nitratos la mínima fue de 0,05 mg/l en septiembre y la máxima de 0,67 mg/l en junio y para el amonio, los valores oscilaron de 0,10 mg/l en enero del 2002 a 0,53 mg/l en marzo (figura 47).

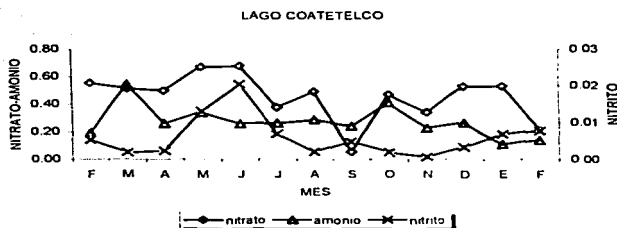


FIGURA 47. Variación temporal de nitratos, nitritos y amonio.

Las concentraciones mínimas de ortofosfatos se registraron en el mes de agosto (0,06 mg/l) y las máximas en el mes de junio (0,58 mg/l); los valores de fósforo total fluctuaron de 0,16 mg/l en agosto a 0,74 mg/l en abril. El comportamiento que se registró indica que las más altas concentraciones se obtuvieron en época de secas y las menores durante la época de lluvia (figura 48).

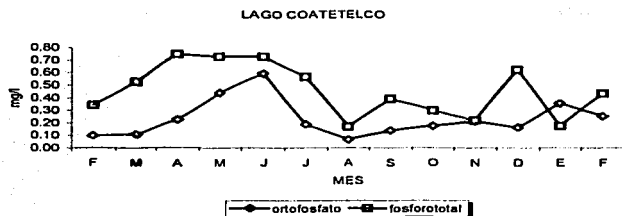


FIGURA 48. Variación de los ortofosfatos y fósforo total.

La concentración mínima de silicatos se observó en octubre (15.7 mg/l) y la máxima en junio (65 mg/l). Para los sulfatos las concentraciones mínimas se registraron el mes de agosto con 21.1 mg/l y la máxima de 45.4 mg/l en marzo (figura 49).

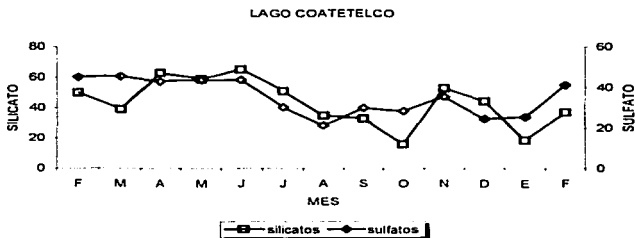


FIGURA 49. Variación temporal de silicatos y sulfatos.

TABLA 8. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRIMENTOS Y CLOROFILA "a".

PARAMETROS	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Temperatura H ₂ O (°C)	33.6	21.5	27.7
Profundidad (m)	1.80	0.90	1.32
Transparencia (m)	0.28	0.08	0.16
Oxígeno disuelto (mg/l)	10.39	1.748	7.072
Alcalinidad total (mg/l)	50	23.75	36.86
Dureza total (mg/l)	325.325	110.11	179.82
pH	9.22	7.81	8.66
Conductividad (µS/cm)	753	460	542
Nitratos (mg/l)	1.0077	0.0483	0.4536
Nitritos (mg/l)	0.021	0.0005	0.0055
Amonio (mg/l)	0.7975	0.0930	0.2750
Ortofosfatos (mg/l)	0.6229	0.0574	0.2214
Fósforo total (mg/l)	1.2723	0.1103	0.4505
Silicatos (mg/l)	101.5983	14.5472	43.7211
Sulfatos (mg/l)	88.3028	21.0239	35.8373
Clorofila "a" (µg/l)	158	23	71

FITOPLANCTON

En el Lago Coatetelco los grupos que se registraron fueron los siguiente por orden de abundancia Chlorophyta>Cyanophyta>Chromophyta (figura 50).

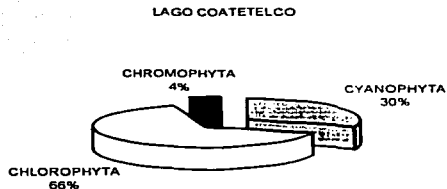


FIGURA 50. Composición porcentual de las divisiones presentes en el fitoplancton.

La variación de los organismos de las tres divisiones en el lago Coatehelco mostró que las clorofitas fue el grupo con mayor abundancia incrementando a partir de septiembre hasta febrero 2002; de manera contraria fue el comportamiento de las cianofitas. El grupo de las cromofitas presentó máximos en junio y febrero del 2002 y durante los otros meses se mantuvo de manera constante (figuras 51).

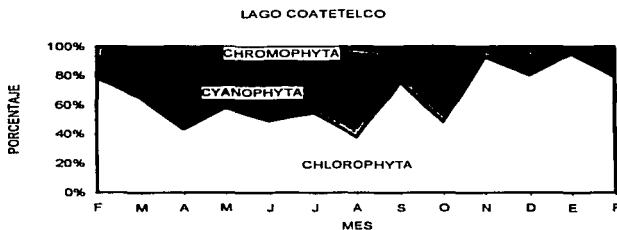
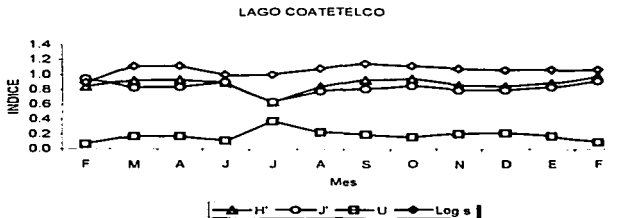


FIGURA 51. Variación temporal de los componentes del fitoplancton.

El índice de diversidad se mantuvo constante durante el estudio excepto en julio que se observó un comportamiento contrario a lo que registró la uniformidad. Respecto a la variación del número de especies esta se mantuvo en forma constante durante el estudio, excepto en los meses de marzo y abril en los cuales se observó un incremento (figura 52).



H' = Índice de Shannon-Winner, J = Equitatividad, U = Uniformidad y Log S = Número de especie

FIGURA 52. Variación temporal de los índices de la comunidad fitoplanctónica.

El número de especies representativas en el lago Coatetelco (Tabla 9) de acuerdo a su frecuencia de aparición fueron: *Anabaena* sp., *Anabaenopsis elenkinii*, y *Microcystis incerta* en la división Cyanophyta y las menos representativas fueron *Chroococcus limnética* y *Nostoc* sp; ya que solo se observaron en un mes. Dentro de las Chlorophyta las especies más características fueron *Crucigenia tetrapedia*, *Ankistrodesmus falcatus* y *Chlorella saccharophilla* y las menos frecuentes fueron *Coelastrum* sp., *Selenastrum* sp. y *Staurastrum gracille*. En las Chromophyta la especie que más se observó fue *Navicula* sp.

TABLA 9. FRECUENCIA DE APARICION DE LAS ESPECIES REGISTRADAS DE FITOPLANCNTON DURANTE EL CICLO DE MUESTREO (2001-2002).

CYANOPHYTA	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
<i>Anabaena</i> sp.		x			x	x	x	x	x	x	x		
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	x	x	x				x	x	x	x			x
<i>Chroococcus limnética</i>	x												
<i>Merismopedia glauca</i>	x		x		x		x	x					
<i>Merismopedia tenuissima</i>						x		x	x				
<i>Microcystis aeruginosa</i>					x	x							
<i>Microcystis incerta</i>			x		x		x	x	x	x	x		x
<i>Nostoc</i> sp.	x												
<i>Oscillatoria</i> sp.		x	x		x	x	x		x				
CHLOROPHYTA													
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Ankistrodesmus falciformis</i>	x	x	x				x	x		x	x		x
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Closterium</i> sp.													x
<i>Crucigenia quadrata</i>		x	x		x			x	x	x	x	x	x
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chlorella saccharophilla</i>	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x
<i>Cosmarium</i> sp.									x		x		
<i>Desmococcus viridis</i>	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	
<i>Kirchneriella lunaris</i>	x	x					x	x	x	x	x	x	x
<i>Ophiocytium</i> sp.	x				x			x	x	x		x	x
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>		x			x	x							
<i>Scenedesmus</i> sp.												x	x
<i>Selenastrum</i> sp.						x							
<i>Staurastrum gracille</i>											x		
CHROMOPHYTA													
<i>Navicula</i> sp.		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia</i> sp.			x		x		x	x	x	x	x	x	x

El número de especies por división para el lago Coatetelco (Tabla 10) fueron: Cyanophyta (9), Chlorophyta (15) y Chromophyta (2). *Oscillatoria* sp fue la especie mas abundante dentro de las cianofitas aunque no la mas frecuente ya no apareció durante todo el tiempo de muestreo y *Chroococcus limnética* fue la especie menos frecuente pero se presento en cantidades considerables. Las especies mas abundantes en las clorofitas fueron *Ankistrodesmus falcatus* y *Desmococcus viridis*, aunque la que tuvo la mayor frecuencia de aparición fue *Crucigenia tetrapedia*. *Closterium* sp, *Selenastrum* sp y *Staurastrum gracille*, se registraron con muy poca frecuencia. *Navicula* sp, fue el género más representativo y abundante durante todo el estudio para la división de las cromofitas

TABLA 10. FRECUENCIA DE OCURRENCIA Y ABUNDANCIA DE GENEROS Y ESPECIES DEL FITOPLANCTON PARA EL LAGO COATETELCO.

CYANOPHYTA	ABUND Cel/mL	% FRECUENCIA
<i>Oscillatoria</i> sp.	154253	46
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	82618	69
<i>Anabaena</i> sp.	53165	62
<i>Microcystis incerta</i>	17472	54
<i>Merismopedia glauca</i>	8237	38
<i>Nostoc</i> sp.	4742	33
<i>Merismopedia tenuissima</i>	2995	25
<i>Chroococcus limnética</i>	1747	8
<i>Microcystis aeruginosa</i>	1248	15
CHLOROPHYTA		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	229133	85
<i>Desmococcus viridis</i>	158746	77
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	69888	92
<i>Ophiocytium</i> sp.	64147	54
<i>Chlorella saccharophilla</i>	57408	85
<i>Kirchneriella lunaris</i>	48922	69
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	38688	85
<i>Ankistrodesmus falciformis</i>	28454	62
<i>Crucigenia quadrata</i>	19469	69
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	4243	23
<i>Cosmarium</i> sp.	3494	15
<i>Scenedesmus</i> sp.	3245	15
<i>Closterium</i> sp.	1747	8
<i>Selenastrum</i> sp.	749	8
<i>Staurastrum gracille</i>	749	8
CHROMOPHYTA		
<i>Navicula</i> sp.	35194	85
<i>Nitzschia</i> sp.	13728	77

ZOOPLANCTON

En el lago Coatetelco se registraron seis especies (Tabla 4). El grupo más abundante fue el de los copépodos (81%) seguido por los cladóceros y por último los rotíferos (figura 53).

