



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA

“CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA  
DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE LOS  
CLADCCEROS EN LOS TRES LAGOS DE  
CHAPULTEPEC”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

G L O R I A M U R O C R U Z





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

DEDICATORIA:

A LA MEMORIA DE MI PADRE:

ENRIQUE MURO EROSTEGUI

Por el amor y apoyo que me diste. Sé que donde quiera que te encuentres, compartes conmigo la gran alegría de este logro.

A MI MADRE:

ANGELINA CRUZ AVILA

Gracias por tu amor, comprensión y apoyo que han sido determinantes para mí en los momentos difíciles y por impulsarme a seguir adelante a pesar de todo.

A MIS HERMANOS Y SOBRINOS:

Por los momentos de alegría y esperanza que dan a mi vida diariamente.

Les agradezco el permitirme compartir con ellos este viaje fascinante que es la vida.

LOS QUIERO MUCHO

## AGRADECIMIENTOS:

Al Biol. Mario M. Chavez Arteaga, por la dirección del presente trabajo, por su enorme paciencia, su total disposición para compartir sus conocimientos y sobre todo por ser una persona extraordinaria.

Al Dr. Fermín Rivera Agüero, jefe del Proyecto CyMA, por su apoyo y confianza y por darme esta oportunidad, que ha permitido concretar una de mis metas más anheladas.

A la Dra. Rose Eisenberg, por su apoyo, confianza e impulso constante y principalmente por su amistad, que es para mí inapreciable.

Al M. en C. Manuel Elías G., M. en C. Javier Alcocer D., Biol. Regina Sánchez M. y M. en C. Jorge Padilla R., por sus valiosas observaciones y sugerencias en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Francisco Camacho, por sus consejos y aprecio, que me han ayudado a salir adelante en momentos críticos.

Al M. en C. Manuel Elías G., por la ayuda en la determinación y fotografías de las especies.

Al M. en C. Alfonso Lugo, por su ayuda en la obtención de las diapositivas para la exposición de este trabajo.

A las maestras Irma Delfín, Norma Ulloa, Cristina Rivera, Guadalupe Oliva y Biol. Martha Gaytán, por su amistad y alentarme a perseverar en mis metas .

A los investigadores del Proyecto CyMA: M. en C. Conrado Ruiz, M. en C. Javier Alcocer, M. en C. Patricia Bonilla, M. en C. Elizabeth Ramírez, M. en C. Alfonso Lugo, Dra. Ma. del Rosario Sánchez, y M. en C. Gloria Vilaclara, por la proporción de material bibliográfico para el mejoramiento de esta tesis, las observaciones hechas y por su afecto.

A la Maestra Esperanza Robles, por la realización de los parámetros físicos-químicos, llevados a cabo en el Laboratorio de Análisis por Vía Húmeda del Proyecto CyMA.

Al Psic. César Canales, por su paciencia y ayuda brindada, en algunas cuestiones de informática.

A Yolanda Molina, Angelita García, María de J. Montoya, Laura Peralta, Patricia Ortuño y Ma. Eugenia González, por haberme "soportado" y sobre todo por su aprecio.

A mis maestros, amigos y compañeros de la 5a. generación, con quienes viví momentos muy gratos. Siempre estarán en mi corazón.

CADA UNO DE NOSOTROS SE HALLA TOTALMENTE  
LIGADO AL UNIVERSO Y A LA VIDA EN TODAS SUS  
FORMAS. DENTRO DE NOSOTROS SE ENCUENTRA EL  
PODER PARA EXPANDIR LOS HORIZONTES DE NUESTRA  
CONCIENCIA Y LOGRAR LOS CAMBIOS QUE NECESITA  
NUESTRO PLANETA.

¡ DECIDETE A DAR EL PRIMER PASO, NO IMPORTA  
CUAN PEQUEÑO SEA ! CONCENTRATE EN EL HECHO DE  
QUE ESTAS DISPUESTO A AYUDAR.

¡ OCURRERAN MILAGROS ABSOLUTOS !

L. H.

## CONTENIDO

INDICE GENERAL .....	i
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	iii
RESUMEN .....	iv
1. INTRODUCCION .....	
1.1 FUNDAMENTOS .....	1
1.2 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO .....	
1.2.1 Reseña histórica .....	4
1.2.2 Descripción .....	5
1.3 ANTECEDENTES .....	8
1.4 OBJETIVOS .....	10
2. METODOLOGIA .....	
2.1 PROGRAMA DE MUESTREO .....	11
2.2 TRABAJO DE CAMPO .....	11
2.3 TRABAJO DE LABORATORIO .....	
2.3.1 Parámetros físicos-químicos .....	11
2.3.2 Muestras biológicas .....	15
2.3.3 Comportamiento físico-químico .....	15
2.3.4 Relaciones organismos-parámetros físicos-químicos ..	15
2.3.5 Determinación de la eficacia de los cladóceros como indicadores de saprobiedad .....	15
3. RESULTADOS Y DISCUSION .....	
3.1 COMPOSICION FAUNISTICA .....	17
3.2 ABUNDANCIA Y FRECUENCIA .....	
3.2.1 Lago Viejo .....	20
3.2.2 Lago Mayor .....	21
3.2.3 Lago Menor .....	22
3.3 DISTRIBUCION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS ESPECIES .....	
3.3.1 Lago Viejo .....	26
3.3.2 Lago Mayor .....	29
3.3.3 Lago Menor .....	32
3.4 DESCRIPCION FISICO-QUIMICO DE LOS LAGOS .....	
3.4.1 Caracterización físico-química .....	36
3.4.1.1 Caracterización del ambiente .....	40
3.4.1.2 Caracterización trófica .....	42
3.4.1.3 Caracterización saprobia .....	46
3.4.2 Variación espacial de los parámetros físicos-químicos y biológicos .....	47
3.4.3 Variación temporal de los parámetros físicos-químicos .....	49
3.5 RELACIONES ENTRE EL COMPORTAMIENTO FISICO-QUIMICO Y LAS ESPECIES DE LOS CLADOCEROS .....	52
3.6 EFICACIA DEL USO DE LOS CLADOCEROS COMO INDICADORES DE SAPROBIEDAD .....	53
4. CONCLUSIONES .....	57

5. RECOMENDACIONES .....	59
6. BIBLIOGRAFIA .....	60
7. APENDICES .....	67
A. Tablas de abundancias de los organismos .....	68
B. Tablas de parámetros físicos-químicos .....	72

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Fig. 1	Localización del área de estudio .....	6
Fig. 2	Ubicación de las estaciones de muestreo del Lago Viejo.	12
FIG. 3	Ubicación de las estaciones de muestreo del Lago Mayor.	13
Fig. 4	Ubicación de las estaciones de muestreo del Lago Menor.	14
Fig. 5	Abundancia de las especies en el Lago Viejo .....	27
Fig. 6	Abundancia de las especies en el Lago Viejo .....	28
Fig. 7	Abundancia de las especies en el Lago Viejo .....	30
Fig. 8	Abundancia de las especies en el Lago Mayor .....	31
Fig. 9	Abundancia de las especies en el Lago Mayor .....	33
Fig. 10	Abundancia de las especies en el Lago Menor .....	34
Fig. 11	Abundancia de las especies en el Lago Menor .....	35
Fig. 12	Dendrograma de Asociación Estaciones de muestreo .....	48
Fig. 13	Dendrograma de Asociación Meses de muestreo en el Lago Viejo .....	50
Fig. 14	Dendrograma de Asociación Meses de muestreo en el Lago Mayor .....	50
Fig. 15	Dendrograma de Asociación Meses de muestreo en el Lago Menor .....	51
Tabla 1	Abundancia de especies en el Lago Viejo .....	20
Tabla 2	Frecuencia de aparición de cladóceros en el Lago Viejo por estaciones .....	21
Tabla 3	Abundancia de especies en el Lago Mayor .....	22
Tabla 4	Frecuencia de aparición de cladóceros en el Lago Mayor por estaciones .....	23
Tabla 5	abundancia de especies en el Lago Menor .....	23
Tabla 6	Frecuencia de aparición de cladóceros en el Lago Menor por estaciones .....	24
Tabla 7	Porcentajes de variación de los componentes principales de los lagos .....	36
Tabla 8	Pesos de los parámetros de los 4 primeros componentes del Lago Viejo .....	37
Tabla 9	Pesos de los parámetros de los 4 primeros componentes del Lago Mayor .....	38
Tabla 10	Pesos de los parámetros de los 3 primeros componentes del lago Menor .....	39
Tabla 11	Valores promedio y desviación estándar de los parámetros ambientales de los lagos .....	41
Tabla 12	Valores promedio y desviación estándar de los parámetros tróficos de los lagos .....	43
Tabla 13	Valores promedio y desviación estándar de los parámetros saprobios de los lagos .....	47
Tabla 14	Valencia saprobica de las especies determinadas .....	53
Tabla 15	Saprobiedad del Lago Viejo .....	54
Tabla 16	Saprobiedad del Lago Mayor .....	54
Tabla 17	Saprobiedad del Lago Menor .....	55

## RESUMEN

Se realizó un estudio anual comprendido de septiembre de 1984 a agosto de 1985, de los cladóceros que habitan los lagos de Chapultepec y su relación con algunos parámetros físicos-químicos, así como su posible utilidad como indicadores de saprobiedad.

Los lagos se caracterizaron por ser polimícticos cálidos, con pH básico y alcalinidad moderada. La dureza en los lagos Mayor y Menor fue moderada mientras que en el lago Viejo fue ligeramente dura. La composición iónica, estuvo representada por cloruros, bicarbonatos y calcio.

Su transparencia fue baja debido a la elevada productividad, lo que motivó una sobresaturación de oxígeno en la superficie. La concentración de nutrimentos fue alta principalmente del nitrógeno, los cuales son los responsables de la eutrofización de estos lagos. Los sulfatos fueron ligeramente altos, reflejo de la elevada cantidad de materia orgánica que tuvieron estos cuerpos de agua.

No existió comportamiento temporal. La variación espacial física-química dio como resultado la formación de dos zonas en el lago Viejo, una zona en el Mayor, en tanto que, en el Menor cada estación se comportó de manera independiente. Biológicamente, en el lago Viejo también se formaron dos zonas, el Mayor fue completamente heterogéneo a diferencia del lago Menor donde sus estaciones formaron una zona.

Se encontraron tres géneros y cinco especies representados por, *Moina micrura*, *M. macrocopa*, *Alona costata*, *A. guttata*, *Leydigia leydigi*.

El índice saprobio de cada especie fue el siguiente: *M. micrura*,  $\beta$ -mesosaprobia, *M. macrocopa*  $\alpha$ -mesosaprobia, *A. costata* oligosaprobia, *A. guttata* tanto oligosaprobia como  $\beta$ -mesosaprobia y *L. leydigi*  $\beta$ -mesosaprobia.

Las especies indicaron que las condiciones saprobias de estos lagos están comprendidas entre la oligosaprobiedad y la alfa-mesosaprobiedad. En cambio, físico-químicamente el lago Mayor y el Menor fueron  $\alpha$ -mesosaprobios y el lago Viejo polisaprobio.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 FUNDAMENTOS

El agua es el compuesto más abundante en la Tierra. EL 97% de ella, lo constituyen los océanos y los mares; el 3% restante está en los glaciares, los casquetes, el agua de la atmósfera y las aguas epicontinentales (Wetzel, 1975). Estas últimas han merecido atención especial debido a que es el agua disponible para satisfacer las necesidades del hombre.

El estudio de las aguas epicontinentales, es realizado mediante la Limnología, y se les ha dividido en dos tipos de ambientes: lótico, formado por ríos, arroyos y manantiales; y léntico que comprende lagos, lagunas y embalses. Las aguas lénticas representan, desde todos los puntos de vista, una importante fuente de agua para los humanos, por lo cual el estudio de las mismas, especialmente de los lagos, se amplía cada día (Wetzel, 1975; Odum, 1988; y Margalef, 1989).

Hutchinson (1957) reconoce 76 tipos diferentes de lagos con base en su geomorfología y origen. Uno de estos tipos es el de los producidos por el comportamiento de los animales e incluye a los formados por el hombre, denominados embalses. A estos últimos se les conoce como lagos artificiales ya que, aunque no son verdaderos lagos, representan superficies de agua estancada que reciben afluentes y tienen un comportamiento similar a éstos (Chavez, 1986).

Los lagos y embalses han sido en los últimos tiempos motivo de una gran cantidad de estudios ecológicos, lo que ha permitido conocer mejor su organización y comportamiento. En un lago se pueden distinguir las siguientes zonas: a) limnética, corresponde a las aguas abiertas; b) litoral, también conocida como zona ribereña, es la parte periférica y somera de un lago y; c) zona profunda, o fondo. Las zonas limnética y litoral reciben luz en cantidad apreciable y forman la zona autotrófica del lago, es decir, es donde se produce la energía que mantiene a los habitantes del lago. La zona profunda corresponde a la parte heterótrofa estricta de un lago (Odum, 1988 y Margalef, 1989).

Tanto los embalses como los lagos son unidades ecológicas en los que pueden distinguirse 5 comunidades de organismos, de acuerdo con su habitat: perifiton, plancton, bentos, necton y neuston (Odum, 1988). De las comunidades anteriores, el plancton constituye uno de los grupos más importantes en la estructura y funcionamiento de un lago, dado que es el sustento de la cadena trófica. Está constituido por el fitoplancton y el zooplancton. Este último es determinante en la estructura biológica de un lago, ya que constituye el primer eslabón consumidor de la cadena trófica.

Los grupos más representativos del zooplancton son: protozoarios, rotíferos y crustáceos, dentro de estos últimos los copépodos y cladóceros son los principales (Hutchinson, 1967; Wetzel, 1975; y Margalef, 1989).