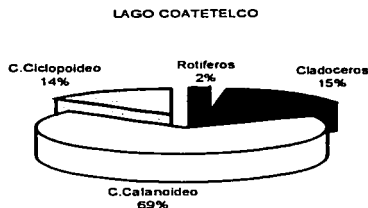


FIGURA 53. Representación porcentual de los grupos registrados en el zooplancton.

La variación y composición del zooplancton, muestra que el grupo más abundante fue el de los copépodos que incluye a los ciclopoideos que dominaron en noviembre y el resto del tiempo prevalecieron los calanoideos. De manera general los copépodos presentaron altas abundancias durante todo el estudio. Los cladóceros se mantuvieron de manera constante con máximos en junio y noviembre, contrario al comportamiento de los copépodos calanoideos. Los rotíferos sólo mostraron abundancias importantes de junio a agosto, siendo el grupo con menor abundancia (figuras 54).

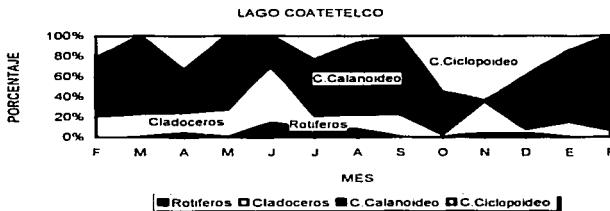


FIGURA 54. Composición temporal del zooplancton.

La distribución fitoplanctónica a través del tiempo mostró bajas densidades en época de secas con incremento considerable hacia agosto para posteriormente disminuir hacia febrero de 2002; el zooplancton se mantuvo en densidades bajas hasta noviembre, para incrementar su abundancia hacia finales del estudio (figura 55).

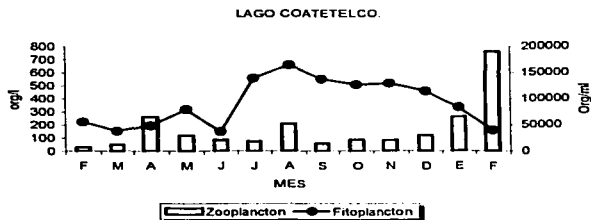


FIGURA 55. Variación estacional del plancton.

CLOROFILA "a"

La menor concentración de clorofila "a" se registró en junio y febrero del 2002. A partir de agosto se comienza a incrementarse la concentración hasta registrar los máximos valores en el mes de diciembre (figura 56).

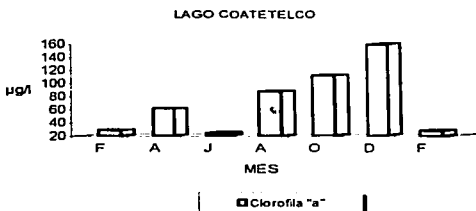


Figura 56. Variación de la concentración de Clorofila "a" .

TABLA 11. CALIDAD DEL AGUA

CARACTERISTICAS	LIMITE PERMISIBLE
Alcalinidad total en CaCO ₃ mg/l	400
Dureza total (como CaCO ₃) mg/l	500
Dureza de magnesio en CaCO ₃ mg/l	25
Fosfatos (como PO ₄ ⁻³) mg/l	0.1
Nitratos (como N) mg/l	10
Nitritos (como N) mg/l	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N) mg/l	0.5
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5 – 8.5
Sólidos disueltos totales mg/l	1000
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²) mg/l	400

Límites permisibles de calidad y tratamientos (NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-ECOL-1996) Diario oficial de la federación, agosto-94 y enero-96.

TABLA 12. COMPARACIÓN DE LAS MEDIAS ANUALES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS, NUTRIMENTOS Y CLOROFILA "a" DE LOS TRES SISTEMAS.

Parámetros	Media anual Coatepec	Media anual Emiliano Zapata	Media anual Rodeo
Temperatura H ₂ O (°C)	27.7	24.6	25.07
Profundidad (m)	1.32	9.57	5.83
Transparencia (m)	0.16	0.64	0.80
Oxígeno disuelto (mg/l)	7.07	3.21	4.49
Alcalinidad total (mg/l)	36.8	18.0	11.7
Dureza total (mg/l)	179.8	378.9	68.5
pH	8.6	7.5	7.4
Conductividad (µS/cm)	542	696	138
Nitratos (mg/l)	0.454	0.192	0.143
Nitritos (mg/l)	0.006	0.006	0.002
Amonio (mg/l)	0.275	0.300	0.342
Ortofosfatos (mg/l)	0.221	0.260	0.049
Fósforo total (mg/l)	0.451	0.397	0.102
Silicatos (mg/l)	43.721	21.483	26.214
Sulfatos (mg/l)	35.837	87.108	2.950
Clorofila "a" (µg/l)	71	43	34

La relación mínima de N:P (Tabla 13) en la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco fue de 1:1 a diferencia del lago El Rodeo en donde se presenta una relación de 3:1 en el mes de abril. La relación máxima para la presa se registró en el mes de mayo (8:1); para el lago Coatetelco (5:1) en el mes de agosto y para el lago El Rodeo (9:1) en el mes de mayo.

TABLA 13. RELACIÓN NITRÓGENO/FÓSFORO.

Mes	Emiliano Zapata Nitrógeno	Coatetelco Nitrógeno	Rodeo Nitrógeno	Fósforo
Febrero	4	2	7	1
Marzo	2	2	5	1
Abril	1	1	3	1
Mayo	8	1	9	1
Junio	1	1	4	1
Julio	1	1	4	1
Agosto	1	5	8	1
Septiembre	1	1	4	1
Octubre	1	3	7	1
Noviembre	1	3	4	1
Diciembre	1	1	4	1
Enero	3	4	4	1
Febrero	1	1	11	1

Con respecto las tablas 14 y 15 se puede observar que las comunidades del fitoplancton de los lagos Coatetelco y El Rodeo son las más parecidas.

TABLA 14. Índice de Shannon-Wiener para los tres sistemas.

	Emiliano Zapata	Rodeo	Coatetelco
MÁXIMO	0.9308	0.9689	0.9908
MÍNIMO	0.3564	0.4358	0.5835
PROMEDIO	0.6976	0.8223	0.8358

TABLA 15. Coeficientes de las comunidades fitoplanctónicas.

SISTEMA	COEFICIENTE DE HORN	COEFICIENTE DE JACCARD
EMILIANO ZAPATA /RODEO	0.79	0.75
RODEO /COATETELCO	0.93	0.93
COATETELCO /EMILIANO ZAPATA	0.82	0.74

TABLA 14. LISTA GENERAL DE LAS ESPECIES DEL FITOPLANCTON PRESENTES EN CADA SISTEMA

DIVISIÓN	CLASE	GENERO	ESPECIE	EZ	RODEO	COATETELCO		
CYANOPHYTA	CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena</i> sp.	x	x	x		
		<i>Anabaenopsis</i>	<i>Anabaenopsis elenkini</i>	x	x	x		
		<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus limnetica</i>		x	x		
		<i>Mensmopedia</i>	<i>Mensmopedia glauca</i>	x	x	x		
		<i>Mensmopedia</i>	<i>Mensmopedia tenuisima</i>	x	x	x		
		<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	x	x	x		
		<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis incerta</i>	x	x	x		
		<i>Nostoc</i>	<i>Nostoc</i> sp.	x	x	x		
		<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria</i> sp.	x	x	x		
		CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	x	x	x
				<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Ankistrodesmus falciformis</i>	x	x	x
<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Ankistrodesmus gracilis</i>			x	x	x		
<i>Glosterium</i>	<i>Glosterium</i> sp.			x	x	x		
<i>Coelastrum</i>	<i>Coelastrum</i> sp.				x			
<i>Cosmarium</i>	<i>Cosmarium</i> sp.				x	x		
<i>Crucigenia</i>	<i>Crucigenia tetrapedia</i>			x	x	x		
<i>Crucigenia</i>	<i>Crucigenia quadrata</i>			x	x	x		
<i>Chlorella</i>	<i>Chlorella saccharophila</i>			x	x	x		
<i>Desmococcus</i>	<i>Desmococcus viridis</i>			x	x	x		
<i>Kirchneriella</i>	<i>Kirchneriella lunans</i>			x	x	x		
<i>Oocysts</i>	<i>Oocysts</i> sp.			x	x			
<i>Ophiocytium</i>	<i>Ophiocytium</i> sp.			x	x	x		
<i>Pediastrum</i>	<i>Pediastrum duplex</i>			x				
<i>Pediastrum</i>	<i>Pediastrum simplex</i>				x			
<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>			x	x	x		
<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.			x	x	x		
<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>			x	x			
<i>Selenastrum</i>	<i>Selenastrum</i> sp.				x	x		
<i>Staurastrum</i>	<i>Staurastrum gracile</i>				x	x		
<i>Staurastrum</i>	<i>Staurastrum paradoxum</i>	x						
CHROMOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i> sp.	x	x	x		
		<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia</i> sp.	x	x	x		

DISCUSIÓN

FISICO-QUIMICOS

Las aguas epicontinentales reciben componentes de la atmósfera, de las rocas, del suelo y de los organismos, por lo que su composición está restringida por las condiciones internas (Wetzel, 1981). Por lo tanto, la calidad del agua de cualquier cuerpo acuático dependerá de la cuenca en la que se ubique de la altitud, de la latitud, de la época del año en la que se realice el monitoreo, de los aportes por medio de los afluentes y de la tasa de renovación que presente el sistema acuático.

La temperatura del agua juega un papel trascendente en el sistema, ya que modifica el metabolismo de los organismos y por lo tanto la producción del sistema. Asimismo, influye en el proceso de estratificación y por ello el tiempo en que el hipolimnion puede quedar aislado del epilimnion y así se puede agotar el oxígeno de forma más rápida, de manera que permanezca el hipolimnion anóxico más tiempo, aunque la producción primaria del lago o embalse sea relativamente baja (Prat y Rieradevall, 1998).

La presa Emiliano Zapata y el lago el Rodeo se clasificaron de acuerdo a Lewis (1983) como cuerpos de agua monomictico cálido, por presentar un periodo de circulación o mezcla y otra de estratificación o discontinuidad térmica y holomictico porque en ambos sistemas en el periodo de mezcla o circulación alcanzan las capas mas profundas.

Díaz-Pardo *et al.*, (1986) mencionan que un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna del agua, es la relación entre temperatura de la superficie del cuerpo de agua y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases.

El lago El Rodeo, aunque menos profundo que la presa Emiliano Zapata, registró los valores más altos durante la temporada de lluvias y los más bajos durante el invierno, con un gradiente de disminución de la temperatura hacia el fondo del sistema, lo cual probablemente está en función de la tasa de evaporación (por las elevadas temperaturas), la hora del muestreo, la presencia de viento. La temporada de lluvias, el tiempo de apertura y cierre de la compuerta (que afecta la profundidad del sistema acuático), el aporte de los escurrimientos y por la extracción de agua para consumo humano y las actividades pesqueras.

De acuerdo a González y López (1997) en el presente estudio se decidió trabajar con una sola estación de monitoreo en la presa Emiliano Zapata, debido a que ellos determinaron el comportamiento en la dinámica de los parámetros físicos y químicos en dos estaciones y concluyeron que ambas estaciones presentaban condiciones similares.

López-López y Soto-Galera (1993) detectaron una estratificación térmica en la masa de agua similar a la que se registró en el lago El Rodeo y en la presa Emiliano Zapata; ya que no se detecta una termoclina en el sentido estricto del concepto.

A diferencia de los dos cuerpos anteriores, en los lagos someros como el lago de Coatetelco, las temperaturas son prácticamente constantes desde la superficie hasta el fondo, variando normalmente menos de dos grados centígrados, ya que este cuerpo de agua durante el día puede permanecer estratificado y en la noche presentar proceso de mezcla. Esto se debe a que el lago en cuestión resultó ser muy somero (1.5 m de profundidad máxima), por lo que el efecto del viento provoca la mezcla de la columna de agua.

Gómez (2002) menciona que al analizar la variación de la temperatura de manera mensual, se observó un periodo de mezcla continua de la columna de agua durante todo el estudio; condiciones similares que se presentan actualmente en el sistema. Asimismo, no se registraron diferencias en la variación de la temperatura ambiente y del agua en las dos estaciones de monitoreo que se ubicaron en el cuerpo de agua, por lo cual se obtuvo un valor promedio entre esas estaciones.

De acuerdo al modelo de clasificación de lagos propuesto por Lewis (1983), el lago Coatetelco se clasificó como un sistema polimictico cálido continuo, sobre todo si se toma en cuenta la latitud en la que se ubica y la profundidad que presenta, ya que en esta clasificación se incluye a los sistemas acuáticos someros, donde las continuidades térmicas se rompen en periodos cortos de horas lo que favorece una homogenización de las características químicas en toda la columna de agua.

Valentyne (1978) menciona que esta uniformidad en la temperatura del lago indica que las aguas se encuentran totalmente mezcladas. Wetzel (1981) menciona que el efecto del viento es el agente principal de mezcla en lagos tropicales presentando estos un periodo frecuente de circulación, la cual se ve favorecida por su tamaño, morfometría y profundidad. Por otra parte, Schindler (1991) menciona que los lagos someros pueden estratificarse y desestratificarse varias veces en el verano, como resultado de la acción de los vientos y los lagos polimicticos son comunes en los trópicos, en donde en algunos casos, los cambios diarios de temperatura son tan amplios, que llegan a inducir la mezcla total de la columna de agua en la noche.

La temperatura es uno de los factores que se debe tomar en cuenta para un estudio limnológico, porque influye en el comportamiento de los organismos y tiene una participación importante en la solubilidad de los gases, en la tasa fotosintética, en el crecimiento y en la reproducción de las especies. Por lo tanto, desde el punto de vista térmico, los tres sistemas acuáticos presentan condiciones adecuadas para el cultivo de peces adaptados al intervalo de temperatura de 20 a 32°C.

El oxígeno disuelto es sin duda el más importante de los gases en lo que concierne a la vida de los animales, al ser indispensable para la respiración de los organismos y facilitar la degradación de la materia orgánica detritica y la incorporación en los ciclos biogeoquímicos. Su concentración depende de las características físicas y biológicas del medio, con lo cual se puede obtener información de la dinámica de la masa de agua, así como del proceso trófico que en ellos se presenta.

Durante el periodo de muestreo para la presa Emiliano Zapata y el lago El Rodeo las concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo fueron mínimas, lo cual indica que el tipo de curva que se presenta es clinógrada, ya que la concentración del oxígeno disminuye conforme aumenta la profundidad de los lagos productivos o eutróficos, debido a la cantidad de nutrimentos, materia orgánica presente y a la cantidad de partículas en suspensión, por lo que las concentraciones tienden a agotarse rápidamente debido a los procesos oxidativos y reductivos que se realizan en la columna de agua.

La causa principal de desoxigenación del agua en los niveles más profundos de los sistemas se debe a la presencia de sustancias que en su conjunto se denominan residuos con requerimiento de oxígeno. Se trata de compuestos que se degradan o descomponen fácilmente debido a la actividad bacteriana, que consumen el oxígeno disuelto disponible llegando con rapidez al agotamiento del oxígeno (Stoker y Seager, 1981).

Otro factor que afecta la disponibilidad del oxígeno disuelto en los diferentes sistemas es la producción de mucho material vegetal, por lo que el agua se sobresatura de oxígeno en las capas superficiales y parte de este oxígeno que resulta de la fotosíntesis escapa por difusión a la atmósfera, a favor del gradiente natural en su concentración. Cuanto más productivo (más eutrófico) sea un lago, más oxígeno necesitará para oxidar la materia orgánica sintetizada; por consiguiente, el oxígeno disuelto del hipolimnio irá consumiéndose hasta su total agotamiento (Margalef, 1976).

Díaz-Pardo *et al.* (1986) y Magallón *et al.* (1992) reportan que la distribución vertical del oxígeno disuelto fue de tipo clinógrada en cada uno de los cuerpos de agua que ellos estudiaron, típica de cuerpos de agua eutróficos; comportamiento similar que se observa en el lago El Rodeo y la presa Emiliano Zapata, debido a los bajos porcentajes de saturación en la mayor parte de la columna de agua, como consecuencia de una fuerte demanda bioquímica causada por la descomposición de la materia orgánica derivada de las cubiertas vegetales en el área inundada. La abundancia de oxígeno superficial se debió principalmente a la producción primaria que se efectúa básicamente en el epilimnio.

López-López y Soto-Galera (1993) mencionan que en el embalse Ignacio Allende, se presentó un gradiente de oxígeno el cual disminuye de superficie hacia el fondo entre marzo y septiembre; en este mes se rompe la estratificación y se inicia una tendencia a la homogenización de los valores de oxígeno en toda la columna de

agua. Este comportamiento similar se observó en la presa Emiliano Zapata y el lago El Rodeo durante el estudio.

A diferencia de la presa y del lago El Rodeo, en el lago de Coatetelco el oxígeno disuelto se distribuye homogéneamente al no ser muy profundo, en donde el consumo de oxígeno se equilibra con el producido por el proceso de la fotosíntesis, a pesar de la baja transparencia que se registra -por efecto de la suspensión de partículas removidas del sedimento por la actividad de pesca y por la cantidad de materia orgánica suspendida-.

Gómez (2002) que menciona que las concentraciones de oxígeno en el lago Coatetelco muestran el comportamiento típico de un cuerpo de agua eutrófico, en el cual la abundancia del oxígeno superficial se debió a la producción primaria que se efectúa básicamente en la zona trofógena así como el efecto de la acción del viento y por el contrario, en la zona trofólita la descomposición orgánica y la respiración son los principales factores que contribuyen a la disminución del gas

Wheaton (1982) menciona que aún entre 3 y 5 mg/l la supervivencia de los peces es alta y a concentraciones por encima de los 5 mg/l, las condiciones se pueden considerar idóneas para el cultivo de peces comerciales bajo condiciones de encierro. Además, es probable que la buena oxigenación del lago tienda a favorecer el proceso de degradación de la materia orgánica y con esto se asegure la supervivencia de los organismos acuáticos. Por lo tanto, de acuerdo a las concentraciones registradas en estos tres sistemas, se concluye que estos presentan condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida acuática durante todo el ciclo anual.

La transparencia del agua se expresa usualmente como la profundidad de visión del disco de Secchi la cual está en función de la cantidad de luz que penetra en la columna de agua, por efecto de la cantidad de materia orgánica muerta (detritus), materia orgánica viva (sestón), sólidos inorgánicos y de la coloración del agua, ya que también depende de la concentración y de las características químicas de las sustancias disueltas así como la del fitoplancton.

En este caso los sistemas que presentaron mayor visibilidad al disco de Secchi fueron la presa y el lago El Rodeo, los cuales a su vez fueron más profundos con respecto al lago Coatetelco, cuya máxima profundidad fue de 1.5 m con una visibilidad de 0.15 m. Este último sistema presentó menor visibilidad por efecto de la remoción del sedimento realizado por el viento y por la actividad pesquera que realiza la población aledaña al sistema al tender las redes o utilizar la atarraya, en comparación con los otros dos sistemas cuyo actividad es menor y la profundidad es mayor.

Margalef (1983) menciona que en las aguas turbias o eutróficas, el disco de Secchi deja de verse antes de un metro. Delincé (1992) cita que cuando hay una buena producción de fitoplancton, la visibilidad oscila entre 0.4 y 0.8 m; siendo

similar a lo registrado en este estudio en el lago Coatetelco ya que la visibilidad que se presentó no es mayor de 0.30 m.

Por otra parte, el carbono de los sistemas de aguas continentales se haya principalmente en forma de productos en equilibrio con el ácido carbónico, con tres características que determinan la alcalinidad en aguas dulces que son: la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Wetzel, 1981; Margalef, 1983).

Los valores registrados de alcalinidad en la presa oscilaron de 10 a 42.5 mg/l, por lo cual el embalse se considera poco productivo por presentar valores de alcalinidad de 18.5 mg/l en promedio, con base en el criterio de Wheaton (1982). De acuerdo a las concentraciones máximas de dureza total que se obtuvieron, el agua del embalse puede clasificarse como extremadamente dura, ligeramente alcalinas en época de secas con un pH de 7 a 8 y neutra en época de lluvias.

Para el lago El Rodeo, el agua es ligeramente alcalina en época de secas (7-8) y neutra en época de lluvias; siendo los valores de alcalinidad y dureza menores que los registrados para los otros dos sistemas. Por los valores de alcalinidad el lago se considera poco productivo con aguas moderadamente duras.

El lago de Coatetelco se considera como un sistema productivo de acuerdo al criterio de Arredondo (1986), al registrar valores de alcalinidad total promedio de 40 mg/l (pH mayor a 8) por lo que esto indica una mayor presencia de bicarbonatos y aguas duras.

Como los valores de dureza total en los tres cuerpos de agua sobrepasan los valores de la alcalinidad total, los iones divalentes como el calcio y el magnesio están probablemente asociados con otros elementos tales como sulfatos, cloruros, silicatos, nitratos o boratos, más que con los carbonatos y bicarbonatos (Arredondo, 1986; Arredondo-Figueroa y Lozano-García, 1994).