Los cladóceros son un grupo zooplanctónico muy interesante pero poco estudiado, desde el punto de vista ecológico. Son organismos casi totalmente dulceacuícolas y constituyen una parte importante en la composición de las aguas lénticas. Se les encuentra distribuidos

en las diferentes zonas de un lago y su abundancia está determinada por la especie correspondiente, alimentación, las variaciones en el ambiente y las interacciones entre ellas.

La reproducción de los cladóceros es muy peculiar. Durante la mayor parte del año, las hembras producen huevos diploides que se desarrollan partenogenéticamente. Los machos que también son diploides, aparecen sólo en condiciones generalmente adversas, como la falta de alimento, desecación del cuerpo de agua, etc. (Margalef, 1983). Presentan el primer par de apéndices prensiles, las anténulas muy largas y son de menor talla. Con su aparición las hembras producen un tipo diferente de huevo que requiere de fecundación para su desarrollo. Estos se conocen como efipios, los cuales tienen una cubierta muy resistente que los hace capaces de sobrevivir en condiciones difíciles (Brooks, 1959; y Margalef, 1983).

Este proceso de reproducción sexual se presenta en diferentes ocasiones del año, estableciendo una variación de comportamientos con diferentes denominaciones: policíclicas, son especies que se reproducen varias veces al año como Moinas; dicíclicas, con dos épocas por año; monocíclicas una sola época reproductiva; y, acíclicas que son los que al parecer han perdido su sexualidad, como **B. coregoni** (Margalef, 1983).

Su desarrollo es interno y directo, llevándose a cabo en una "cámara incubadora" que es un espacio localizado entre el cuerpo y el caparazón, por lo cual el organismo eclosiona con la apariencia del adulto sólo que de menor tamaño y a veces con estructuras no bien desarrolladas (Pennak, 1953; Brooks, 1959; Margalef, 1983; Margaritora, 1983; Amorós, 1984; y Odum 1988).

En algunas especies y razas, ocurre un fenómeno llamado ciclomorfofisis (cambio en la forma del cuerpo), debido a alteraciones en su medioambiente (Pennak, 1953; Brooks, 1959; Schwoerbel, 1975; Margalef, 1983 y 1989; y Odum, 1988).

Los cladóceros al igual que todos los organismos que habitan un lago, son afectados por los factores físicos-químicos del mismo. Entre ellos se encuentran: temperatura, transparencia, alcalinidad, pH, DBO, O. D. etc. Estos factores determinan o limitan su distribución, abundancia y ciclo de vida. Dado que existe relación entre las características ambientales de un lago y su composición de especies, es entonces posible establecer su biología y la valoración de la calidad del agua del mismo basado en la presencia de las especies y en algunas ocasiones de acuerdo a su ausencia (Hutchinson, 1957; Schwoerbel, 1975; Wetzel, 1975; Sládeček, 1979; Margalef, 1983 y 1989; y Odum, 1988).

Desde hace algunas décadas, la valoración físico-química de la calidad del agua, ha ido a la par con la biológica, llegándose a una evaluación más real de la situación de las aguas continentales y determinando su grado de contaminación (Schwoerbel, 1975; Sládeček, 1979 y Pesson, 1979). Esta caracterización biológica-ecológica, de la pureza del agua, se ha llevado a cabo sobre todo en Europa, usando diversos métodos entre los cuales está el sistema saprobio, que es el más utilizado debido a su bajo costo y eficiencia.

El sistema saprobio emplea organismos (bacterias, algas, rotíferos, protozoarios, cladóceros, etc.) para determinar la calidad del agua y proporciona, principalmente, una evaluación de la

contaminación orgánica del cuerpo de agua estudiado (Schwoerbel, 1975; Sládeček, 1979 y Sládeček *et al.*, 1981).

Kolkwitz y Marsson en 1902, propusieron el método de los saprobios que consistía en la clasificación de las aguas contaminadas en cuatro grados: oligosaprobia, aguas apenas contaminadas; beta-mesosaprobia, moderadamente contaminadas; alfa-mesosaprobia, muy contaminada; y polisaprobia, fuertemente contaminada. Cada uno de estos niveles establece una serie de características a las que están adaptados ciertos organismos que sirven como indicadores de esas condiciones, y su presencia en una muestra indicaría el grado saprobio del agua.

(Schwoerbel, 1975; Sládeček, 1979 y Sládeček *et al.*, 1981).

El método ha sido modificado y enriquecido por diferentes autores entre los cuales están el mismo Kolkwitz, Fjordingstad, Sramek-Husek y Sládeček (Schwoerbel, 1975; Sládeček, 1979; y Sládeček *et al.*, 1981) aumentando los niveles y constituyendo un sistema completo. Actualmente, se encuentra dividido en cuatro categorías: catarobiedad, limnosaprobiedad, eusaprobiedad y transaprobiedad, cada una de ellas agrupa a una o varias categorías con comunidades y características particulares (Sládeček, 1979; Sládeček, 1981; y Sládeček *et al.*, 1981).

La catarobiedad que corresponde a las aguas más limpias y generalmente sin organismos comprende aguas freáticas, aguas puras y el agua para beber. La limnosaprobiedad incluye a las aguas naturales representadas por lagos y aguas subterráneas ligeramente contaminadas. Se divide en 5 categorías: xenosaprobiedad (x), oligosaprobiedad (o), beta-mesosaprobiedad ( $\beta$ ), alfa-mesosaprobiedad ( $\alpha$ ) y polisaprobiedad (p).

La eusaprobiedad está formada por las aguas residuales domésticas e industriales que están sujetas a la destrucción bacteriana, la integran cuatro categorías: isosaprobiedad (i) metasaprobiedad (m), hipersaprobiedad (h) y ultrasaprobiedad (u). La transaprobiedad corresponde a aguas tan contaminadas que carecen de organismos, tiene tres categorías: antisaprobiedad (a) radioactividad (r) y criptosaprobiedad (c) (Sládeček, 1979; y Sládeček *et al.*, 1981).

Posteriormente a su establecimiento, las investigaciones sobre el sistema saprobio se han encaminado hacia su mejoramiento en dos aspectos. Uno se ha enfocado a aumentar el número de organismos indicadores para los diferentes niveles de contaminación. Entre los autores que han hecho aportes a este aspecto están Zelinka, 1960, 1974 y 1978; Lackey, 1961; Sládeček, 1961 a 1980; Rothschein, 1962, 1972 y 1974; Skuja, 1964; Fjordingstad, 1964 y 1965; Sterba 1965; Emplain, 1968; Curds, 1969; Moravcová, 1977; y Kaatra, 1978 (en Sládeček *et al.*, 1981).

El otro aspecto ha tratado de eliminar todo lo subjetivo que tiene este sistema y a hacerlo más cuantitativo. Uno de los primeros pasos hacia ello, fue el establecimiento de la valencia saprobio propuesta por Dittmar (1959), Zelinka y Marvan (1959), la cual asigna un valor a la presencia de una especie, en cada grado de saprobiedad en que se localice. Posteriormente se efectuó la estimación del índice saprobio, introducido por Pantle y Buck en 1955 que elimina la

estimación subjetiva del grado de saporiedad que tiene un agua, al asignarle un valor (en Schwoerbel, 1975; Sládecek, 1985; y Sládecek et al., 1981).

La valoración de las aguas disponibles para el hombre, es de vital importancia, ya que de esta manera le da un uso adecuado a cada tipo de ellas. Recientemente y debido a la escasez de agua en la Ciudad de México, se ha tenido que recurrir al uso de aguas tratadas para el riego de zonas verdes y el llenado de lagos urbanos recreativos, lo que ha producido una nueva relación entre las comunidades orgánicas y el tipo de agua.

Los hechos antes mencionados motivaron la realización de este estudio el cual pretende aportar información acerca de las comunidades de los cladóceros, las condiciones físico-químicas y saprobias que prevalecen en los lagos de Chapultepec.

## 1.2 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

### 1.2.1 Reseña histórica.

El Bosque de Chapultepec y sus manantiales, han tenido desde épocas precolombinas hasta nuestros días, una gran importancia para la subsistencia de los habitantes de la región, como puede observarse en el siguiente resumen.

Los toltecas al arribar al Valle de México descubrieron un cerro al que años más tarde los mexicas, al establecerse en el lago que existía al pie del mismo, denominaron "Chapultepec", voz nahuatl que significa "en el cerro del chapulín". En este lugar abundaban los manantiales, hecho que les proporcionaba tierra fértil para el desarrollo de su agricultura, permitiéndoles subsistir y avanzar culturalmente (Romero, 1947; y Bibriesca, 1958).

En 1325 fundaron la gran Tenochtitlan sobre una zona pantanosa, lo que ocasionaba que todo lo necesario para su subsistencia incluyendo el agua, tenían que ser llevados de otros lugares a la gran Ciudad. Por lo que para el mantenimiento de la misma se realizaron grandes obras para solventar los principales problemas como era el agua potable y las inundaciones. Para el abastecimiento del agua, Netzahualcoyotl construyó alrededor de 1428 el primer acueducto de piedra, para llevar el vital líquido desde los manantiales de Chapultepec a la Ciudad y además plantó el Bosque y canalizó las albercas. En 1440, Moctezuma Xocoyotzin incrementó el Bosque de Chapultepec y pobló de peces sus estanques (Romero, 1947; Bibriesca, 1958; y García y Romero, 1978).

Durante la conquista de Tenochtitlan, Cortés en 1519, mandó cortar la cañería que le suministraba de agua, como una estrategia militar (Bibriesca, 1958). Posteriormente, al quedar sometida y tomar posesión de la Ciudad, mandó reconstruir el acueducto.

Cuando se publicó el primer plano de la metrópoli en Nurenberg, aparece Chapultepec como un macizo de árboles, con un pequeño manantial y la cañería que la abastecía de agua. Tiempo después (1527), el ayuntamiento manda cortar los ahuehetes del Bosque ya que se les creía culpables de la baja calidad del agua. También se tapian

los manantiales para evitar que sus aguas fueran ensuciadas, por los naturales que sobrepoblaban los alrededores de Tenochtitlan, pues se conoce que desde casi los inicios de su fundación existía una gran generación de basura que en su mayoría iba a dar a los lagos contaminándolos (Bribiesca, 1958; y Romero, 1947).

En 1788, el Ing. Mascaro por encargo del Virrey Flores, desmontó el Cerro y desaguó la "alberca" de Chapultepec. Hacia 1870 la alberca de Moctezuma fue vaciada y las fuentes de aprovisionamiento de agua para la Ciudad se redujeron.

Durante la presidencia de Porfirio Díaz, se demolió el acueducto de Chapultepec y se formó el Lago Viejo el cual era alimentado por corrientes del lugar y por las aguas del río Hondo que eran de mala calidad (Molina-Enriquez, 1979).

En 1955, debido a la construcción de caballerizas, los manantiales de Chapultepec fueron destruídos casi en su totalidad.

En 1962-1964, se creó la segunda sección o Nuevo Bosque de Chapultepec con dos lagos artificiales (el Lago Mayor y el Lago Menor), de uso recreativo y alimentados con aguas residuales, al igual que el Lago Viejo.

Años después el lago Viejo, el cual de acuerdo con Alcocer (1986a) "resultó ser relicto del antiguo Lago de México", fue objeto de una remodelación en la que sus paredes y su fondo tuvieron un revestimiento de concreto quitándole su antiguo fondo de tierra (Alcocer, 1988).

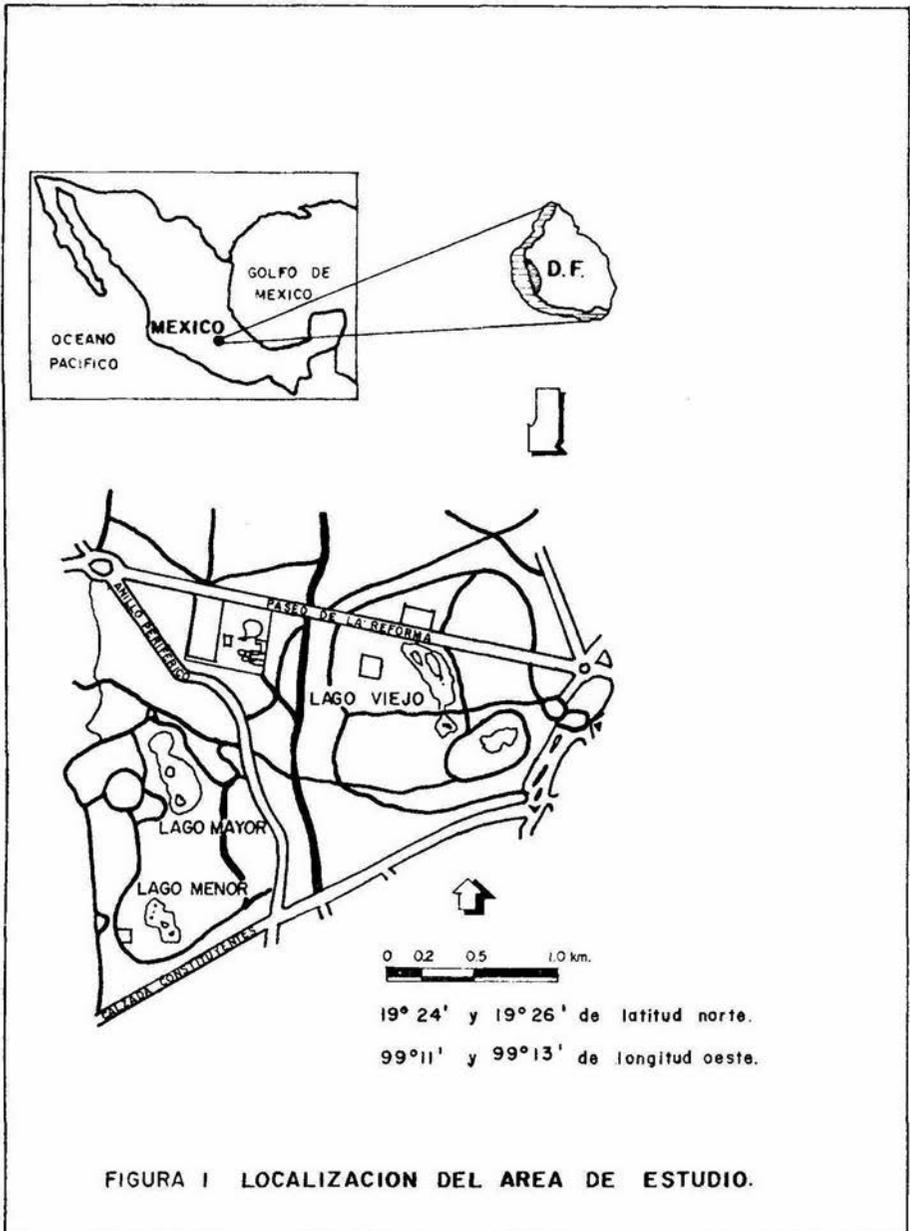
Actualmente el término Chapultepec, es utilizado para designar al parque, que constituye unas de las áreas verde más extensa de la Ciudad de México. Desde 1985 se está realizando el Plan de Recuperación Ecológica de la primera sección del Bosque de Chapultepec, la cual se ubica alrededor del famoso peñón mientras que la segunda y tercera sección se encuentran al oeste de la primera (Alcocer, 1986b y 1988).