La conductividad, otro factor importante dentro del análisis de la calidad de agua se considera como una medida de la resistencia de una solución a la corriente eléctrica y esta determinada por el contenido de sales iónicas (Apha-Awwa-Wpccf, 1980). Este parámetro presentó valores elevados para la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco con respecto a los obtenidos para el lago de El Rodeo, los cuales pueden incrementarse en zonas donde se presenta contaminación hacia los cuerpos de agua. El agua del lago Coatetelco y la presa presenta una elevada carga iónica y reserva alcalina, porque a mayor concentración de iones se incrementa la conductividad del agua lo cual es un factor importante, ya que permite estimar el grado de mineralización que tiene el recurso agua. En general la conductividad en los cuerpos de agua dulce varía entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Boyd, 1979) y en nuestro país oscila entre 20 y 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Arredondo, 1986).

Arredondo y Ponce (1998), citan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son

deficientes en calcio y magnesio; además, estimulan los procesos de eutroficación y contribuyen a problemas como florecimiento de microalgas y disminución de los niveles de oxígeno. No obstante, el grado de dureza presente en cualquier sistema acuático (presa Emiliano Zapata) este es necesario para la supervivencia y crecimiento de los peces, crustáceos y moluscos como aporte de calcio para la construcción de estructuras duras.

De acuerdo a Chakroff (1983) las concentraciones de calcio y magnesio tienen importancia en la productividad de fitoplancton. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg/l es considerada adecuada y propicia en el enriquecimiento y productividad del sistema y una concentración menor de 5 mg/l refleja a un sistema pobre.

En ninguno de los sistemas se rebasaron los límites permisibles de calidad de agua como se observa en la Tabla 11, registrándose las concentraciones dentro del intervalo natural donde se puede desarrollar, crecer y reproducirse la tilapia y otros organismos que habitan en el sistema.

NUTRIMENTOS

Los nutrientes son sales inorgánicas cuya presencia está en función de los aportes alóctonos y autóctonos y en segundo lugar de la velocidad e intensidad del reciclamiento en el cuerpo acuático. Los principales compuestos denominados comúnmente nutrientes son: el amonio, los nitratos, los nitritos; las principales fuentes de fósforo (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-), los silicatos (Si(OH)_4) y los sulfatos (SO_4) los cuales se encuentran disueltos y en forma particulada. Estos son muy importantes para la productividad del sistema, así como para el crecimiento y desarrollo de los organismos. Una sobresaturación de nutrientes en el medio contribuye a la eutrofización; estado que es propicio para un constante florecimiento de fitoplancton que puede tener graves consecuencias para el ecosistema (Conteras, 1994).

La variación espacial y temporal de los nutrientes se debe a que en temporadas de lluvia los sistemas acuáticos reciben aportes con alto contenido de materia orgánica, además de la depuración de los excrementos del ganado y el filtrado del agua a través del suelo (Mason, 1984).

De acuerdo a las concentraciones de nitratos, la presa Emiliano Zapata registró sus valores mínimos durante la temporada de secas e incrementa su concentración a partir de julio conforme aumenta el volumen del embalse, sin rebasar los límites permisibles establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas. Todo lo contrario se observó en el lago El Rodeo y Coatetelco, en donde las concentraciones máximas se registraron durante la temporada de secas (junio) y las mínimas durante la temporada de lluvias (octubre) por efecto del aumento en el volumen del lago.

Los nitritos en los tres sistemas presentaron un comportamiento muy similar durante el muestreo y las concentraciones no registraron grandes variaciones; por lo que estos valores se encuentran dentro de los reportados para otros cuerpos de agua (Wetzel, 1981). Respecto a las concentraciones de amonio estas no rebasaron los límites permisibles (0.5 mg/l) para la presa y el lago de El Rodeo y el comportamiento es similar para ambos sistemas.

Arredondo y Ponce (1998) mencionan que las altas concentraciones de amonio afectan la permeabilidad de la membrana de los peces y reducen la concentración iónica interna. También se incrementa el consumo de oxígeno por los tejidos, se dañan las branquias y se reduce la capacidad de transporte de oxígeno por la sangre. Además, cuando se encuentran concentraciones subletales de amonio, se observan cambios histológicos en los riñones, el bazo y tejidos de la tiroides.

Si se incrementan las concentraciones de amonio en el agua, por efecto de la reducción del volumen y la acumulación de materia orgánica principalmente en el lago Coatetelco, se presentarán condiciones de toxicidad para las especies de peces sensibles a la contaminación orgánica, que no necesariamente deben ser las especies que se utilizan para la explotación pesquera; sino también, las que desde el punto de vista ecológico juegan un papel importante dentro del sistema acuático; aunque al final, si el sistema tiende hacia la desecación todos los organismos acuáticos sufrirán dicho impacto (Gómez, 2002).

Garduño y Avelar (1996) mencionan que el lago El Rodeo y Coatetelco se ubican casi en la misma zona y pertenecen a la misma cuenca; además, ambos sistemas reciben aporte fluvial por parte del río Tembembe y se encuentran bajo regímenes climáticos y de precipitación muy similares. Sin embargo, al ser más profundo el lago El Rodeo (9 m) que el de Coatetelco (1.5 m), la relación del agua con el sedimento marcan las diferencias significativas en los procesos de circulación y productividad.

El fósforo es uno de los nutrimentos esenciales que se encuentra en forma disuelta (90%) y en forma particulada. La variación estacional del fósforo está íntimamente ligada a procesos biológicos y geoquímicos. En zonas tropicales, las variaciones estacionales son mucho menores que las zonas templadas. En sistemas estuarinos donde la introducción de polifosfatos por medio de la acción de los ríos producen constantes florecimientos fitoplanctónicos, conduce a un agotamiento de oxígeno disuelto por el exceso de materia orgánica, llevando al sistema a la eutrofización. Por lo tanto, la concentración de materia orgánica que pueda formarse en la zona fotosintética esta en relación directa con la concentración de fosfatos en el agua (Contreras, 1994).

Mason (1984) menciona que la concentración de estos nutrimentos se debe principalmente al aporte de descargas de agua de tipo domésticas, que en muchos estados son aportadas sin un tratamiento previo y a la erosión que se presenta en las tierras de cultivo aledañas al cuerpo de agua.

Las concentraciones de fósforo total y ortofosfatos en la presa Emiliano Zapata y en el lago de El Rodeo presentan sus valores mínimos durante la temporada de secas e incrementan a partir del mes de julio cuando aumenta el volumen del sistema y la circulación por efecto de la época de lluvias y el arrastre de la materia orgánica hacia los sistemas.

Aún cuando los valores registrados de fósforo total se encuentran dentro del intervalo establecido para diversos cuerpos de agua templados y cálidos (Goldman y Horne, 1983), la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco se pueden ubicar de acuerdo a la clasificación del estado trófico propuesta por Vollenweider (1968, citado en Harper, 1992) como sistemas eutrófico-hipertrófico y como sistema mesotrófico al lago El Rodeo.

De manera general se puede comentar que la concentración de ortofosfatos solubles se debe al lavado de los terrenos agrícolas que son fertilizados, así como de los detergentes que son utilizados por los pobladores aledaños al sistema acuático, que utilizan estos cuerpos de agua para lavar ropa así como para el aseo personal, además de las actividades recreativas que en él se llevan a cabo. Por lo tanto, los niveles de concentración han aumentado significativamente y posiblemente están llegando a los límites permisibles.

Así, el lago Coatetelco se caracterizó como un cuerpo de agua eutrófico, debido a que retiene una gran cantidad de material en suspensión, lo que propicia el azolve de la cubeta lacustre con la que se disminuye considerablemente la profundidad media.

Con respecto a la concentración de silicio en el agua, este parece depender del intercambio con los sedimentos del fondo, de las características geológicas de la cuenca y de la tasa de descomposición de las plantas que contienen silicio; además, su disponibilidad depende de la concentración de oxígeno en el agua, la temperatura y la concentración de otros nutrientes afectan el ciclo de silice. El sílice es utilizado principalmente por las diatomeas para la construcción de las frústulas (Wheaton, 1982).

El sílice es un componente importante de la producción orgánica en muchos lagos y generalmente aparece con abundancia moderada en las aguas dulces; su utilización por parte de las diatomeas modifica en gran manera las tasa de flujo de sílice en los lagos y ríos (Wetzel, 1981).

Con respecto a los silicatos, estos se encuentran dentro del intervalo que se reportan para cuerpos de agua continentales. El promedio mundial es 13 mg/l aunque se pueden encontrar registros de hasta 140 mg/l, principalmente cuando existen valores muy altos de pH, ya que esto permite incrementar la solubilidad de los mismos. La disponibilidad de este factor, puede tener una marcada influencia sobre la productividad y la sucesión de las poblaciones de algas (Wetzel, 1981; Goldman y Horne, 1983; Payne, 1986).

El contenido de sílice en las aguas naturales es menos variable que en el caso de muchos otros compuestos inorgánicos importantes (Wetzel, 1981). Como es de esperarse, las concentraciones en la presa Emiliano Zapata, Coatetelco y el lago El Rodeo no presentaron una variación estacional muy marcada con incrementos durante el periodo de secas y disminución después de la época de lluvias, por efecto de dilución debido al incremento en el volumen del sistema.

González y López (1997) reportaron máximos de 30 mg/l en septiembre y mínimos de 12.7 mg/l en marzo para la presa Emiliano Zapata, siendo estas concentraciones inversas a las observadas actualmente.

El azufre en forma de sulfatos, tanto minerales como orgánicos es utilizado por todos los organismos vivientes. Las fuentes de los compuestos de azufre se encuentran en las rocas, el suelo y estos componentes son transportados por la atmósfera a través de precipitación y la deposición (Conteras, 1994). La forma más común de azufre en los lagos de agua dulce son los sulfatos en combinación con cationes comunes y en sulfuro de hidrógeno. Algunos lagos muestran variaciones según la estación y en concentración de sulfatos en relación inversa a las concentraciones de bicarbonatos (Wheaton, 1982).

Para la presa Emiliano Zapata las concentraciones de sulfatos indican que se trata de un cuerpo de agua altamente sulfatado (39 y 230 mg/l) que origina una alta salinidad, valores que no rebasan los límites permisibles por las NOM's.

Los sulfatos de manera estacional tuvieron ligeras variaciones, pero manteniendo siempre altos niveles, mientras su presencia en la columna de agua se caracterizó por variaciones entre los estratos superiores e inferiores, debido probablemente a que las concentraciones de oxígeno son discontinuas en algunos meses y los sulfatos surgen como consecuencia de la oxidación de sulfuros que provienen de los sedimentos cuando en el sistema existen condiciones aerobias adecuadas (Magallon *et al.*, 1992).

Las concentraciones de sulfatos para el lago de Coatetelco son mucho menores que los que se presentan en la presa Emiliano Zapata, ya que para Coatetelco las concentraciones de oxígeno son mayores y no existe niveles de anoxia en el fondo. Asimismo, las concentraciones de sulfatos para el lago de El Rodeo fueron mucho menores que para los otros dos sistemas, comportándose homogéneamente en todo el sistema.

Asimismo, si se toma en cuenta la clasificación del índice del estado trófico propuesto por Carlson (1977) y Kratzer y Brezonik (1981; citados en Harper, 1992) el lago Coatetelco se clasifica como hipertrófico durante todo el año, aunque en la temporada de secas los valores de clorofilas y transparencia disminuyen en comparación con la temporada de lluvias contrario al comportamiento del fósforo total.

Con respecto a la presa Emiliano Zapata y el lago El Rodeo si se considera la concentración de clorofila "a" y la cantidad de fósforo total principalmente, estos sistemas se clasifican como eutróficos durante la época de secas e hipetróficos durante la temporada de lluvias, ya que los valores de visibilidad al disco de Secchi durante el periodo de secas son bajos e incrementan durante la temporada de lluvias.

Al utilizar cualquier índice para clasificar los sistemas acuáticos, todos presentan desventajas ya que muchos de ellos sólo utilizan dos o tres parámetros, los cuales no describen adecuadamente su estado trófico, porque los sistemas acuáticos pueden sufrir de crecimientos de algas excesivos, los cuales alteran los valores de la visibilidad al disco de Secchi, así como el de los factores que se consideren para la clasificación.

Valentyne (1978) menciona que de todos los elementos necesarios para el crecimiento de las algas, el nitrógeno y el fósforo son los nutrimentos que generalmente presentan mayores valores de la relación demanda/suministro; es decir, que su disponibilidad en el ambiente es menor que la demanda que hay de ellos, de tal manera que se consideran elementos limitantes principalmente para el crecimiento de las algas.

La disponibilidad de los nutrimentos en cualquier sistema acuático, está en función del tipo de sedimento presente, de las interferencias que se presentan cuando se toma del medio y de la concentración de los mismos. Este último factor dependerá del aporte que se realiza por parte de la cuenca, la precipitación, el tiempo de retención del agua, la latitud, la altitud, la profundidad, la presencia de vientos y otros elementos que afectan su disponibilidad (Brylinsky y Mann, 1973).

FITOPLANCTON

Entre las comunidades acuáticas, los organismos del plancton se han utilizado como indicadores de las condiciones que prevalecen en los cuerpos de agua (Gómez, 2002). El fitoplancton está compuesto de una cantidad y diversidad de organismos que ocupan distintos nichos ecológicos y propician una elevada disponibilidad de alimento para los otros niveles tróficos. Asimismo, el fitoplancton de las aguas continentales juega un papel muy importante dentro del ecosistema al fijar la energía proveniente del sol y transformarla en energía útil para los siguientes eslabones de la cadena alimenticia (Arredondo-Figueroa, 1993).

Con respecto a la diversidad de especies de fitoplancton registradas en cada uno de los sistemas acuático, esta fue casi similar, lo que pone de manifiesto que al no existir grandes variaciones en las condiciones ambientales, la diversidad de organismos no cambia significativamente de sistema a sistema en áreas muy próximas, aún cuando estos presentan diferentes profundidades y áreas. Así, el número de especies para cada cuerpo de agua fue: presa Emiliano Zapata y lago Coatetelco (26 especies), lago El Rodeo (30 especies).

De las divisiones más abundantes presentes en los tres sistemas, la Chlorophyta fue la que más se registró durante todo el estudio, debido a que se desarrolla con facilidad en aguas eutróficas y con una relación N:P alto (Margalef, 1976); la Cyanophyta fue la que se registró en segundo lugar ya que son organismos comúnmente asociados a la eutrofización de los lagos y pueden tener un profundo efecto sobre la estructura comunitaria del plancton. Por una parte, inhiben a otras algas que sirven de alimento al zooplancton y por otra parte producen sombra en caso de desarrollo masivo, lo que repercute de manera espacial en aquellas algas que tienen un elevado cociente respiración/fotosíntesis (González de Infante, 1988) y las Chromophyta fueron las menos abundantes debido posiblemente a que la mayoría se encuentran localizadas en los substratos (ya que muchas de ellas son sésiles), o a las bajas concentraciones de silice que se encuentran en los sistemas.

En los cuerpos de agua y particularmente en los embalses lénticos, los estudios del fitoplancton, representan la parte importante del carácter biológico, cuando se trata de determinar el estado trófico del cuerpo de agua. Las condiciones ambientales de los cuerpos de agua son el resultado de las variables que determinan la calidad del agua y estas se reflejan en la composición y diversidad de las especies del fitoplancton, así como en su densidad poblacional, ya que existen especies que son indicadoras de condiciones particulares del agua y aunque las asociaciones de éstas, así como su riqueza y abundancia relativa pueden ser parámetros indicadores de la calidad del agua (Chacón *et al.*, 1991; citado en Gómez, 2002).

Margalef (1983) establece que para cuerpos de agua eutrofizados el intervalo de células fluctúa entre 100 y 10,000 org/ml. Si se contrastan las densidades de cada una de las profundidades que se obtuvieron durante el estudio, los registros de los tres sistemas acuáticos superan los límites establecidos en la referencia y esto se debe a que las condiciones para su desarrollo son óptimas, (concentración de nutrimentos y fisicoquímicos), ya que algunos géneros como *Anabaena*, *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Scenedesmus* son propias de aguas eutróficas.

Algunas especies mostraron un comportamiento temporal en el cual algunas dominaron en primavera y otras en verano, otoño e invierno, como en el caso de algunas especies en los tres sistemas que se registraron durante todo el año (*Merismopedia glauca*, *Microcystis incerta*, *Crucigenia* sp, *Chlorella saccharophilla*, *Desmococcus viridis*, *Kirchneriella lunaris* y *Navicula* sp). Estos cambios son atribuidos a diferentes factores, incluidos el pH, la temperatura, la concentración de nutrimentos, la luz, el clima, la ingestión de los peces y el zooplancton, la competencia interespecífica, así como algunas toxinas naturales de las algas (Quiroz *et al.*, 1992).

Wetzel (1981) menciona que normalmente el número de células del fitoplancton y su biomasa aumentan enormemente en primavera, al mejorar las condiciones de luminosidad alcanzando un máximo en esa época del año. Cabe mencionar que este comportamiento no se presentó en ninguno de los tres sistemas ya que el

pico máximo para Emiliano Zapata y El Rodeo se observó en otoño para las tres divisiones del fitoplancton. Para el lago Coatetelco el máximo de clorofitas se registró en otoño y de las otras dos divisiones en verano, esto se debe probablemente a que el fitoplancton es mas dependiente de la cantidad de nutrimentos disponibles que al régimen de luminosidad que prevalecen en las zonas de estudio el cual es constante y en especial en las zonas tropicales.

La variación estacional del fitoplancton en Emiliano Zapata y en El Rodeo muestra que la división Chlorophyta incrementa durante el periodo de circulación (época de lluvias) mientras que la Cyanophyta incrementan durante la época de secas cuando la transparencia disminuye e incrementa la temperatura de los sistemas, debido probablemente a la influencia del viento lo cual hace que además de proporcionar nutrientes necesarios por la remoción de los sedimentos permita la permanencia de las algas en la superficie. En el lago Coatetelco se observó el mismo comportamiento que en los otros dos sistemas, aunque presenta un proceso de mezcla durante todo el año. El factor que más impacto tiene sobre este sistema es el viento, que permite la remoción de los nutrimentos a partir de los sedimentos por la poca profundidad que registra durante todo el año y por la actividad pesquera que realiza la población durante todo el día.

Ponce (1983) reporta que las clorofitas se encuentran asociadas con la precipitación pluvial, lo cual manifiesta una disminución en la concentración de sustancias disueltas y con esto un estado trófico de oligotrofia y que la asociación de las cianofíceas se presenta con la etapa de concentración de sustancias disueltas, lo que establece una etapa eutrófica, esto para cuerpos de agua temporales.

Fogg *et al.* (1973) y Reynolds y Walsby, (1975, citados en Sevrin-Reyssac y Pletikosic, 1990) mencionan que los mejores factores para el cultivo de las cianofitas son las altas temperaturas, la composición química del medio y el contenido de oxígeno disuelto, además tienen la capacidad de desarrollarse en ambientes con bajas concentraciones de CO₂; condiciones que se presentan en los tres sistemas en el periodo de secas por lo que hay un incremento de estas especies, producto del enriquecimiento de los nutrimentos.

Otra propiedad de las algas verde-azules de enorme significado ecológico es la toxicidad de las especies como *Microcystis aeruginosa*, *M. flosaquae*, *Aphanizomenon flosaquae* y *Anabaena* sp cuya acción sobre animales no planctónicos (peces y ganado) puede causar daños severos y hasta la muerte (González de Infante, 1988).

Respecto al análisis de la diversidad, esta es una medida del grado de organización y eficiencia en la cual la energía, la materia, el espacio y el tiempo son usados dentro de la comunidad y como tal, no sólo el número de especies es importante sino también, el tamaño relativo de los nichos dentro de la comunidad. Esto puede ser indicado por la abundancia o biomasa o idealmente por la proporción de energía que entra en los procesos (Payne, 1986).

Flores (1994) menciona que en los sistemas eutróficos el fitoplancton como el zooplancton, muestran una diversidad baja y que de acuerdo a sus resultados los valores de índice de diversidad de Shannon-Winner (H') oscilaron entre 0.03 y 1.3, similares a los obtenidos en este estudio. Diferente a los datos reportados por Umaña y Collado (1990) cuyos valores de H' oscilaron entre 0.82 y 2.36, estos consideran que la diversidad de especies es baja en comparación con el fitoplancton de lagos y embalses de latitudes más altas y, que se hallan dentro del ámbito de valores reportados para otros lagos tropicales.

Cuando los índices de diversidad son más altos, indica que existe una mayor cantidad de especies y por lo mismo se habla de una comunidad con mayor complejidad, ya que al existir más variedad de especies la interacción entre ellas es más alta y la densidad de los organismos en cada especie define la uniformidad del sistema. Estas poblaciones interaccionan involucrando transferencias de energía (cadena alimenticia), depredación, competencia y nicho apropiado (Brower y Zar, 1977).

Con respecto al índice de Jaccard y Horn (citado en Brower y Zar, 1977) las comunidades que son más parecidas en función de las especies que comparten son la del lago El Rodeo y Coatetelco (0.93), a diferencia de la presa Emiliano Zapata que presenta un índice más bajo (0.7) con respecto a los otros dos sistemas, debido principalmente a la lejanía y probablemente al efecto de la descarga de aguas municipales sin ningún tratamiento hacia el reservorio. Este último factor reduce las condiciones de los cuerpos de agua ocasionando que la diversidad tienda a la disminución y sólo sobrevivan las especies más resistentes a las condiciones que se presentan cuando actúa este factor y por lo tanto su abundancia.