### 1.2.2 Descripción.

La region conocida como "Bosque de Chapultepec" se encuentra situada al Oeste-Suroeste de la Ciudad de México, a unos 5.5 Km del centro de la misma (figura 1). Su área total es de 6,700,000 metros cuadrados. Se localiza entre los 19° 24' y 19° 26' de latitud N y los 99° 11' y 99° 13' de longitud W (Detenal, 1979). El bosque cuenta con tres secciones, y es en dos de ellas donde se localizan los lagos.

En la primera sección, ubicada entre el Circuito Interior y Anillo Periférico, está el Lago Viejo, mejor conocido por algunos como dos lagos interconectados (Vega, 1988). Este se localiza a 19° 25' N y 99° 11' W. En la segunda sección, al oeste del Anillo Periférico, se encuentran el Lago Mayor con coordenadas 19° 25' N y 99° 11' W; y el Lago Menor con localización de 19° 25' N y 99° 11' W, a una altura de 2,240 msnm. Estos dos últimos lagos fueron construídos entre 1962 y 1964. La ubicación de los lagos dentro del Bosque se presenta en la Figura 1.

Los 3 lagos son abastecidos con aguas residuales provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chapultepec. En el caso del lago Viejo también recibe agua del río Hondo y pequeñas



descargas de aguas negras sin tratar que aportan los comercios que se encuentran en la periferia (Alcocer, 1988).

La Estación Meteorológica de Tacubaya, la más cercana al Bosque de Chapultepec (19° 24' N, 99° 11' W y 2,309 msnm), sirvió de referencia para establecer las condiciones climáticas. La precipitación media anual es de 672 mm y la evaporación media anual es de 965 a 1910 mm; la temperatura media anual es de 14.7°C, la temperatura máxima se da en mayo y la mínima en enero (García 1973).

El clima del Bosque es templado y se le ha caracterizado como Cw1 (w)b(i); y presenta lluvias en verano (García, 1973).

La morfometría de los Lagos de Chapultepec (Alcocer, 1988), es la siguiente:

	Viejo	Mayor	Menor
Area Total (m <sup>2</sup> )	60,240	58,200	27,600
Longitud Máxima (m)	432 N-S	442 NNW-SSE	264 NW-SE
Ancho Máximo (m)	208 W-E	190 ENE-WSW	150 ENE-WSW
Profundidad Max. (m)	1.8	1.3	1.2
Profundidad Min. (m)	1.0	1.1	1.1
Volumen (m <sup>3</sup> )	49,525	59,709	26,573

### 1.3. ANTECEDENTES

Desde hace algunas décadas los estudios limnológicos sobre crustáceos planctónicos, específicamente los cladóceros y copépodos, han tenido mayor auge tanto en América del Norte y del Sur como en México. Sin embargo, en su mayoría, se trata de descripciones sistemáticas, ya sea dirigidas al estudio de su fisiología y reproducción, en condiciones de laboratorio, o bien, como fuente de alimento.

Elías (1982) hace algunas referencias acerca de los estudios descriptivos y ecológicos que han hecho en América del Norte, Jones Yacovino y Zaret acerca de los cladóceros. Pennak (1953) y Brooks (1959), también han realizado investigaciones acerca de los cladóceros de Estados Unidos. Para Centro y Sudamérica Elías (1982), refiere los trabajos hechos por Martínez de Ferrato y Paggi. Brehm (1942) y Sars (1901) también efectuaron estudios en Latinoamérica, de este grupo.

En México, las investigaciones limnológicas de los diferentes grupos del zooplancton, se iniciaron a principios de este siglo, con el estudio de los lagos y lagunas del Valle de México. Estos trabajos eran sobre todo, inventarios de las especies que los habitaban. Se enfocaban, principalmente, hacia las algas y los protozoarios por lo cual la información que existe acerca de otros grupos zooplanctónicos, como son los rotíferos y los crustáceos es escasa.

Entre los investigadores que destacan de esa época se encuentran: Seurat (1900) que hizo un estudio de la fauna que habitaba los lagos y lagunas del Valle de México; Juday (1916), quien realizó una investigación limnológica de todo Centroamérica incluyendo a México. Ahlstrom (1982) trabajó con rotíferos. Jaczewski hizo lo propio con corixidos; Van Namem estudió a los isópodos; Creaser y Wilson hicieron investigaciones acerca de los crustáceos que habitaban los cenotes y las cuevas de Yucatán (en Chávez, 1986).

Otras informaciones importantes de esos tiempos fueron las efectuadas por Sokoloff (1931 y 1936), que trabajó con ciliados y flagelados; Beltrán (1934) con peces; Ueno (1939), con zooplancton; Fernando de Buen (1941a, 1941b, 1943b y 1944) el cual llevó a cabo exploraciones muy completas del Lago de Pátzcuaro.

Osorio-Tafall (1943 y 1948), en colaboración con otros investigadores realizó estudios del fitoplancton, zooplancton, además de las relaciones tróficas y la biodinámica de las aguas dulces.

Las investigaciones producidas en México, con relación a los cladóceros, que abordan su sistemática, y ecología, son los siguientes: Wilson (1936) que elaboró un escrito de los copépodos que habitan los cenotes de Yucatán con unas notas acerca de cladóceros; Altamirano y Figueroa (1976) estudiaron el zooplancton de la presa Adolfo López Mateos y Malamoco (1980) hizo lo mismo en la presa Vicente Guerrero; Franco (1981) realizó la investigación zooplanctónica de Valle de Bravo; Elías (1982), efectuó un estudio taxonómico de cladóceros; Chávez (1986) investigó la comunidad planctónica de la presa de Valle de Bravo. Navarrete y Sánchez (1985), realizaron un estudio de los cladóceros de la Presa Guadalupe.

Las investigaciones sobre los lagos de Chapultepec, incluyen las de Sámano (1935) quien trabajó con algas Zygnemantáceas; Pérez y Salas (1961) que estudiaron los protozoarios del Valle de México incluyendo los de Chapultepec; López-Ochoterena (1965), llevó a cabo una investigación de protozoarios mesosaprobios; y López-Ochoterena y Madrazo-Garibay (1971) realizaron un trabajo de ciliados que trató de completar el estudio realizado por López-Ochoterena en 1965.

Rosas y Baéz (1983), abordaron la problemática que tiene sobre la salud, el uso de aguas negras tratadas en el llenado de lagos, en este caso del Lago Viejo, y el riego de áreas verdes. Vilaclara (1983), hizo referencia al crecimiento desmesurado de algunas algas, ocasionado por la eutrofización del lago Viejo de Chapultepec y los efectos nocivos que ellas puedan tener en la salud de los animales incluyendo al hombre. Rivera (1983), sugirió la tipificación de los protozoarios del lugar para utilizarlos como posibles indicadores de contaminación.

Vilaclara *et al.* (1986), encontraron una nueva especie de flagelado de vida libre que habita el lago Viejo; Robles *et al.*, (1986) hicieron la caracterización físico-química de los lagos; Alcocer *et al.*, (1986a y b) efectuaron una investigación del lago Viejo; Alcocer (1988), realizó la caracterización hidrobiológica de los lagos; Guzmán (1989) hizo un estudio de la microfauna béntica de los lagos. Flores (1991), realizó un trabajo de la ictiofauna de los lagos.

Al parecer, no se tienen estudios acerca de los cladóceros que habitan los lagos de Chapultepec.

Existen investigaciones de organismos planctónicos como indicadores de saprobiedad o contaminación en México. Algunos de ellos son los de López-Ochoterena (1965); y Sánchez (1985) que trabajaron con ciliados y Ortiz (1985) que hizo su estudio con flagelados.

Si se tiene en cuenta que la Ciudad es un sitio muy interesante para efectuar estudios ecológicos, debido a que puede ser considerado como un ecosistema heterótrofo, que depende de grandes insumos de flujo energético proveniente de fuentes externas del sistema (Odum, 1988), el estudio de los lagos de Chapultepec se torna necesario. Por otra parte la escasa información que se tiene sobre la ecología de los cladóceros, que habitan lagos urbanos, y su utilidad como indicadores de saprobiedad, motivó la realización del presente trabajo de tesis, el cual pretende aportar información acerca de su distribución, abundancia y su posible utilidad como indicadores de saprobiedad.

#### 1.4 OBJETIVOS

1. IDENTIFICAR LAS ESPECIES DE LOS CLADOCEROS PRESENTES EN LOS TRES LAGOS DE CHAPULTEPEC.
2. DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS PATRONES DE DISTRIBUCION QUE TIENEN LOS CLADOCEROS.
3. OBSERVAR LA VARIACION TEMPORAL DE LAS ESPECIES DE LOS CLADOCEROS A LO LARGO DE UN CICLO ANUAL.
4. DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO FISICO-QUIMICO DE LOS TRES LAGOS DE CHAPULTEPEC.
5. ESTABLECER LA RELACION ENTRE EL COMPORTAMIENTO FISICO-QUIMICO Y LAS ESPECIES DE LOS CLADOCEROS.
6. DETERMINAR LA EFICACIA DEL USO DE LOS CLADOCEROS COMO INDICADORES DE SAPROBIEDAD.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. PROGRAMA DE MUESTREO**

Se realizaron 11 muestreos mensuales en los tres lagos, durante un periodo anual de septiembre de 1984 a agosto de 1985. La distribución y el número de estaciones para cada lago se propuso con base en los datos físicos-químicos y batimétricos que se obtuvieron de un muestreo prospectivo. La selección de las estaciones fue la siguiente: en el Lago Viejo se establecieron 5: 3 en el área por la que transitan las lanchas de uso recreativo, y 2 en donde está prohibido el tránsito de las mismas (Fig. 2). En el Lago Mayor se ubicaron 4 estaciones, una en la zona aislada de la circulación general del agua del lago, otra cerca de la llegada de la descarga de agua y las otras a lo largo del eje principal del lago (Fig. 3). Para el Lago Menor se seleccionaron 3, localizadas en el eje central del lago (Fig. 4).

### **2.2 TRABAJO DE CAMPO**

Las características físicas que se hicieron "in situ" fueron: temperatura del agua mediante un termómetro de mercurio Wilson de -10° a 110°C; transparencia con el disco de Secchi; pH con el potenciómetro portátil marca Corning; y oxígeno disuelto con el oxímetro modelo YSI 51.

En cada estación, se tomaron muestras de agua, a una profundidad de 0.5 metros con una botella van Dorn, para efectuar la determinación de las demás características físicas-químicas en el laboratorio, las cuales fueron fijadas y transportadas de acuerdo a la técnica recomendada para cada una de ellas (APHA, AWWA Y WPCF, 1985). Para las muestras biológicas se filtró un volumen de 10 litros con una malla de 150 micras de abertura y se fijaron con formol (Pennak, 1953; y Brooks, 1959) para su posterior determinación y cuantificación.

### **2.3. TRABAJO DE LABORATORIO**

#### **2.3.1. Parámetros físicos-químicos.**

Las determinaciones físicas-químicas que se realizaron en el laboratorio, de análisis por vía húmeda del Proyecto de Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CyMA), fueron: conductividad por método potenciométrico; alcalinidad por titulación con ácido sulfúrico al 0.02 N; dureza mediante titulación, con EDTA al 0.01 M (APHA, AWWA Y WPCF, 1985).

A través de métodos colorimétricos se determinaron: nitritos por diazonización; nitratos por reducción de nitratos; fosfatos totales por digestión del persulfato; ortofosfatos con cloruro estañoso, y sulfatos con el método turbidimétrico (APHA, AWWA Y WPCF, 1985).

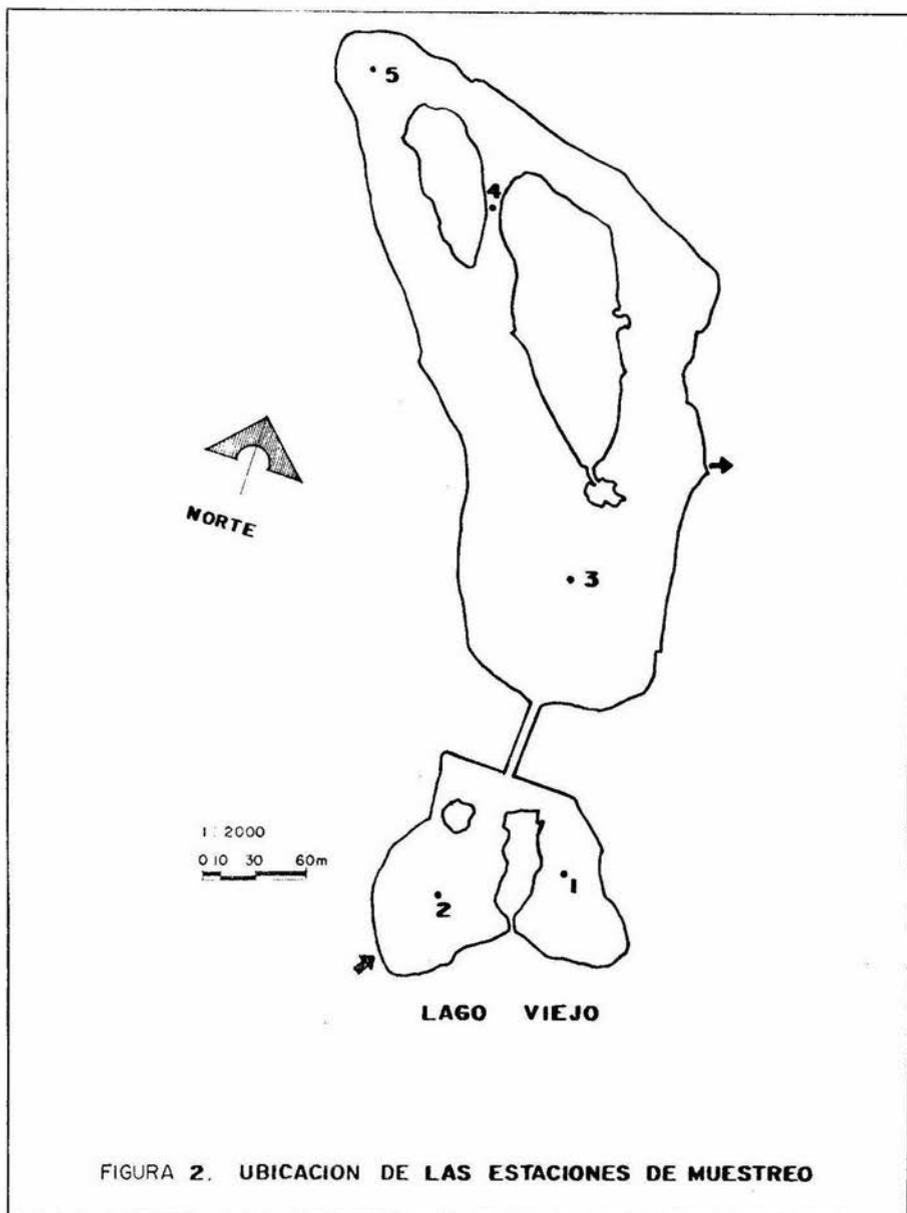


FIGURA 2. UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

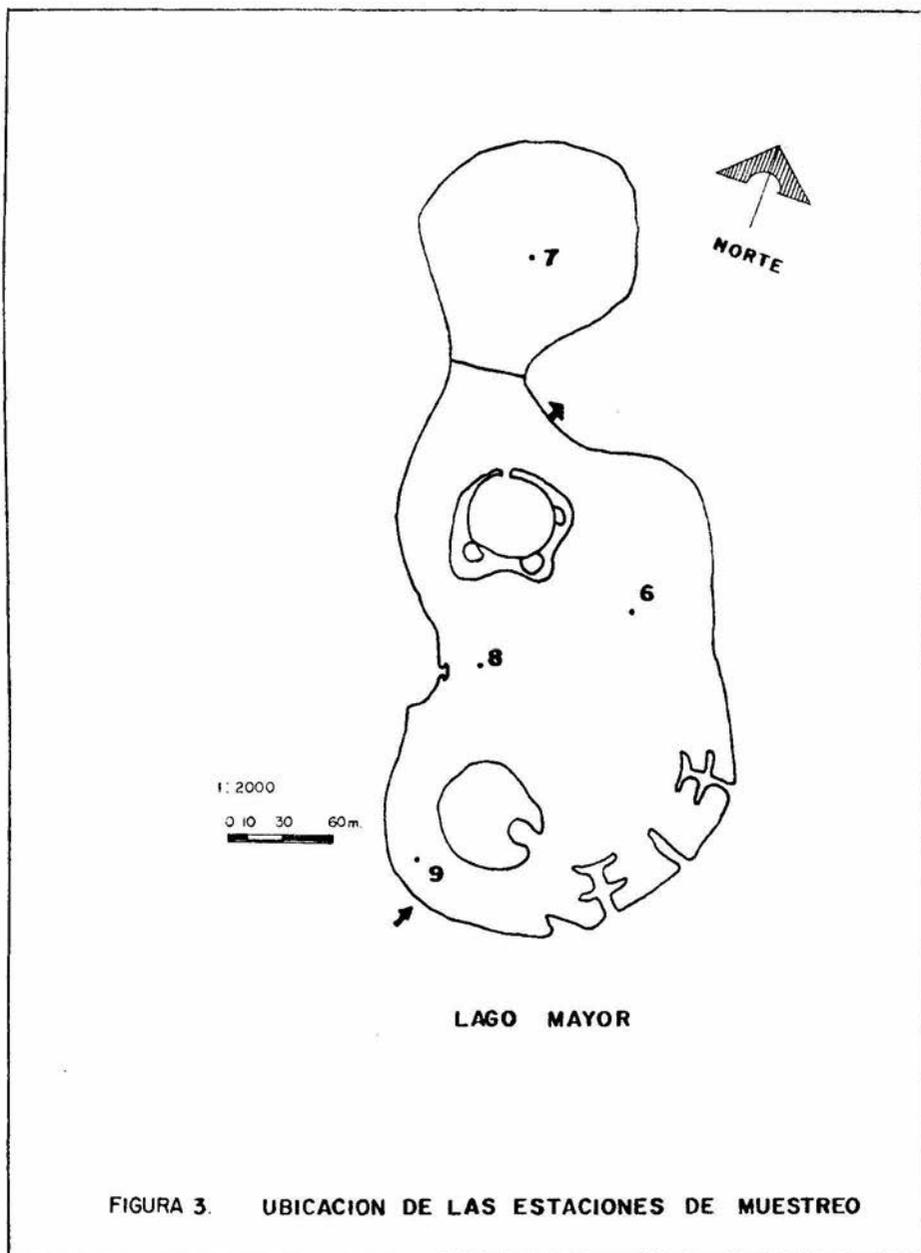


FIGURA 3. UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

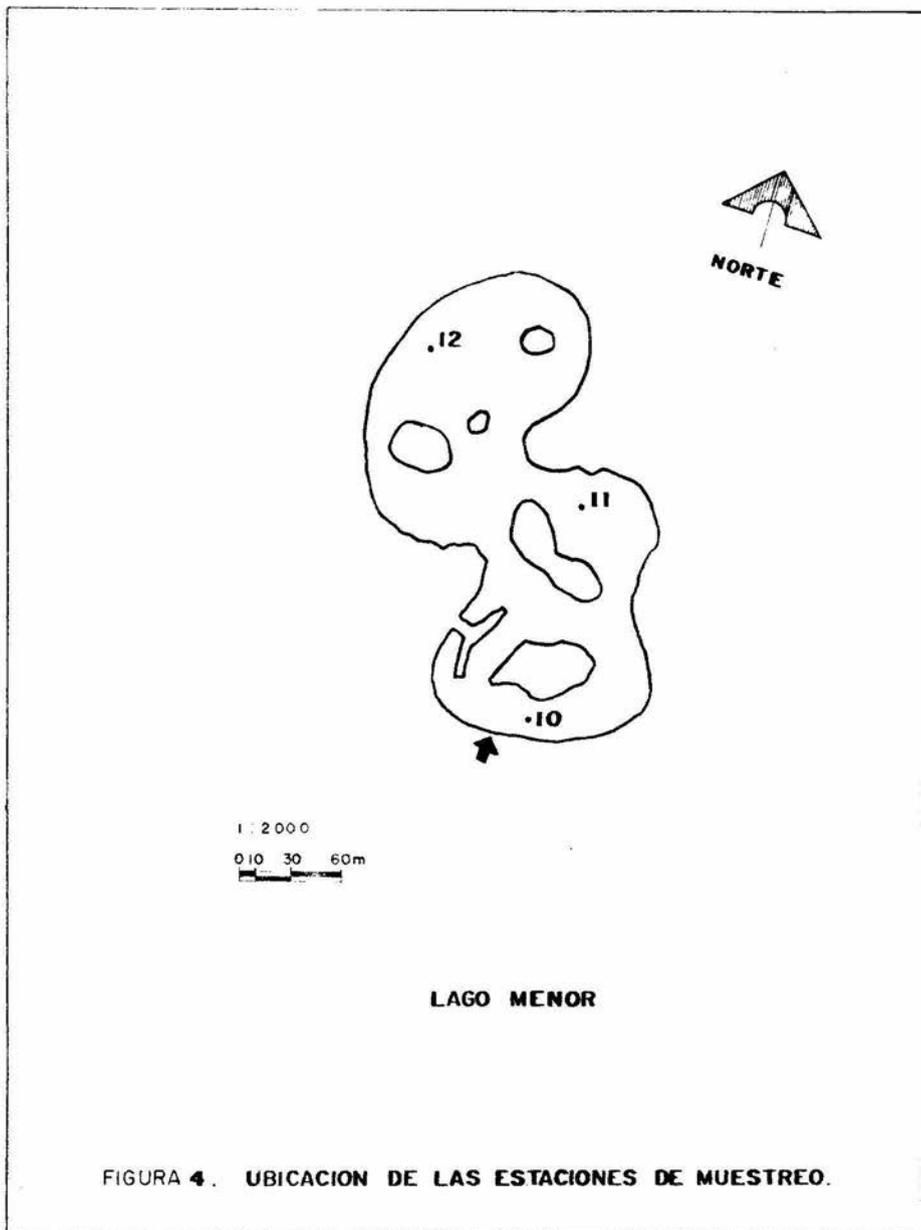


FIGURA 4. UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO.

Los sólidos sedimentables se determinaron por gravimetría; cloruros con el método argentométrico por titulación. DBO, por el método de Winkler modificado por titulación y dilución al quinto día, para el cálculo del oxígeno; DQO con titulación por reflujo con dicromato (APHA, AWWA Y WPCF, 1985).

### **2.3.2. Muestras biológicas.**

Se determinaron y cuantificaron los cladóceros obtenidos en las muestras de agua. La identificación de los organismos se realizó hasta especie, utilizando las claves de Pennak (1953), Brooks (1959), Goulden (1968), Margaritora (1983) y Amoros (1984), y un microscopio óptico. La cuantificación se efectuó con un microscopio estereoscópico mediante un conteo directo y total de cada una de las muestras, dando el número de organismos por metro cúbico.

### **2.3.3. Comportamiento físico-químico.**

Los datos físicos-químicos, se sometieron al método estadístico del análisis de componentes principales (Marriot, 1974; Jeffers, 1978; Chatfield y Collins, 1980; Pla, 1986), para establecer la importancia de cada parámetro en la variabilidad físico-química. Previamente, los datos se transformaron logarítmicamente, exceptuando al pH.

Se establecieron las características físicas-químicas de cada uno de los lagos con base en los valores obtenidos para cada uno de los parámetros. La determinación del comportamiento espacial y temporal de los lagos se realizó mediante análisis de agrupamiento (Marriot, 1974; Jeffers, 1978; Chatfield y Collins, 1980) con el paquete estadístico CSS versión 3.1.

### **2.3.4. Relaciones organismos-parámetros físicos-químicos.**

Para relacionar el comportamiento físico-químico con las especies, se utilizó el método de coeficiente de correlación de producto de momento de Pearson (Sokal y Rohlf, 1980) con el paquete estadístico antes mencionado.

### **2.3.5. Determinación de la eficacia de los cladóceros como indicadores de saprobiedad.**

La saprobiedad de cada lago se determinó obteniendo primeramente, el índice saprobio de cada una de las especies encontradas, a partir de las tablas de Sládecek (et al. 1981). Posteriormente se aplicaron las fórmulas de Índice Saprobio, tanto la de Pantle y Buck como la de Sládecek y Tucek (Sládecek y Tucek, 1975; y Sládecek, 1979), procediéndose a comparar la saprobiedad resultante de ambas fórmulas para cada lago. Las fórmulas son:

Indice Saprobio  
Pantle y Buck

$$S = \frac{\sum (h S_i)}{h}$$

donde:

$S_i$  = indice saprobio individual de cada especie

$L_c$  = constante con valor de 0.44

$h$  = abundancia de cada especie

Indice Saprobio  
Sládecek y Tuček

$$S = \frac{K_2 S_o (L - L_c)}{1 + K_2 (L - L_c)}$$

donde:

$K_2$  = constante con valor de 0.218

$S_o$  = constante con valor de 4.93

$L$  = valores de  $DBO^5$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 COMPOSICION FAUNISTICA

En los tres lagos de Chapultepec se determinaron tres géneros y cinco especies de cladóceros *Moina micrura*, *M. macrocopa*, *Alona costata*, *A. guttata* y *Leydigia leydigi*. De acuerdo con los criterios sistemáticos propuestos por Bowman y Abele (en Bliss, 1982), se ubican de la siguiente manera:

Superclase: Crustácea Pennak 1777

Clase: Branchiopoda Latreille 1817

Subclase: Diplostraca Gerstaecker 1866

Orden: Cladocera Latreille 1817

Suborden: Eucladocera Eriksson 1932

Superfamilia: Daphnioidea Straus 1820

Familia: Moinidae Goulden 1968

Género: *Moina* Baird 1850

Especie: *M. micrura* Kurz 1874

*M. macrocopa* Straus 1820

Familia: Chydoridae Stebbing 1902

Género: *Alona* Baird 1850

Especie: *A. costata* Sars 1862

*A. guttata* Sars 1862

Género: *Leydigia* Kurz 1874

Especie: *L. leydigi* (Schoedler, 1863)

Estos cuerpos de agua presentaron cuatro especies en común *Moina micrura*, *M. macrocopa*, *Alona costata* y *A. guttata*, mientras que *Leydigia leydigi* se presentó tanto en el lago Viejo como en el Mayor. Estas especies no han sido reportadas en estudios anteriores sobre estudios de estos lagos (Pérez y Salas, 1961; López-Ochoterena, 1965; y López-Ochoterena y Madrazo-Garibay, 1971).