ZOOPLANCTON

Con referencia al zooplancton, es un elemento importante en la transmisión de la energía solar captada por el fitoplancton hacia otros niveles tróficos, por lo que su composición no es constante en el tiempo, sino que va variando en respuesta a ciertos factores como lo menciona Armengol (1982).

El componente animal del plancton de las aguas continentales están dominados principalmente por tres grupos: cladóceros, copépodos y rotíferos (Wetzel, 1981; Suárez-Morales y Reid, 1998; Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez, 2000). Los copépodos se encuentran divididos en dos subórdenes: ciclopoideos y calanoideos. Dentro de los principales grupos del zooplancton en el ciclo anual se tuvo el siguiente orden de abundancia: copépodos > cladóceros > rotíferos en los tres sistemas acuáticos.

Para la determinación taxonómica del zooplancton se recurrió a la ayuda del Doctor Manuel Elías Gutiérrez (ECOSUR-Chetumal) quien realizó la determinación

a nivel específico, ya que de acuerdo a la literatura y el material de disección con el que se cuenta era difícil realizar la determinación de las especies en los tres sistemas. En total se identificaron siete especies del zooplancton para los tres cuerpos de agua.

González y López (1997) registraron en la presa Emiliano Zapata *Diaptomus* sp. *Diaphanosoma* sp., *Daphnia* sp. y *Brachionus* sp. los cuales son comunes en los cuerpos de agua mexicanos (Navarrete-Salgado y Elías-Fernández, 1993). Estos mismos géneros fueron reportados por Granados (1990) para el lago Coatetelco.

Los copépodos fueron el grupo más abundante para los tres sistemas acuáticos estudiados, los cuales poseen una diversidad de formas y de hábitos alimenticios tal, que les es posible explorar exitosamente distintos niveles tróficos y representar un grupo de gran interés dentro de las redes tróficas en el ambiente dulceacuicola.

Suárez-Morales y Reid, (1998) reportan que las especies *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus* son distribuidas en la parte central de México. Alvarez-Silva et al., (2002) reportan a esta última especie por primera vez para el centro y sureste de México. Gómez (2002), reporta ambas especies para el lago Coatetelco; sin embargo, *T. inversus* no fue registrada para este estudio en el lago Coatetelco.

Los cladóceros fueron el segundo grupo en abundancia en los tres sistemas. De acuerdo con Elías-Gutiérrez et al., (1999), los cladóceros son un grupo con amplia distribución en México y su composición en los grandes reservorios es dominada por varias especies de *Daphnia* sp., *Bosmina* sp. y *Diaphanosoma birgei*, las cuales tienen preferencia por hábitats limnéticos. Esta última especie junto con *Moina micrura* se identificaron en los tres sistemas (Coatetelco, Emiliano Zapata y El Rodeo).

Gómez (2002) menciona que la especie *Diaphanosoma birgei* es un nuevo registro en el lago Coatetelco en la parte central del estado de Morelos, aunque ya había sido descrita para los estados de Aguascalientes, México y Tabasco. En el caso de *Moina micrura* es una especie que se describió para la presa y el lago Coatetelco por Granados (1990), aunque también es reportada Navarrete-Salgado y Elías Fernández (1993) para el Estado de México y por López-López y Serna-Hernández (1999) para el estado de Guanajuato.

Con respecto a los rotíferos, González y López (1997), mencionan bajas abundancias en comparación a los otros grupos. Muy posiblemente esto se deba a que muchos de estos organismos son sésiles y se encuentran localizadas de manera permanente en los sustratos, así como por lo diminuto de su tamaño es difícil obtenerlos por la selectividad de la red.

De acuerdo con Edmonson (1946, 1965; citado en Suárez-Morales et al., 1993), la temperatura constituye un factor importante en la reproducción de los rotíferos,

donde las temperaturas óptimas oscilan entre 15 y 20°C. Este factor puede ser el determinante de que a lo largo del estudio sólo se hayan registrado durante la época de lluvias, cuando la temperatura del ambiente y del agua disminuye.

En la presa Alzate la comunidad zooplanctónica se encuentra dominada por cladóceros en un 90 %, donde las mayores densidades de rotíferos y cladóceros se observa en otoño, cuando se presentaron las más altas temperaturas (15-23°C).

En los tres sistemas se encontraron bajas cantidades de rotíferos representados por *Brachionus* sp, *Filinia* sp y *Keratella* sp, las cuales son reportadas por López-López y Serna-Hernández (1999), en la presa Ignacio Allende, Guanajuato en el cual el grupo dominante fue el de los rotíferos y por Torres-Orozco y Pérez-Rojas (1995; citado por De la Lanza y García, 2002) para el Lago de Catemaco.

Con respecto a la abundancia total del zooplancton, los valores que se registraron están por debajo de los citados por Granados (1990) y Suárez-Morales *et al.*, (1993), lo que hace que este sistema sea pobre en organismos zooplanctónicos.

En su mayoría, los elementos del zooplancton dependen del fitoplancton para su alimentación; sin embargo, es un elemento importante en la alimentación de algunos peces, ya sea solo en las primeras etapas de vida como en *Cyprinus carpio*, *Oreochromis niloticus* y *Chirostoma estor* o durante toda su vida como en el caso de *Chirostoma jordani* además, de que se puede alimentar de materia coloidal, material suspendido y en menor grado de sustancias en solución (Rosas, 1973; citado en Navarrete-Salgado y Elías-Fernández, 1993; Geddes, 1984; citado en López-López y Hernández-Serna, 1999).

Un factor que puede explicar las bajas densidades de organismos que se registraron durante todo el estudio es el reportado por Armengol *et al.*, (1998), los cuales mencionan que el lago Arcas-2 muestra una baja diversidad de especies posiblemente debido a: 1) las condiciones de mineralización con alto contenido de sulfatos, 2) el impacto humano con el establecimiento de tierras agrícolas casi en contacto con la línea de costa, 3) la introducción de peces y, 4) el más importante, las pequeñas dimensiones del lago así como su morfología. Todos estos factores mencionados anteriormente forman parte de las características que presenta los lagos y la presa en estudio, lo cual puede justificar esta baja diversidad.

Harper (1992) menciona que el zooplancton en su mayoría son afectados indirectamente por los nutrientes en función de la calidad y cantidad del alimento algal, bacterial o de detritus. En menor extensión pueden ser influenciados por parámetros fisicoquímicos del ambiente acuático, alterado por el metabolismo de las algas, tal como la temperatura, pH y las concentraciones del oxígeno disuelto.

En cuanto a la alimentación, se sabe que habitualmente la producción de herbívoros se correlaciona directamente con la de fitoplancton, siempre que se

consideren sólo aquellas especies de algas que, por su tamaño y calidad, forman parte de la dieta natural de esos animales (González de Infante, 1988).

El ciclo anual de fitoplancton y zooplancton se superponen de manera coherente en ocasiones para los tres sistemas, en los cuales al observarse un aumento de zooplancton se registra una disminución del fitoplancton y viceversa, comportamiento similar a lo reportado por González y López (1997) para la presa, a pesar de que los organismos zooplancónicos no solamente se alimentan de fitoplancton sino que también incluyen en su dieta materia orgánica en suspensión y detritus (Payne, 1986).

CLOROFILAS.

La determinación de la biomasa del fitoplancton, relacionada con la unidad de superficie o del volumen del lago, es una base ciertamente adecuada para hallar la productividad primaria de las plantas fotoautótrofas. Esta se puede determinar por medio de la capacidad de realizar fotosíntesis, es decir, la cantidad de clorofilas (a, b y c). Como se sabe la clorofila "a" es un pigmento fotosintético primario de todos los organismos fotosintetizadores que producen oxígeno (como elemento de desecho) y está presente en todas las algas; por lo general constituye entre el 0.5 y 2% del peso seco de las algas. En cuanto a la clorofila "b" se encuentra solamente en las algas verdes y en las Euglenofitas, además está presente en todas las plantas superiores y la clorofila "c", consta de dos componentes espectrales distintos funcionando probablemente como un pigmento accesorio del fotosistema (Schwoerbel, 1975; Wetzel, 1981).

Los valores registrados de clorofila "a" para la presa Emiliano Zapata fluctuaron entre 13 y 83 $\mu\text{g/l}$ y de acuerdo a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD) citada en Harper (1992), el sistema se considera eutrófico durante la estación de secas e hipetrófico durante lluvias. En cambio para el lago de El Rodeo los valores oscilaron de 2 hasta 79 $\mu\text{g/l}$ y por lo tanto, de acuerdo al estado trófico que se presenta, este se puede considerar como mesotrófico tendiendo a la eutrofización. Para el lago Coatetelco los valores registrados oscilaron entre 23 y 160 $\mu\text{g/l}$ en la primera estación y la segunda de 15 a 190 $\mu\text{g/l}$; lo que indica que el sistema se puede considerar como de eutrófico en época de secas e hipetrófico durante la temporada de lluvias.

Esta clasificación se corrobora con la propuesta por Ramos (2001), para la presa Emiliano zapata como un cuerpo de agua eutrófico con concentraciones mínimas, entre los meses de enero a mayo (secas) e hipetrófico en sus concentraciones máximas para los meses de agosto a noviembre, utilizando el mismo método de clasificación.

Mason (1984) menciona que la concentración de clorofila "a" en el agua se suele tomar como índice de la biomasa de algas. Asimismo, cita que para los lagos

oligotróficos, la concentración media en verano de clorofila "a" en el epilimnio está comprendida entre 0.3-2.5 µg/l, mientras que para los lagos eutróficos, el margen es de 5-140 µg/l.

Como se sabe, la cantidad total de clorofila en microgramos por litro y la composición de los pigmentos, se consideran como adaptaciones de las algas a diferentes intensidades de la luz. Las poblaciones que viven a mayor profundidad están adaptadas a luz de poca intensidad lo que indica que existe mayor eficiencia a intensidades luminosas débiles (Margalef, 1983).

El presente trabajo se realizó como un esfuerzo a la conservación y manejo de los ambientes acuáticos, ya que el bienestar social y económico de un país depende en gran medida de la capacidad que tienen los ecosistemas acuáticos de brindar sus servicios ambientales, de ahí la importancia de mantener su integridad mediante el uso racional.

En la actualidad, los cambios originados y acelerados en los cuerpos de agua mexicanos no pueden atribuirse solo al devenir geológico, sino también a la acción humana. El crecimiento demográfico de nuestro país, el tipo de producción económica, la erosión de los suelos y los escurrimientos originados por las lluvias, azolvan los lagos reduciendo su área de cobertura o capacidad de almacenamiento. En México hay diversos ejemplos de la influencia del hombre sobre los ambientes lacustre, entre los mas conocidos están: la desecación de los lagos de Texcoco, Chalco y Zumpango; así como las fluctuaciones en el tamaño y profundidad del lago de Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro (De la lanza y García, 1995).

La importancia de estos cuerpos de agua en México, no solo se considera por la producción de miles de toneladas anuales de diversas especies peces de agua dulce, sino también en la generación de la energía que utiliza la tercera parte de los habitantes del país, en los millones de hectáreas cultivadas y en el agua potable que abastece al 20% de la población nacional (De la lanza y García, 2002).

Por lo tanto, los tres cuerpos de agua del estado de Morelos estudiados al presentar una amplia variación de los diferentes componentes bióticos y abióticos, permiten la supervivencia de los recursos pesqueros que de ellos dependen los pobladores aledaños a los sistemas. Sin embargo, aunque los cuerpos de agua que se estudiaron se encuentran ubicados en tierras de valles fértiles, junto a zona agrícolas de alta tasa de producción, el que se hayan realizado introducciones de peces exóticos (tilapias, carpas y lobinas) en México con fines de cultivo o de pesca recreativa, posiblemente han tenido un efecto sobre las comunidades de zooplancton de agua dulce, las cuales han ocasionado el desplazamiento de especies endémicas modificando las condiciones originales del hábitat (Fernando, 1991; Elías-Gutiérrez *et al.*, 1999)

Desde el punto de vista económico estas introducciones han beneficiado a los pobladores de los alrededores del lago Coatetelco, lago El Rodeo y presa Emiliano Zapata, que han visto en este recurso pesquero una fuente de alimento con alto valor proteico y como un medio de ingresos económicos para mejorar su subsistencia, además de que el recurso agua es de vital importancia, para sus actividades domésticas, agrícolas y ganaderas, principalmente durante la época de secas.

Aunque la calidad del agua de los sistemas acuáticos se encuentra entre los niveles aceptados por las Normas Oficiales Mexicanas, las actividades realizadas por los pobladores como son el utilizar el agua para aseo personal, el lavado de ropa que produce aporte excesivo de detergentes fosfatados y blanqueadores (que contienen hipoclorito de sodio), el aporte constante de material orgánico (producto de la defecación del ganado), el arrastre de terrígenos durante la época de lluvias así como el aporte de aguas residuales de procedencia municipal, modifican la conducta física, química y biológica lo que conlleva al deterioro del agua con el consecuente abatimiento de la productividad primaria que afecta los diferentes niveles tróficos que dependen de ella.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores registrado de temperatura del agua, la presa Emiliano Zapata y el lago El Rodeo se clasificaron como sistemas monomíctico cálido, ya que presentan un periodo de circulación y otro de discontinuidad térmica.

El lago Coatetelco es un cuerpo de agua cálido polimíctico continuo, debido a que es muy somero y presenta mezcla continuamente en la columna de agua por efecto del viento.

En los tres sistemas la concentración de oxígeno disuelto presentó una distribución vertical de mayor a menor concentración conforme incrementa la profundidad (distribución clino-grada), típica de cuerpos de agua eutróficos.

La dureza total del agua para la presa registró concentraciones mucho mayores que los otros dos sistemas, por lo que se trata de aguas muy duras debido a la presencia de carbonatos. Dichos valores registrados están dentro de los límites permisibles de acuerdo a la NOM-001.

Las concentraciones de nitrógeno en sus distintas formas que se obtuvieron en los tres cuerpos de agua incrementan en época de lluvias, pero de manera más notable para la presa; en el lago El Rodeo no existe gran variación entre los meses de muestreo. En los tres sistemas las concentraciones no fueron mayores a 0.6 mg/l.

Con base en la cantidad de fósforo total y desde el punto de vista trófico la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco se consideran como sistemas eutróficos con tendencia a hipetróficos, en comparación al lago El Rodeo que se clasificó como un sistema mesotrófico con tendencia a la eutrofización.

Para el fitoplancton se registraron en la presa Emiliano Zapata y en el lago Coatetelco un total de 26 especies; para el lago El Rodeo se determinaron 30 especies.

Dentro de las Cianofitas la especie mas abundante en la presa Emiliano Zapata fue *Microcystis incerta* y la menos abundante *Nostoc* sp. En las Clorofitas *Ankistrodesmus falcatus* fue la especie mas abundante pero no la más frecuente, ya que *Chlorella saccharophilla* y *Desmococcus viridis* tuvieron 100% de frecuencia de aparición. Las menos abundantes fueron *Closterium* sp, *Scenedesmus* sp. y *Scenedesmus quadricauda*. De las dos especies de Cromofitas la mas abundante y frecuente fue *Navicula* sp.

En el lago El Rodeo la especie con mayor abundancia y frecuencia de aparición en las Cianofitas fue: *Anabaenopsis elenkinii*. Para las Clorofitas las especies más representativas fueron *Chlorella saccharophilla*, *Ankistrodesmus falcatus*,

Desmococcus viridis y *Crucigenia tetrapedia*. *Navicula* sp. fue la especie más abundante de las dos registradas para las Cromofitas.

Para el Lago Coatetelco, *Oscillatoria* sp fue la especie mas abundante dentro de las Cianofitas, *Chroococcus limnética* fue la especie menos abundante. Las especies mas abundantes de las Clorofitas fueron *Ankistrodesmus falcatus* y *Desmococcus viridis*. aunque la que tuvo la mayor frecuencia de aparición fue *Crucigenia tetrapedia*. *Closterium* sp, *Selenastrum* sp y *Staurastrum gracille*, se registraron con muy poca frecuencia. *Navicula* sp., fue el género más representativo y abundante durante todo el estudio para las Cromofitas.

Con respecto al índice de Shannon-Wiener dentro de los tres sistemas al haber un incremento en la diversidad, equitatividad y número de especies hay un decremento de la uniformidad, siendo inversamente proporcional.

De acuerdo a los coeficientes de Horn y Jaccard los sistemas que comparten un mayor número de especies de fitoplancton son el lago El Rodeo y Coatetelco (0.93) posiblemente por el área de distribución.

En el zooplancton los copépodos fueron el grupo con mayor abundancia para los tres sistemas acuáticos y estuvo constituido por *Arctodiaptomus dorsalis* y *Thermocyclops inversus*. Los cladóceros fueron el segundo grupo en abundancia y se determinó a *Moina micrura* y *Diaphanosoma birgei* y por último, los rotíferos (*Brachionus* sp., *Filinia* sp. y *Keratella* sp.). En la presa Emiliano Zapata se registraron 7 especies y en el lago El Rodeo y Coatetelco sólo 6 especies.

Con respecto a las concentraciones de clorofila "a" los máximos valores se registraron en época de lluvias, por lo que los sistemas se consideran altamente productivos, lo que indica que la calidad del agua es buena para la producción acuícola y el riego.

REFERENCIAS.

- Alejo, P.M., M.E. Laguna y T.P. Ramírez, (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna "El Rodeo", Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, ENEP Zaragoza, UNAM, 129 p.
- Alvarez-Silva C., S. Gómez-Aguirre y A. Ocaña-Luna, (2002). Primer registro de *Thermocyclops inversus* (Copepoda: cycloidea) en los pantanos de Centla, Tabasco. Memorias, XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Xalapa, Veracruz. Del 6 al 9 de mayo del 2002. p. 34.
- Alvarado-Villanueva R., M. Ortega-Murillo, G. Cevallos-Corona y S. López-Trejo, (2002). Análisis de la fitoflora cianobacteriana planctónica de tres lagos michoacanos (Cuitzeo, Patzcuaro y Zirahuén), México. Memorias, XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Xalapa, Veracruz. Del 6 al 9 de mayo del 2002. p.104.
- Anónimo, (1981). Síntesis geográfica de Morelos. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, S.P.P. 110 p.
- Apha-Awwa-Wwpcf, (1980). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17ª Edición, Ediciones Díaz de Santos, Madrid España. 221 p.
- Armengol, J., (1982). Ecología del zooplancton de los embalses. Mundo Científico, Le Recherche, 2(11): 168-178.
- Armengol, X., A. Esparcia y M.R. Miracle, (1998). Rotifer vertical distribution in a strongly stratified lake: a multivariate analysis. Hydrobiologia 387/388: 161-170.
- Arrendondo, F.J.L., (1986). Piscicultura. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de pesca. 182 p.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y C. Aguilar-Díaz, (1987). Bosquejo Histórico de las Investigaciones limnológicas, realizadas en Lagos Mexicanos, con especial énfasis en su Ictiofauna. Eds. S. Gómez-Aguirre y V. Arenas-Fuentes. Contribuciones en Hidrobiología. UNAM p. 91-127.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y A. Flores-Nava, (1992). Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. Hidrobiológica, 3/4: 1-10.

- Arredondo-Figueroa, J.L. (1993). Fertilización y Fertilizantes: su uso y manejo en la acuicultura. 1ª. Edición, UAM-1. 202 p.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-García, (1994). Water quality and yields in a polyculture of nonantive cyprinids in Mexico. *Hidrobiológica*, 4(1-2):1-8.
- Arredondo, F.J.L. y J.T.P. Ponce, (1998). Calidad del agua en acuicultura: Conceptos y aplicaciones. AGT Editor, S.A. 222 p.
- Arroyo Bustos, G., J. Sánchez Palacios y R. Beltrán Alvarez, (2000). Comparación de la comunidad Zooplanctónica entre los años de 1997 y 1998 en la presa Gustavo Díaz Ordaz, "Bacurato" Sinaloa México. Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 de mayo del 2000. p.105.
- Berzunza, R. C., (1936). Informe sobre la exploración efectuada en la laguna de Chacahua, Oaxaca. *Bio. Dept. Ftal. Caza y Pesca*, 2(5): 185-196.
- Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta®, 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation.
- Brylinsky, M. y H.K. Mann, (1973). An analysis of factors governing productivity in Lakes and Reservoirs. *Limnology and Oceanography*, 18(1):1-14.
- Boney, D.A., (1975). *Phytoplankton*, Editorial Edwqard Arnold. 98 p.
- Boyd, C.E., (1979). *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University, Auburn Alabama. 359 p.
- Brower, E.J. y J.H. Zar, (1977). *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Company Publisher Iowa. 194 p.
- Cabrera, M.E. y D.E. Torres, (1995). Evaluación de la producción y engorda de híbridos de la tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum* macho y *Oreochromis mossambicus* hembra) como especie comercial en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México, D.F. 76 p.
- Chakroff, M., (1983). *Piscicultura*. Ed. Pax-México, México. D.F. 207 p.