En los lagos de Chapultepec, se registró una baja riqueza específica. Este fenómeno ha sido observado por Serruya y Pollingher (1983) en lagos de la región tropical en los cuales la pobreza de cladóceros es típica debido a la cantidad de alimento y la temperatura. Martínez (1993) reporta que el lago Nabor Carrillo también presentó baja diversidad, la cual podría atribuirse a la influencia que tiene la temperatura sobre la sucesión estacional de las especies de los cladóceros, dado que cada una de ellas tiene un desarrollo y eclosión característica. Aunque en estos lagos las correlaciones estadísticas no señalaron una asociación entre las especies encontradas y la temperatura, lo antes expuesto por Martínez (1993) también podría aplicarse a estos lagos, ya que guardan como característica común el ser alimentados con aguas tratadas y ser eutróficos someros.

La depredación de que son objeto los cladóceros en estos sitios también pudo influir en la baja riqueza específica, ya que Flores

(1991), encontró que los goodeidos que habitan los lagos de Chapultepec consumen *Moina* y *Alona* junto con otros microcrustáceos e insectos. Otros depredadores de los cladóceros en estos lugares, fueron los copépodos ciclopoideos y calanoideos (Chavéz, 1994 com. per.). Freyer y Smyly, Alla, Walker y Laundry (en Martínez, 1993) también refieren la fuerte depredación que efectúan los ciclopoideos sobre los cladóceros en otros cuerpos de agua.

Las especies *M. micrura*, *M. macrocopa*, *A. costata*, *A. guttata* y *L. leydigi* determinadas en estos lagos han sido registradas en lagos de Estados Unidos por autores como Pennak (1953), Brooks (1959) y Prophet y Waite (1974). Frey (1982) reporta que de las especies mencionadas, dos de ellas, *M. macrocopa*, y *L. leydigi*, no se presentan en México. Sin embargo, como se verá más adelante, existen varios registros de ellas en México, en investigaciones anteriores y posteriores al trabajo de dicho autor.

*Moina* es un género planctónico que puede habitar desde grandes lagos hasta estanques con grandes cantidades de materia orgánica (Brooks, 1959; Margalef, 1983; Margaritora, 1983; y Amoros 1984), en tanto que los géneros *Alona* y *Leydigia*, generalmente, son de aguas poco profundas (Brooks, 1959; Smirnov, 1974; Margaritora, 1983; y Amoros, 1984).

*M. micrura* habita desde pequeños charcos hasta grandes lagos. Es una especie pequeña a menudo limnoplantónica, termófila particularmente en zonas tropicales. Es prácticamente cosmopolita, ya que se le ha encontrado en todo el mundo excepto en regiones frías. Abunda mayormente en zonas tropicales y subtropicales. Se le ha reportado en otros lagos del mundo con condiciones similares a los de Chapultepec. Entre ellos se encuentran el Izabal (Guatemala), el Kyoga y George (Uganda), en el lago Chilwa (Malawi), extendiéndose hasta Mozambique (Serruya y Pollingher 1983), y en Kansas, Estados Unidos (Pennak, 1953; Brooks, 1959; y Prophet and Waite, 1974). Se le registró asimismo en el lago Hub (Pakistan), en donde ocurrió una mezcla de especies tropicales y de regiones templadas, siendo baja la diversidad (Iqbal y Kazmi, 1990).

*M. micrura* es habitante común de aguas eutróficas (Margaritora, 1983; y Amoros, 1984), por lo que no es de sorprender que se le haya encontrado en los lagos de Chapultepec los cuales van desde la eutrofia hasta la hipertrofia (Alcocer, 1988). Otros cuerpos de agua con características tróficas similares en los que se ha registrado, son el lago Monte Alegre en Brasil, donde se le encontró formando parte del zooplancton junto con otros cladóceros, rotíferos y copépodos (Arcifa, *et al.*, 1992). Tifnouti y Pourriot (1990) hallaron esta especie en un estanque de oxidación en Marruecos, en donde la población tuvo un periodo de crecimiento rápido e intensivo, favorecido por las altas temperaturas del agua (24°C), la alta calidad y cantidad de alimento y la ausencia de depredadores.

*M. macrocopa* es una especie termófila, típica de pequeños cuerpos de agua temporales, cargados con materia orgánica (Margaritora, 1983; y Amoros, 1984). Goulden (1968) considera que aunque se le ha encontrado en muchas partes de las regiones subtropicales y tropicales del planeta, su distribución parece estar más restringida de lo que generalmente se cree. Por lo que de acuerdo con sus estudios debería estar ausente en México, Centro y

Sudamérica, en los cuales sería sustituida por otras especies del género, que se adaptan mejor a las condiciones que prevalecen en estas latitudes.

Sin embargo, Martínez *et al.* (1991) encontraron que *M. macrocopa* es componente natural de algunos ecosistemas dulceacuícolas de México, y es una de las principales fuentes de alimento de algunas especies de peces. Además de ellos, otros investigadores mexicanos (Váldez, *et al.*, 1988; Martínez, 1988; Valdéz, 1990; Martínez y Gutiérrez, 1991; y Espinosa y Martínez, 1992) han hecho cultivos de esta especie, con lo cual se demuestra que lo planteado por Goulden (1968) y Frey (1982) no es válido para nuestro país.

También se le ha encontrado de manera natural en el embalse "La Goleta", ubicado en el Estado de México, en canales de aguas negras del Valle de México y en estanques de digestión de estiércol (Valdéz, 1990).

Por otra parte, se le ha reportado en lugares más eutróficos que los lagos de Chapultepec. Dinges (1982) encontró *M. macrocopa* en estanques de estabilización asociada a *M. brachiata* y a *Daphnia*, género al cual está emparentada, lo que demuestra según el autor, que ambos géneros tienen requerimientos medioambientales similares. Igualmente, se le encontró formando parte del zooplancton de una laguna costera en Valencia, España, que es hipertrófica (Oltra y Miracle, 1992).

*A. costata* se distribuye en las regiones holártica, neotropical y etiópica (Smirnov, 1974; y Margaritora, 1983). Habita cuerpos de agua ricos en macrofitas, aguas estancadas o de corriente muy lenta y puede vivir en medios fuertemente calcificados (Amoros, 1984). Es litoral, cosmopolita y abundante pero no común (Pennak, 1953; y Brooks, 1959). En México, Rioja (1944) la halló formando parte del zooplancton de la laguna de San Felipe Xochitepec, en Puebla.

*A. guttata* es una especie cosmopolita (Pennak, 1953; Brooks, 1959; y Margaritora, 1983). Sus biotipos son muy diversos ya que van desde lagos hasta pequeños charcos. Comúnmente vive sobre el perifiton de los cañaverales o sobre el limo de las zonas litorales (Amoros, 1984). Martínez (1993) la encontró formando parte de la composición del zooplancton del lago Nabor Çarrillo, el cual tiene aguas hiposalinas ricas en carbonato sódico.

*L. leydigi* habita lagos, estanques, aguas fangosas y eutróficas muy pobres en oxígeno. También se le encuentra sobre macrofitas y el limo dado que es una especie bentónica y detritívora. Está ampliamente distribuida en las regiones árticas y tropicales (Smirnov, 1974; y Margaritora, 1983) pero no es común (Pennak, 1953; Brooks, 1959; y Amoros, 1984). Frecuentemente se le cita como *L. quadrangularis*, tal es el caso de Rioja (1944) que la encontró en número escaso, en la laguna de San Felipe Xochitepec, Puebla.

Mitchell y Williams (1982), ampliaron el espectro ecológico de *L. leydigi* ya que la determinaron en estanques de estabilización, ubicados en Australia.

### 3.2 ABUNDANCIA Y FRECUENCIA

#### 3.2.1 Lago Viejo.

En este lago se presentó la menor cantidad de organismos a lo largo del año con un total de 835,600 individuos por metro cúbico (Tabla 1), de los cuales la especie con mayor abundancia fue *M. micrura* con un 92.94%. *M. macrocopa* fue la segunda con 5.68%, porcentaje que estuvo muy por debajo de la más abundante.

Una contribución menor mostraron las demás especies *A. costata* con 0.74%, *A. guttata* con 0.29% y *L. leydigi*, con 0.29%.

La abundancia mayor de organismos en general, se registró en febrero y la menor durante junio. En cuanto a las especies se refiere, *M. micrura* tuvo su máximo en febrero y su mínimo en junio. La abundancia más alta de *M. macrocopa* ocurrió en octubre y la más baja fue en diciembre (Tabla 1).

*A. costata* fue más numerosa durante agosto y fue menos abundante en octubre. *A. guttata* únicamente se encontró en febrero. *L. leydigi* se registró durante febrero y marzo con igual número de organismos (Tabla A del Apéndice I).

TABLA 1 ABUNDANCIA DE ORGANISMOS POR ESPECIE  
EN EL LAGO VIEJO

ESPECIE	org/m <sup>3</sup>	%
<i>Moina micrura</i>	777,081	92.94
<i>Moina macrocopa</i>	47,519	5.68
<i>Alona costata</i>	6,211	0.74
<i>Alona guttata</i>	2,389	0.29
<i>Leydigia leydigi</i>	2,400	0.29
TOTAL	835,600	100%

La frecuencia de *M. micrura* fue constante a lo largo del año (Tabla 2), faltando en 2 de las 5 estaciones del lago en noviembre y en 3 en septiembre (estaciones 1-3). *M. macrocopa* también se manifestó en forma constante durante todo el año pero, al igual que la anterior, faltó en hasta 3 estaciones (en noviembre y diciembre) y sólo en octubre y febrero estuvo en las 5 estaciones (Tabla A del Apéndice I).

Las demás especies tuvieron una frecuencia de aparición menor y en la mayoría de las ocasiones sólo se localizaron en una o dos de las estaciones como puede apreciarse en la Tabla 2. *A. costata* se le encontró en los meses de septiembre, octubre, febrero, abril y

agosto. El caso contrario se presentó con las especies *A. guttata* y *L. leydigi*, las cuales se determinaron en febrero y febrero y marzo respectivamente.

Existieron estaciones en ciertos meses del año (3 en septiembre, 4 y 5 en noviembre y 4 en julio) que no tuvieron organismos (Tabla 2 y Tabla A Apéndice I). La estación 1 del mes de marzo no se pudo muestrear debido a que no había paso.

TABLA 2 FRECUENCIA DE APARICION DE CLADOCEROS EN EL LAGO VIEJO POR ESTACIONES

ESPECIE	MES										
	Sep	Oct	Nov	Dic	Peb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag
<i>Moina micrura</i>	2	5	3	5	5	4	5	5	5	4	5
<i>Moina macrocopa</i>	4	5	2	2	5	3	4	3	4	4	3
<i>Alona costata</i>	1	1	-	-	2	-	1	-	-	-	3
<i>Alona guttata</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
<i>Leydigia leydigi</i>	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-

Los números representan el número de estaciones en las que se presentaron cada una de las especies

### 3.2.2 Lago Mayor.

En el lago Mayor, se colectó el mayor número de organismos, de los tres lagos, 5,126,600 individuos por metro cúbico (Tabla 3), de los cuales el 96.36 % correspondió a *M. micrura*. De este porcentaje, el 3.46 % correspondió a los machos de esta especie (Tabla B, Apéndice I), los cuales fueron más abundantes en este lugar que en el lago Menor, dado que en el lago Viejo no se encontraron machos. *M. macrocopa*, la segunda especie en importancia tuvo el 3.34%.

*A. costata*, con 0.20% y *A. guttata* con 0.05% fueron las especies con la abundancia más baja, mientras que *L. leydigi* tuvo una proporción casi insignificante (0.01%) (Tabla 3).

La abundancia máxima general de organismos durante el año ocurrió en julio y la mínima en agosto.

*M. micrura* presentó una mayor abundancia en el mes de julio y la menor durante junio. *M. macrocopa* observó un número máximo de organismos en julio y el mínimo en agosto. En tanto que *A. costata* registró su abundancia más alta en mayo y la mínima en junio, julio y agosto. *A. guttata* sólo se encontró durante tres meses, mayo, donde tuvo la abundancia menor y en junio y agosto en los que presentó el mayor número de organismos. *L. leydigi* solamente se encontró en marzo (Tabla B, Apéndice I).

**TABLA 3 ABUNDANCIA DE ORGANISMOS POR ESPECIE  
EN EL LAGO MAYOR**

ESPECIE	org/m <sup>3</sup>	%
<i>Moina micrura</i>	4,941 785	96.36
<i>Moina macrocopa</i>	171,415	3.34
<i>Alona costata</i>	10,200	0.20
<i>Alona guttata</i>	2,800	0.05
<i>Leydigia leidigi</i>	400	0.01
<b>TOTAL</b>	<b>5,126,600</b>	<b>100%</b>

*M. micrura*, estuvo presente todo el tiempo en la mayoría de las estaciones. En los meses de febrero a mayo y julio se encontraron machos y efipios (Tabla 4, y Tabla B, Apéndice I).

*M. macrocopa*, tuvo una frecuencia alta, dado que sólo en diciembre no hubo organismos. Sin embargo, estuvo ausente en ciertas estaciones durante los meses en que se manifestó (Tabla 4 y Tabla B, Apéndice I). También se hallaron efipios de esta especie en septiembre, diciembre, abril, junio y julio.

*A. costata* fue frecuente en el segundo semestre de muestreo (de marzo a agosto), aunque también se le encontró en noviembre. Como en los casos anteriores esta especie faltó en algunas estaciones y sólo se halló en la 7 y 8 del mes de noviembre; la 6 en marzo, abril, julio y agosto; la 8 de mayo a agosto y la 9 durante junio y agosto. *A. guttata* y *L. leydigi*, tuvieron una frecuencia muy baja. La primera se presentó en mayo, en la estación 9; en junio en la 7 y 8 y finalmente en la 9 del mes de agosto. *L. leydigi* se encontró sólo en la estación 9 en marzo (Tabla 4).