- Contreras, E.F. y N.A. García, (1991). Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna San José Manialtepec, Oaxaca, México. *Hidrobiológica*, 1(1): 65-69.
- Contreras, E.F., (1994). Manual de técnicas Hidrobiológicas. Ed. Trillas. 149 p.
- Contreras-Macbeath, T., (1995). Ecosistemas acuáticos del estado de Morelos con énfasis en los peces. *Ciencia y Desarrollo*, 20(122): 43-51.
- De la Lanza, G. y C. J. L. García, (1995). Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo. 320 p.
- De la Lanza, G. y C. J. L. García, (2002). Lagos y Presas de México. AGT Editor S. A., México D. F. 680 p.
- Delincé, G., (1992). The ecology of the pond system. UIT Special Reference to Africa. Kluwer Academic Publishers. 230 p.
- Díaz-Pardo E., C. Guerra y G. Vázquez, (1986). Estudio bioecológico de la laguna de Atezca. Hidalgo, México. I Análisis limnológico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 30: 171-180.
- Edmondson, T.W., (1959). *Fresh-Water Biology* Second. Edition John Wiley & Sons, Inc. New York. 1248 p.
- Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, E. Suárez-Morales y M. Silva-Briano, (1999). The freshwater cladocera (Orders Ctenopoda and Anomopoda) of México, with comments on selected taxa. *International Journal of Crustacean Research*, 72 (2): 171-186.
- Fernando, C. H., (1991). Impacts of fish introductions in Tropical Asia and America. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48 (Suppl. 1): 24-32.
- Figueroa, T. J., (1991). Evaluación del crecimiento de tres ciprínidos: carpa plateada (*Hypophthal michthys molitrix*), carpa común (*Ciprinus carpio rubrofuscus*) y un ciclido (*Oreochromis hornorum*) en cultivo extensivo, realizado en el Bordo temporal " El Arco " Jantetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Cuernavaca, Morelos. 43 p.
- Figueroa-Torres, M., (2000). Fitoplancton del canal de Tiilac, Xochimilco, Mex. Memorias, XI Reunión nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 mayo del 2000. p.107.
- Flores, T.F.J., (1994). Caracterización fisicoquímica del Embalse "El Niagara" Aguascalientes. *Típicos de Investigación y Postgrado III*(3): 26-30.

- García, E., (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana). 2ª edición UNAM, México. 246 p.
- Garduño, P. M. y E. J. Avelar, (1996). Edad y crecimiento de la mojarra en la laguna de Coatetelco Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM., México. D. F. 80 p.
- Goldman, R.C. y A.J. Horne, (1983). Limnology. Mc Graw-Hill Company, 423 p.
- Gómez, M.J.L., (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado en Ciencias (Biología) Facultad de Ciencias, UNAM. 181 p.
- Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza e H.I. Salgado-Ugarte, (2000). Análisis de la calidad del agua enfocado a la explotación de la tilapia en la laguna de Coatetelco, Mor. Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 mayo del 2000. p146.
- González de Infante, A., (1988). El Plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, 87 p.
- González, R.J.M. y G.A. López, (1997). Aspectos hidrobiológicos de la Presa Emiliano Zapata , Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 81 p.
- Granados, R.G., (1990). Comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales de Estado de Morelos, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. 55 p.
- Gray, N.F., (1996). Calidad de agua potable. Problemas y soluciones. Editorial Acirbia, S . A. Zaragoza (España). 365 p.
- Gutiérrez, L.E., F.C. Arreguín, R.H. Delgadillo y P.F. Saldaña, (1994). Control de malezas acuáticas en México. Ingeniería Hidráulica en México, IX (3): 15-34.
- Harper, D., (1992). Eutropfication of Freshwaters. Principles, problems and restoration. Chapman y Hall. Great Britain. 327 p.

- Hernández-Aviles, J.S. y B. Peña-Mendoza, (1992). Rendimiento piscícolas en dos Bordes semipermanentes en el Estado de Morelos, México. *Hidrobiológica*. 4: 11-23.
- INEGI, (1998). Anuario Estadístico Del Estado de Morelos. Gobierno del Edo. de Morelos. 442 p.
- Jaramillo, S.G. y V.A. Sánchez, (1991). Evaluación del crecimiento de la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) y tilapia (*Oreochromis molepis hornorum*) bajo condiciones de policultivo en el bordo temporal "Chavarría", en el Mpio de Coatlán, Estado de Morelos, de Junio de 1989 a Enero de 1990. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México D. F. 87 p.
- Lewis, W. M. Jr., (1983). A Revised Classification of Lakes Based on Mixing. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1779-1787.
- López-López, E. y E. Soto-Galera, (1993). Diagnóstico de Eutroficación del Embalse Ignacio Allende Guanajuato, México. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM*, 20 (1): 33-42.
- López-López, E. y J. A. Serna-Hernández, (1999). Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4):643-657.
- Magallon, B.S., M.J. Paulo, y P.E. Díaz, (1992). Avances en el conocimiento de la presa "Los Carros" Morelos, un Embalse de reciente formación. *Universidad: Ciencia y Tecnología, U.A.E.M.* 2(2): 121-130.
- Margalef, R., (1976). *Biología de los embalses*, Investigación y Ciencia, 1: 50-62.
- Margalef, R., (1983). *Limnología*. Editorial Omega, Barcelona, España 1010 p.
- Mason, C. F., (1984). *Biología de la contaminación del agua dulce*. Editorial Alambra S. A. Madrid España. 289 p.
- Moncayo-Estrada, R., y C. Escalera-Gallardo, (2002). Hábitos alimenticios de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1984) en el lago de Chapala, México. VIII Congreso Nacional de Ictiología. Puerto Ángel Oaxaca, México. p.25.
- Mora-Navarro, M., M. Guzmán-Arroyo y G. Robles-Jarero, (2000). El alga *Anabaena* spp en el lago de Chapala, México. *Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología*. Chapala, Jalisco. Del 6 al 9 de mayo del 2000 p.122.

- Navarrete-Salgado, N. y G. Elías-Fernández, (1993). Composición y abundancia del zooplancton en un sistema piscícola del Estado de Morelos. Cuad. Méx. Zool. 1(1): 8-14.
- Nilssen, J.P., (1984). Tropical lakes-functional ecology and future development: The need for a process oriented approach. Hydrobiologia 113: 231-242.
- Olmos, T.E., (1990). Situación actual y perspectivas de las pesquerías derivadas de la acuicultura. Secretaría de Pesca: 77 p.
- Ortega, M.M., (1984). Catalogo de algas continentales recientes de México. Coordinación de la Investigación Científica Instituto de Biología UNAM, México. 565 p.
- Ortega, M.S., (1997). Análisis microbiológico en la presa Emiliano Zapata. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México D. F. 61p.
- Payne, A. L., (1986). The ecology of tropical lakes and rivers. Wiley, Nueva York. 301 p.
- Peinador, M., (1999). Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica. Rev. Biol. Trop., 47(3):381-391.
- Pérez, O.G. y S.J. Patlani, (2002). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México D. F. 87 p.
- Ponce, P.J.T., (1983). Estudio del conocimiento físico-químico y de productividad primaria en un embalse temporal, utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos, México. Tesis de Licenciatura, ENEP-Iztacala, UNAM, 30 p.
- Prat Narcis y Rieradevall María, (1998). Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los macroinvertebrados bentónicos. Actual. Biol. 20(69): 137-147.
- Quiroz, C.H., F.J. Luna, y S.P. Delgado, (1992). Aspectos sobre la composición y abundancia del fitoplancton y sobre la productividad primaria en estanques fertilizados con estiércol y fertilizante mineral. Universidad: Ciencia y Tecnología. UAEM 2(2):103-112.
- Ramos, M.S., (2001). Análisis de calidad del agua y biomasa del fitoplancton de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 78 p.

- Sánchez, R. y G. Vázquez, (1990). Estudio bioecológico de la Laguna de Atezca, Hidalgo, México. II. Análisis de la comunidad fitoplanctónica. An. Esc. Nac. Cienc. Biol; México. 33:9-19.
- SARH, (1982). Manual de técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas. 5ª edición. 319 p.
- SARH, (1983). Residencia de control de ríos e ingeniería de seguridad hidráulica, red de estaciones climatológicas. Puente de Ixtla; E. Miacatlán; E. Zacualpan, Morelos, México; 24-28 p.
- Schindler, D.W., (1991). Lakes and Oceans as Functional Wholes. In Barnes R.S.K. y K.H. Mann, (Edited). Fundamentals of Aquatic Ecology. Second Edition, Blackwell Scientific Publ. 91-122.
- Schowóberbel, J., (1975). Métodos en hidrobiología (biología del agua dulce). Editorial H. Blume, Ediciones Madrid, España: 43-68 p.
- Sevrin-Reyssac, y Pletikosic, (1990). Cianobacteria in fish ponds. Aquaculture, 88: 1-20.
- S.P.P., (1981). Síntesis geográfica del Estado de Morelos, Anexo cartográfico. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México. 10, 124.
- Stoker, H.S y S.L. Seager, (1981). Química ambiental: Contaminación del aire y del agua. Ed. Blume; 1ª edición; Barcelona España. 320 p.
- Suárez-Morales, E., A. Vázquez-Mazy y M.E. Solís, (1993). Preliminary investigations on the zooplankton community of a mexican Eutrophic reservoir, a seasonal survey. Hidrobiológica, 3: 71-80.
- Suárez-Morales, E. y J.W. Reid, (1998). An update list of the free-living freshwater copopeds (Crustacea) of México. The Southwester Naturalist 43(2): 256-265.
- Suárez-Morales, E. y M. Elías-Gutiérrez, (2000). Estudio sobre el zooplancton epicontinental en México: Historia, estado actual y nuevos hallazgos, Mexicooa, 2(1): 9-14.
- Torres, O. B. y M. E. Hernández, (1997). Patrones de migración vertical en el plancton de un lago tropical. Hidrobiológica, (7): 33-40.

- Torres-Orozco, R., S.C Jiménez y E.J. Buen Abad, (1994). Caracterización limnológica de dos cuerpos de agua tropicales de Veracruz, México. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 21: (1-2):107-117.
- Torres, R. B., (1989). Evaluación del crecimiento y robustez de la tilapia (macho) *Oreochromis urolepis hornorum* (Trewavas,1980) y la carpa barrigona *Cyprinus carpio rubrofasciatus* (Richardson) en condiciones de policultivo extensivo y su relación con los parámetros limnológicos del embalse de temporal " Chavarria " en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 88 p.
- Trejo-Albarran, R, J. Granados-Ramírez, H. Quiroz-Castela, I. Molina-Astudillo y J. García-Rodríguez, (2000). El Zooplancton del lago de Zempoala en el estado de Morelos, México. Memorias, XI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología. Chapala, Jalisco. del 6 al 9 de mayo del 2000. p.99.
- Umaña, G. y C. Collado, (1990). Asociación planctónica en el Embalse Arenal, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 38 (2ª): 311-321.
- Vallentyne, R. J., (1978). Introducción a la Limnología. Ediciones Omega. S. A. Barcelona España. 168 p.
- Wetzel, R. G., (1981). Limnología. Editorial Omega, S. A. Barcelona España. 679 p.
- Wheaton, F., (1982). Acuicultura. Editor S. A: México. D. F. 704 p.