### 3.2.3 Lago Menor.

Este lago tuvo una abundancia intermedia con un total de 1,967,400 organismos por metro cúbico (Tabla 5). La especie más abundante fue nuevamente *M. micrura* con el 97.91%. *M. macrocopa* ocupó el segundo lugar con un 1.81%. En este lago también se presentaron con cierta importancia los machos de *M. micrura* que representaron el 0.10% del porcentaje de esta especie.

Otros cladóceros determinados fueron *A. costata* y *A. guttata* con una abundancia de 0.20% y 0.06% respectivamente.

El mes en el cual se observó la mayor abundancia de organismos en general, fue en abril y la menor en julio (Tabla C, Apéndice I).

**TABLA 4 FRECUENCIA DE APARICION DE CLADOCEROS EN EL LAGO MAYOR POR ESTACIONES**

ESPECIE	MES										
	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag
<i>Moina micrura</i>	3	3	2	4	4	4	3	4	2	4	1
<i>Moina macrocopa</i>	3	3	1	-	3	4	3	4	1	3	2
<i>Alona costata</i>	-	-	1	-	-	3	2	3	1	1	1
<i>Alona guttata</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1
<i>Leydigia leydigi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los números representan el número de estaciones en las que se presentaron cada una de las especies

En este sitio no hubo cladóceros en el primer semestre del muestreo (septiembre-febrero). Al parecer esta ausencia fue motivada porque el alimento escaseó, ya que durante este lapso la población de ciliados disminuyó (Lugo 1994, com. per.) y la materia orgánica en forma de flóculos pudo haber provocado que el sistema filtrador de estos organismos, se viera afectado por el tamaño de las partículas, motivando que no pudieran alimentarse y desaparecerían.

**TABLA 5 ABUNDANCIA DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN EL LAGO MENOR**

ESPECIE	org/m <sup>3</sup>	Porc.
<i>Moina micrura</i>	1,926,400	97.91
<i>Moina macrocopa</i>	35,800	1.81
<i>Alona costata</i>	4,000	0.20
<i>Alona guttata</i>	1,200	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>1,967,400</b>	<b>100</b>

La abundancia más alta de *M. micrura* fue en abril y la menor ocurrió durante junio. Esta especie se encontró de abril a junio y únicamente en abril se determinaron machos. *M. macrocopa* solamente se registró durante dos meses, marzo y abril, éste último con mayor número de organismos. *A. guttata* apareció en marzo donde observó un número mayor de organismos y durante agosto, en el que se encontró su abundancia menor. *A. costata*, tuvo su máximo en marzo y su mínimo en julio (Tabla 3, Apéndice A).

La frecuencia de *M. micrura*, en este lago no fue la más alta. Sin embargo, durante los meses en que se determinó, de abril a junio, estuvo presente en todas sus estaciones con excepción de junio donde sólo se encontró en la número 11. *M. macrocopa*, tuvo una frecuencia baja durante los dos meses en que apareció, no obstante, se encontró en todos las estaciones (Tabla, 6).

Otra especie con frecuencia de aparición baja fue *A. guttata*, ya que sólo se halló en la estación 10 en los dos meses en que se presentó. *A. costata* fue más frecuente en este lago (Tabla 6) que las otras especies ya que se encontró de marzo a agosto, exceptuando junio, aunque no en todas las estaciones (Tabla, 6).

TABLA 6 FRECUENCIA DE APARICION DE CLADOCEROS EN EL LAGO MENOR POR ESTACIONES

ESPECIE	MES										
	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
<i>Moina micrura</i>	-	-	-	-	-	3	3	3	1	-	-
<i>Moina macrocopa</i>	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-
<i>Alona costata</i>	-	-	-	-	-	3	2	1	-	1	2
<i>Alona guttata</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1

Los números representan el número de estaciones en las que se presentaron cada una de las especies

Las especies predominantes por su abundancia en los lagos fueron *M. micrura* y *M. macrocopa* que también se encontraron a largo del año de muestreo en los lagos Viejo y Mayor con pocas oscilaciones. En cambio en el lago Menor la presencia de éstas especies fue muy fluctuante. La aparición de machos de *M. micrura* en el lago Mayor y Menor parece indicar que las condiciones ambientales en estos sitios, fueron más adversas (quizás falta de alimento, fluctuaciones en el nivel del agua) a esta especie, que las prevalecientes en el lago Viejo, ya que los machos y epipios se presentan bajo condiciones desfavorables del medio (Brooks, 1959; Margalef, 1983; y Margaritora, 1983).

El tiempo en el que hicieron su aparición los machos en estos dos lagos (Tablas B y C del Apéndice I), coincide con el comportamiento reproductivo de *M. micrura* observado por Margaritora (1983) en Italia.

Las especies de chidoridos tuvieron un comportamiento distinto en cada lago dado que en ocasiones se presentaron solamente durante algunos meses y siempre con abundancias muy bajas.

La aparición de *A. costata* en los tres lagos fue irregular. En el lago Viejo (Tabla 2 y Tabla A, Apéndice I) tuvo una ocurrencia

intermitente. En el lago Mayor fue más constante, dado que se presentó durante siete meses, y en mayor número de estaciones (Tabla 4 y Tabla B, Apéndice I). En el lago Menor (Tabla 6 y Tabla C, Apéndice I) ocurrió durante cinco meses.

La mayor abundancia y frecuencia de esa especie en los lagos Mayor y Menor podría atribuirse a que su profundidad máxima fue menor que en el lago Viejo, aunque los tres lagos podrían ser considerados como zonas litorales debido a su baja profundidad. La mayor frecuencia observada en el lago Menor de esta especie con relación a las otras, pudo verse favorecida por la formación de flóculos en este sitio (Alcocer, 1988) los cuales pudieron servirle de habitat a *A. costata* ya que de acuerdo con Smirnov (1974), Margaritora (1983), y Amorós (1984), *Alona* además de litoral, se encuentra habitando sobre macrófitas o perifiton.

En cuanto *A. guttata* y *L. leydigi*, su aparición en estos sitios fue fluctuante y escasa, hecho que al parecer es común en otros lagos mexicanos, como lo reportan Martínez (1993) y Rioja (1944).

La presencia de *Alona* y *Leydigia* en el plancton fue fortuita, dado que su habitats son muy diferentes -litoral y bentónico- por lo que no es extraño que su abundancia haya sido escasa.

Considerando que se presentaron diferencias físicas-químicas entre los tres lagos, el comportamiento de las especies determinadas en estos lugares parece regirse por lo propuesto por Esteves (1988) de que no es raro que una misma especie presente diferencias en su abundancia, frecuencia y ciclo reproductivo en función de las condiciones ambientales.

### 3.3 DISTRIBUCION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS ESPECIES

Los dendrogramas de asociación espacial tanto de los parámetros biológicos como físicos-químicos que se realizaron, se analizarán en la sección correspondiente a la descripción físico-química, dado que se presentó un comportamiento diferencial entre los tres lagos, se examinará cada uno de ellos por separado tanto desde el punto de vista biológico como físico-químico.

Para analizar la distribución temporal biológica, también se realizó un análisis de agrupamiento y la obtención de un dendrograma de asociación. Sin embargo, este no aportó información, por lo cual el análisis temporal se realizó con base en las figuras de abundancia de las especies.

#### 3.3.1 Lago Viejo.

En la estación 1 (Fig. 5) se encontraron 3 especies: *M. micrura*, que alcanzó su máximo general en febrero y su mínimo en junio. Durante septiembre y marzo no se observó en esta estación. *M. macrocopa*, alcanzó su máximo en octubre y estuvo ausente en noviembre, marzo, y agosto, en general, puede decirse que su abundancia fue baja. *A. costata* sólo se halló en abril.

En la estación 2 (Fig. 5) únicamente se registraron *M. micrura* y *M. macrocopa*, las dos especies predominantes en estos lagos. La fluctuación de *M. micrura* observada en este sitio a lo largo del año fue más marcada que en las otras estaciones (Fig. 5-7). Su máximo fue en marzo y el mínimo en junio. No se le halló en septiembre. *M. macrocopa* se presentó, durante todo el tiempo del muestreo, menos en abril. Su máximo fue en marzo y el mínimo en septiembre y diciembre. Ambas especies aparecieron con mayor persistencia en esta estación que en las demás, presentando también un mayor número de organismos a lo largo del año de muestreo lo cual pudo deberse a que esta estación se encuentra ubicada donde ocurre la circulación y entrada del agua de la planta de tratamiento (Alcocer, com. per.), la cual viene con mucha materia orgánica y según Amoros (1984) *M. macrocopa* puede habitar lugares muy ricos en materia orgánica, lo cual no ocurre con *M. micrura* que habita lugares con menor cantidad de materia orgánica.

La estación 3 (Fig. 6) presentó *M. micrura*, *M. macrocopa*, *A. costata* y *A. guttata*. La primera especie observó una aparición más regular que en las otras estaciones, no se le encontró en septiembre. *M. macrocopa* tuvo su máximo en agosto y mínimo en julio. Estuvo ausente durante septiembre y diciembre. *A. costata* y *A. guttata* se hallaron únicamente en agosto.

La estación 4 (Fig. 6) albergó cinco especies: *M. micrura* que con excepción de noviembre y julio se localizó en los demás meses. *M. macrocopa* se presentó sólo en los meses de septiembre, octubre, febrero, abril y junio. *Alona costata* y *A. guttata* se encontraron durante febrero y agosto, mientras que *L. leydigi* se halló solamente en febrero.

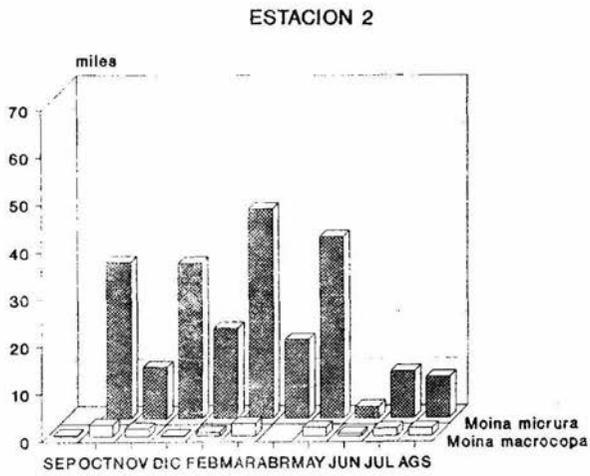
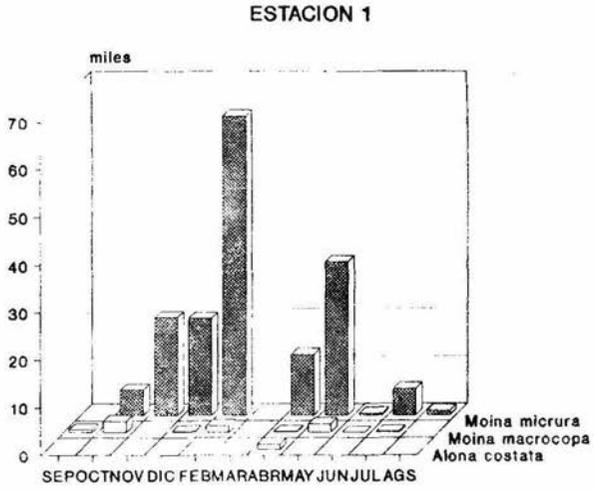
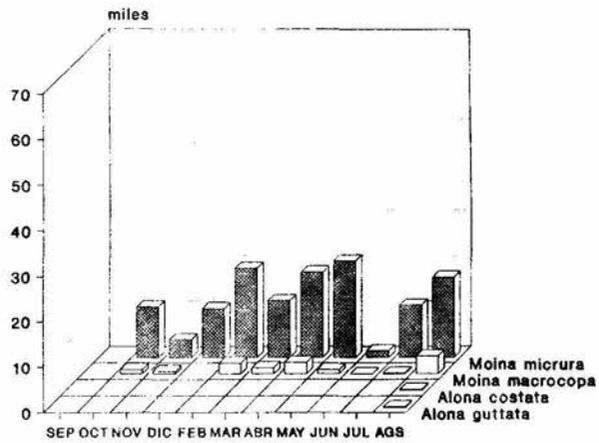


Figura 5 Abundancia de las especies en el Lago Viejo

### ESTACION 3



### ESTACION 4

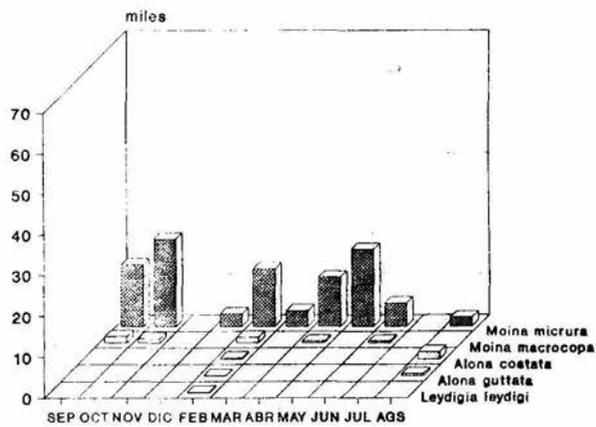


Figura 6 Abundancia de las especies en el Lago Viejo

La estación 5 (Fig. 7) también reunió cinco especies. En este sitio las fluctuaciones de los organismos de un mes a otro fueron más evidentes que en las otras estaciones. *M. micrura* apareció durante el año de muestreo, exceptó en noviembre, presentando dos picos de abundancia durante marzo y abril. *M. macrocopa* se localizó durante siete meses, tuvo su máximo en septiembre y su mínimo en julio. *A. costata* se observó en septiembre, octubre donde hubo el menor número de organismos, febrero y agosto, mes en el cual se presentó su abundancia máxima. *A. guttata* se encontró en septiembre, febrero y agosto. en tanto que *L. leydigi* únicamente ocurrió durante febrero y marzo.

Los chidóridos tuvieron en esta estación, el mayor número de organismos de todo el muestreo.

La distribución de las especies estableció una diferenciación entre las primeras tres estaciones y las restantes. En las estaciones 1, 2 y 3, localizadas (por lo menos las dos primeras) en un área muy restringida al movimiento, se encontró un número menor de especies, de 2 a 4. En cambio, en las estaciones 4 y 5 localizadas en la zona abierta a las lanchas, hubo mayor número de especies, lo cual pudo ocurrir debido a que la agitación es más continua en esta parte y mantuvo en igual condición a los organismos, dado que aun cuando *Alona* y *Leydigia* son especies litoral y bentónica respectivamente (Margaritora, 1983; y Amoros, 1984), éstas se encontraron en el plancton.

Otra razón por la cual pudieron encontrarse esas especies fuera de su habitat, fue la escasa profundidad que tienen los lagos de Chapultepec, hecho que lleva a considerarlos como zonas litorales (Alcocer 1988).

### 3.3.2 Lago Mayor.

En la estación 6 se encontraron las siguientes especies: *M. micrura*, *M. macrocopa* y *A. costata* (Fig. 8). *M. micrura* se presentó casi todo el año, faltando en noviembre y junio, alcanzando su máximo en julio y el mínimo en agosto. *M. macrocopa* se le encontró durante ocho meses y alcanzó su máximo en mayo y su mínimo en agosto (Tabla B, Apéndice I). *A. costata* únicamente se observó en mayo.

En la estación 7 se hallaron *M. micrura*, *M. macrocopa*, *A. costata* y *A. guttata* (Fig. 8). *M. micrura* tuvo una abundancia menor en noviembre y la mayor en febrero, ausentándose en octubre, y agosto. *M. macrocopa* presentó su máximo en julio y su mínimo en agosto y no se le encontró durante octubre y diciembre. *A. costata* ocurrió de marzo a julio, con su abundancia mayor en marzo. *A. guttata* sólo se presentó en junio (Tabla B, Apéndice I).

La estación 8 contó con cuatro especies: *M. micrura*, *M. macrocopa*, *A. costata* y *A. guttata* (Fig. 9). La primera de ellas alcanzó su máximo y su mínimo en abril y septiembre respectivamente, estando ausente en noviembre, junio y agosto. *M. macrocopa* se encontró durante siete meses, presentando el mayor número de organismos en mayo y el mínimo en octubre. *A. costata* apareció durante marzo y abril, mientras que *A. guttata*, únicamente se presentó en junio (Tabla B, Apéndice I).

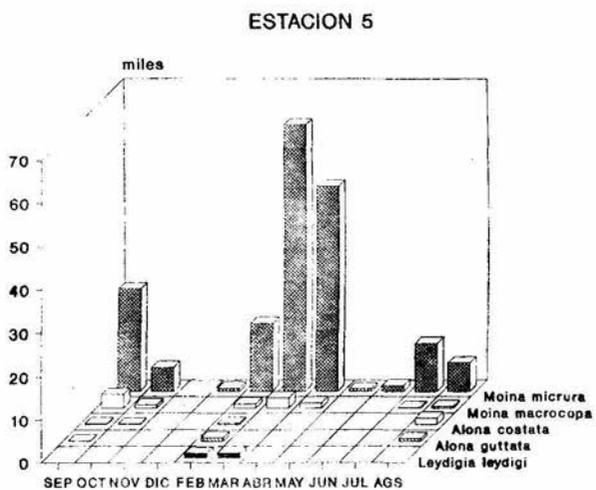
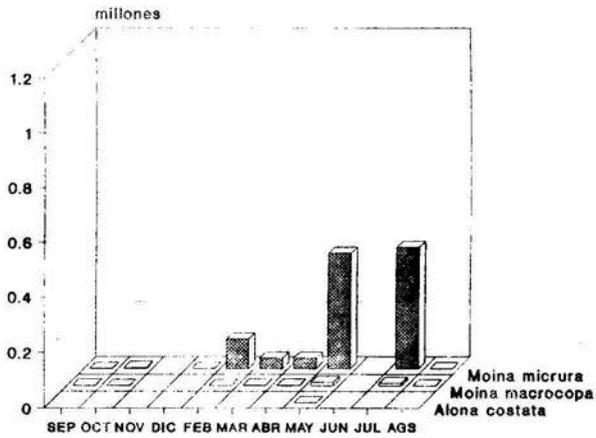


Figura 7 Abundancia de las especies en el Lago Viejo

### ESTACION 6



### ESTACION 7

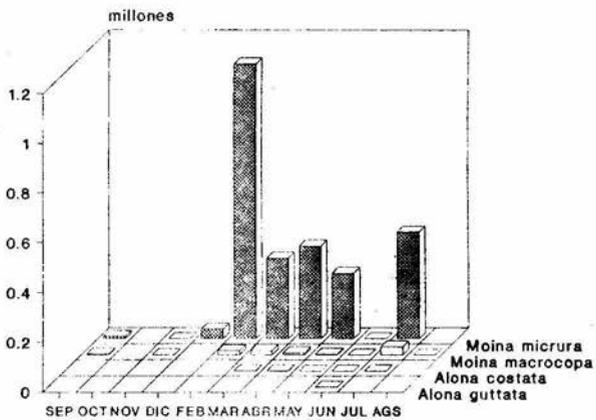


Figura 8 Abundancia de las especies en el Lago Mayor

En la estación 9 se encontraron 5 especies (Fig. 9). *M. micrura* que presentó el mayor número de organismos en julio y el menor en junio, no encontrándose en septiembre, abril y agosto. *M. macrocopa* se presentó irregularmente en octubre, donde tuvo su abundancia menor, en marzo, mayo y julio, en este último mes alcanzó la abundancia mayor. *A. costata* también se halló durante cuatro meses, noviembre, marzo, mayo, con la abundancia mayor y en agosto en el que su abundancia fue mínima. *A. guttata* se encontró en mayo y agosto y *L. leydigi* sólo apareció en marzo (Tabla B, Apéndice I).

La distribución de las especies en este lago fue más homogénea (de 3 a 5), ya que todas las estaciones se localizaron en la zona de tránsito continuo de lanchas, produciendo una agitación regular del agua, que mantuvo en igual condición a los organismos.

### 3.3.3 Lago Menor.

En este lago se determinaron cuatro especies, *M. micrura*, *M. macrocopa*, *A. costata* y *A. guttata*, en el lapso comprendido de marzo a agosto en números generalmente bajos.

En la estación 10 (Fig. 10) ocurrieron las cuatro especies que caracterizaron a este lago y aparecieron tan sólo durante tres o cuatro meses. *M. micrura* se halló de marzo a mayo, en este último mes, fue donde tuvo su abundancia mínima y en abril el mayor número de organismos. *M. macrocopa* se encontró únicamente en marzo y abril. *A. costata* apareció durante cuatro meses marzo, en el cual tuvo su población mayor, abril, julio y agosto siendo en estos dos últimos meses donde la abundancia fue menor. *A. guttata* se presentó tan sólo en los meses de marzo y agosto.

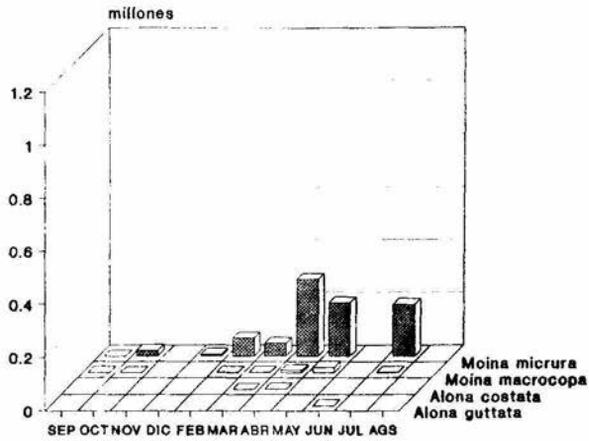
La estación 11 (Fig. 10) presentó tres especies: *M. micrura* se encontró durante tres meses marzo, abril con la máxima abundancia y mayo en donde el número de organismos fue menor. *M. macrocopa* apareció durante marzo donde tuvo su abundancia máxima, y en abril en el cual se observó la abundancia mínima. *A. costata* ocurrió durante tres meses marzo con el mayor número de organismos, abril y agosto con la abundancia menor.

En la estación 12 (Fig. 11) se presentaron tres especies, *M. micrura* que apareció de marzo a junio alcanzando su máximo en abril, y el mínimo en junio. En esta estación, se dio la abundancia máxima de esta especie a nivel anual. *M. macrocopa* apareció sólo durante marzo y abril, al igual que *A. costata* que estuvo presente en marzo y mayo.

Este lago tuvo una riqueza específica de 3 a 4 especies que se distribuyeron homogéneamente.

La aparición de machos y la abundancia mayor mostrada por *M. micrura* en las tres estaciones de este lago durante el mes de abril, son indicios de que, al menos en este sitio, su época reproductiva es monocíclica.

### ESTACION 8



### ESTACION 9

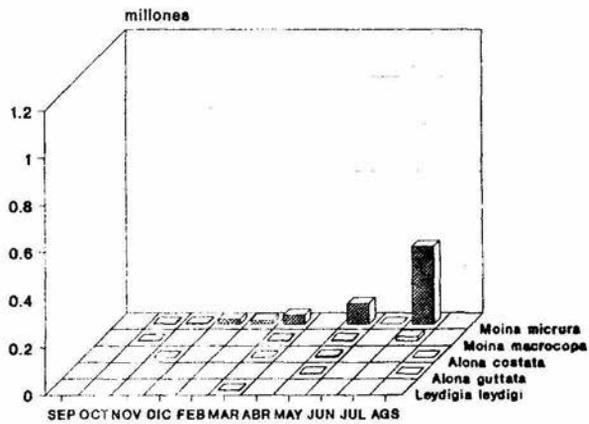


Figura 9 Abundancia de las especies en el Lago Mayor

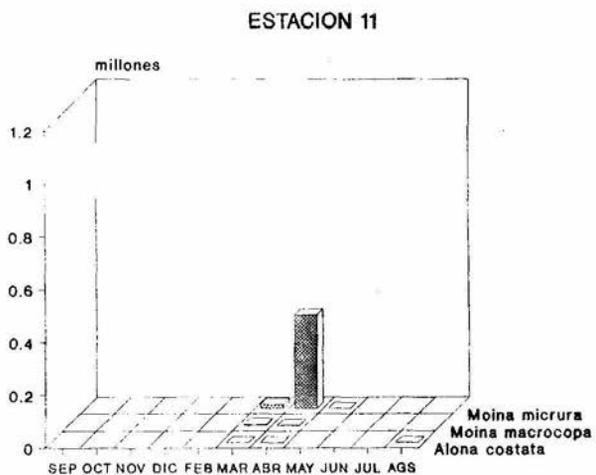
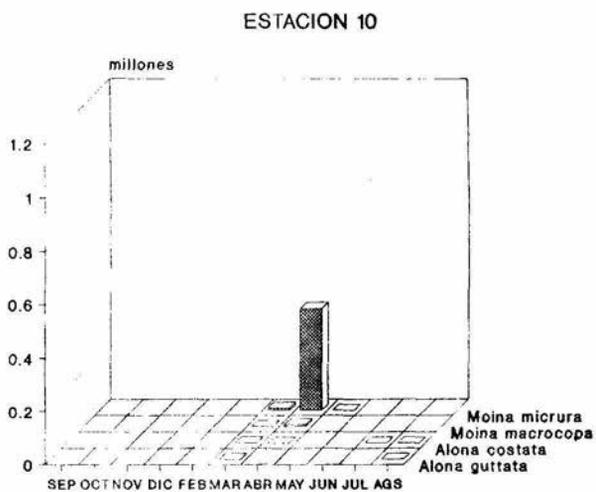


Figura 10 Abundancia de las especies en el Lago Menor

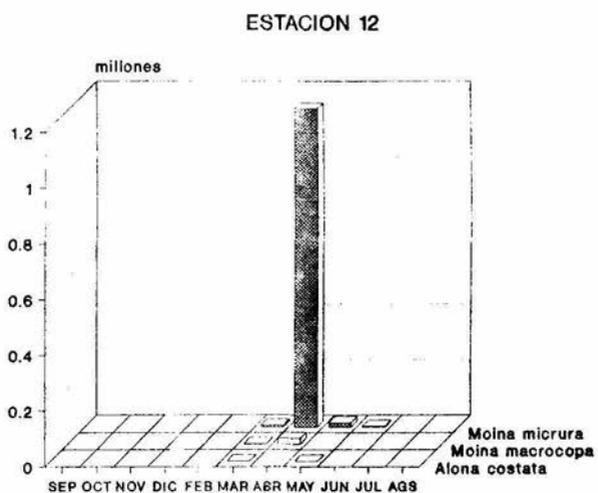


Figura 11 Abundancia de las especies en el Lago Menor

### 3.4 DESCRIPCION FISICO-QUIMICA DE LOS LAGOS

#### 3.4.1 Caracterización físico-química.

Considerando que cada lago funcionó independientemente de los otros, en cada uno de ellos se determinó cuáles fueron los parámetros físicos-químicos que influyeron más en el comportamiento de los mismos, aplicándoles el método estadístico del análisis de componente principal (ACP) (Marriot, 1974; Jeffers, 1978; Chatfield y Collins, 1980; y Pla 1986). El número de componentes que se tomó en cuenta, se estableció con base en el criterio de selección de Kaiser (1958) el cual propone que se debe tomar en cuenta el número de componentes cuya variación sea mayor que la promediada para todos los parámetros incluidos en el análisis.

En el lago Viejo y el lago Mayor se tomaron en cuenta los 4 primeros componentes principales, que explicaron el 66.59% y 77.77% de la variación respectivamente (Tabla 7). En el caso del lago Menor, solamente se tomaron en cuenta los tres primeros componentes, que describieron el 67.77% de la variación (Tabla 7). Se observó que al hacer esta selección, casi todos los parámetros fueron englobados, lo cual indica su baja intervención en la variación de la dinámica físico-química de los lagos.

**TABLA 7 PORCENTAJES DE VARIACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS LAGOS**

NUMERO	LAGO VIEJO		LAGO MAYOR		LAGO MENOR	
	% DE VARIACION	% ACUMULADO	% DE VARIACION	% ACUMULADO	% DE VARIACION	% ACUMULADO
1	<b>22.11817</b>	22.1181	<b>28.53131</b>	28.5313	33.05456	33.0545
2	18.70990	40.8280	24.24763	52.7789	22.88308	55.9376
3	13.44549	54.2735	17.49404	70.2729	11.83619	67.7738
4	12.32584	66.5994	7.49988	77.7728	9.63075	77.4045

Los números en negritas corresponden a los porcentajes seleccionables de cada análisis según el criterio de Kaiser (1958).

El primer componente en el lago Viejo, explicó el 22.11% de la variabilidad total, asociando temperatura, alcalinidad, cloruros y nitratos (Tabla 8). El segundo componente con 18.70% de la variabilidad, correlacionó transparencia, oxígeno disuelto, nitritos, ortofosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y conductividad. El tercer componente, aclaró el 13.44% de la variabilidad total,

asociado sulfatos y fósforo total. El cuarto componente, justificó 12.32% de la variabilidad y correlacionó pH, dureza y demanda química de oxígeno (Tablas 7 y 8).

**TABLA 8 PESOS DE LOS PARAMETROS DE LOS 4 PRIMEROS COMPONENTES DEL LAGO VIEJO**

VARIABLE	PRIMER COMPONENTE	SEGUNDO COMPONENTE	TERCER COMPONENTE	CUARTO COMPONENTE
TRANSPARENCIA	0.013894	<b>0.383955</b>	0.140592	0.069749
TEMPERATURA	<b>0.402969</b>	0.041221	-0.040200	0.347665
OXIGENO DIS.	-0.021676	<b>-0.367389</b>	-0.402917	0.134196
pH	0.218137	-0.288412	-0.218193	<b>-0.374753</b>
CONDUCTIVIDAD	-0.256266	<b>-0.394891</b>	0.155622	0.062707
ALCALINIDAD	<b>0.437034</b>	9.652E-3	-0.129300	-0.197795
DUREZA	0.239948	-0.123960	0.249466	<b>-0.458680</b>
SULFATOS	-0.011748	0.147268	<b>0.551372</b>	-0.121094
CLORUROS	<b>-0.310001</b>	0.213251	9.965E-3	0.156758
NITRATOS	<b>-0.392828</b>	-0.025844	-0.150227	-0.071044
NITRITOS	-0.078333	<b>0.332969</b>	-0.196064	-0.997824
FOSFORO TOTAL	-0.231018	0.087255	<b>-0.394967</b>	-0.307810
ORTOFOSFATOS	-0.047080	<b>0.404609</b>	-0.173160	-0.084466
DBO <sub>5</sub>	0.254470	<b>0.327160</b>	-0.218198	-0.197733
DQO	-0.126018	-0.055409	0.254406	<b>-0.406164</b>
SOLIDOS SED.	0.286727	-0.034622	0.454126	0.319662

Los números en negritas corresponden a valores de los parámetros de mayor peso en cada componente seleccionado.

En el caso del lago Mayor el primer componente definió el 28.53% de la variabilidad e incluyó temperatura, alcalinidad, cloruros, dureza y nitratos (Tabla 9). El segundo componente con 24.24% de la variabilidad, correlacionó transparencia, oxígeno disuelto, ortofosfatos, fósforo total, demanda bioquímica de oxígeno y conductividad. El tercer componente, aclaró el 17.49% de la variabilidad total, asociando pH y nitritos. El cuarto componente, justificó el 7.49% de la variabilidad correspondiendo a los sulfatos (Tablas 7 y 9).

En el lago Menor el primer componente especificó el 33.05% de la variabilidad y comprendió temperatura, alcalinidad, nitratos, oxígeno disuelto, ortofosfatos, fósforo total, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. El segundo componente explicó el 22.88% de la variabilidad y asoció transparencia, nitritos, cloruros, pH y dureza. El tercer componente, con el 11.83% de la variabilidad, agrupó conductividad, sulfatos y sólidos sedimentables (Tablas 7 y 10).

Como puede observarse, los dos primeros componentes en todos los lagos son similares, variando más en su composición los restantes. Sin embargo, existió una mayor similitud entre los componentes del lago Viejo y el lago Mayor. El lago Menor, en el que sólo se seleccionaron tres componentes, los parámetros se agruparon más condensadamente, de ahí la mayor cantidad en cada uno de los dos primeros componentes y su diferencia al incluirse parámetros que en los otros lagos no lo están.

Al analizar los parámetros físicos-químicos que quedaron agrupados en los ACP, se nota que el conjunto de ellos son indicativos de ciertas condiciones predominantes en los lagos en diferentes aspectos. La temperatura es un factor climático, que tiene una influencia decisiva sobre los demás parámetros de un lago (Hutchinson, 1957; Wetzel, 1975).

**TABLA 9 PESOS DE LOS PARAMETROS DE LOS 4  
PRIMOS COMPONENTES DEL LAGO MAYOR**

VARIABLE	PRIMER COMPONENTE	SEGUNDO COMPONENTE	TERCER COMPONENTE	CUARTO COMPONENTE
TRANSPARENCIA	0.110435	<b>0.402007</b>	-0.234078	-0.058710
TEMPERATURA	<b>-0.360622</b>	-0.225517	-0.097156	-0.183931
OXIGENO DIS.	0.217099	<b>-0.296193</b>	0.256648	0.253581
pH	-0.043345	0.138494	<b>0.517969</b>	0.037237
CONDUCTIVIDAD	0.226159	<b>-0.32103</b>	0.084477	-0.035256
ALCALINIDAD	<b>-0.373311</b>	-0.16236	-0.036239	-0.234637
DUREZA	<b>-0.331227</b>	0.261935	-0.070013	-0.230105
SULFATOS	-0.073498	0.093528	-0.281846	<b>0.700356</b>
CLORUROS	<b>0.33457</b>	-0.029588	-0.179509	-0.293487
NITRATOS	<b>0.36462</b>	-0.066361	-0.294801	0.025599
NITRITOS	0.189008	-0.100659	<b>-0.453254</b>	-0.196333
POSFORO TOTAL	0.262851	<b>0.297526</b>	0.239136	0.093672
ORTOFOSFATOS	0.254379	<b>0.359971</b>	0.065767	-0.130858
DBO <sub>5</sub>	0.013533	<b>-0.421127</b>	0.010547	-0.243544
DQO	-0.031304	-0.167765	0.27754	-0.093442
SOLIDOS SED.	-0.295891	-0.186648	-0.213537	0.2793

Los números en negritas corresponden a valores de los parámetros de mayor peso en cada componente seleccionado.

TABLA 10 PESOS DE LOS PARAMETROS DE LOS 3  
PRIMEROS COMPONENTES DEL LAGO MENOR

VARIABLE	PRIMER COMPONENTE	SEGUNDO COMPONENTE	TERCER COMPONENTE
TRANSPARENCIA	0.060310	<b>0.352485</b>	0.043102
TEMPERATURA	-0.375865	-0.051502	-0.163256
OXIGENO DIS.	<b>0.329424</b>	-0.077998	-0.346741
pH	0.120019	<b>0.297696</b>	0.257959
CONDUCTIVIDAD	-0.015918	-0.306307	<b>0.476272</b>
ALCALINIDAD	-0.365495	0.068238	-0.119639
DUREZA	-0.211229	<b>0.320751</b>	-0.11179
SULFATOS	-0.20458	0.325299	<b>0.354793</b>
CLORUROS	-0.027298	-0.329550	-0.270307
NITRATOS	<b>0.315575</b>	0.059659	0.224525
NITRITOS	-0.027257	<b>0.385531</b>	-0.056808
FOSFORO TOTAL	-0.315676	-0.058160	-0.157433
ORTOFOSFATOS	-0.350652	0.200895	-0.029199
DBO <sub>5</sub>	-0.275987	-0.344914	0.084132
DQO	-0.310567	-0.054357	0.074758
SOLIDOS SED.	-0.12478	-0.211628	<b>0.490087</b>

Los números en negritas corresponden a valores de los parámetros de mayor peso en cada componente seleccionado.

Parámetros como la conductividad, cloruros, pH, alcalinidad y dureza se encuentran relacionados con la mineralización del lago (Margalef, 1983) y la calidad del agua, sobre todo en casos como los de estos lagos en el que su aporte es de aguas residuales tratadas (Pesson, 1979 y APHA, AWWA y WPCF, 1985), por lo que caracterizan el ambiente habitual para la vida de los organismos del cuerpo de agua (Margalef, et al., 1976).

Otros como la transparencia, oxígeno disuelto, nitrógeno (nitritos y nitratos), fósforo (fósforo total y ortofosfatos) y sulfatos, son compuestos que con sus concentraciones proporcionan indicios muy valiosos sobre los ciclos materiales en el ecosistema y el grado de eutrofia que poseen dichos cuerpos de agua (Margalef, et al., 1976; y Branco, 1984). En estos lagos adquieren una mayor importancia en la caracterización dado que las aguas con que se abastecen son procedentes de una planta de tratamiento de aguas residuales, que contienen un exceso de nutrimentos (Pesson, 1979).

OD, DBO<sub>5</sub> y DQO (junto con pH del que ya se comentó) son parámetros indicadores del grado saprobio que presentan los cuerpos de agua (Pesson, 1979; Margalef, 1983; APHA, AWWA y WPCF, 1985; Sládeček y Tuček, 1975; Sládeček 1979; Sládeček, et al., 1981; Vilaclara et al., 1991), por lo tanto las variaciones de estos parámetros determinan las características saprobias de cada lago.

### 3.4.1.1 Caracterización del ambiente.

#### Temperatura

Los datos de temperatura del agua se presentan en la Tabla E del Apéndice II. La mayor temperatura promedio (Tabla 11) se registró en el lago Mayor ( $18.9^{\circ}\text{C} \pm 1.8$ ), le siguió el lago Menor ( $17.4^{\circ}\text{C} \pm 1.8$ ) y por último el lago Viejo ( $17.2^{\circ}\text{C} \pm 2.1$ ). El lago Mayor tuvo la temperatura más alta debido a su mayor área superficial expuesta a la acción solar (Alcocer, 1988).

Los valores obtenidos en todas las estaciones durante cada muestreo presentaron un intervalo de variación entre  $1.5$  y  $3^{\circ}\text{C}$ , indicativo de una regularidad en la distribución espacial de la temperatura. Probablemente la baja profundidad de los lagos y la agitación producida por las lanchas de recreo, son los medios que permiten que haya una circulación completa a lo largo de todo el año.

En general, la temperatura del agua de los lagos durante todo el año, es superior en todo momento a los  $4^{\circ}\text{C}$ , por lo que se les puede considerar como lagos polimícticos cálidos, según la clasificación de Hutchinson y Löffler (Hutchinson, 1957), encontrándose una circulación continua todo el tiempo.

Las temperaturas medias mensuales hicieron notar una época fría de noviembre a marzo, con temperaturas entre  $14$  y  $16.5^{\circ}\text{C}$ , y una cálida el resto del año, con temperaturas oscilando entre  $17$  y  $21^{\circ}\text{C}$ .

#### Conductividad

Los datos de conductividad se encuentran en la Tabla G del Apéndice II. Los lagos Mayor y Menor presentaron mayor conductividad promedio ( $245.50 \pm 40.35$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  y  $245.52 \pm 34.22$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente) que el lago Viejo ( $231.33 \pm 44.05$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Tabla 11).

En la distribución superficial de todos los lagos se aprecia una homogeneidad, con excepción de agosto en el que se presenta la variación máxima entre las estaciones.

#### Cloruros

Los datos de cloruros ( $\text{mg}/\text{l}$ ) están anotados en la Tabla Q del Apéndice II. La menor concentración promedio anual de cloruros se encontró en el lago Mayor ( $6.56 \pm 2.44$ ), seguido del lago Menor ( $8.33 \pm 3.85$ ) y el Lago Viejo ( $8.50 \pm 3.38$ ) (Tabla 11). En general se considera que su concentración fue media (Lind, 1979).

Los cloruros son frecuentes en aguas de origen animal y en aguas residuales domésticas (ASTM, 1982; y Pesson, 1979) donde su concentración es considerable, ya que el cloruro de sodio es un producto común en la dieta y pasa sin cambio a través del sistema digestivo. Considerando que estos lagos son llenados con aguas residuales tratadas, no es raro que se encuentre en tales concentraciones (APHA, AWWA y WPCF, 1985; Ruttner, 1963; Pesson, 1979; ASTM, 1982; y EPA, 1986).

#### pH

La Tabla I del Apéndice II contiene los datos del pH. El promedio anual (Tabla 11) muestra al lago Menor como el de más alto

pH ( $9.90 \pm 0.97$ ), seguido por el lago Viejo ( $8.79 \pm 0.91$ ) y el lago Mayor ( $8.59 \pm 0.84$ ) dándoles un carácter básico. Estos valores se encuentran dentro del intervalo establecido para lagos tropicales por Ruttner (Hutchinson, 1957) y similar a los encontrados en otros lagos mexicanos (Orozco y Medinaveitia, 1941; y de Buen, 1943a).

La variación entre los valores de las estaciones en cada muestreo fue muy baja, con un máximo entre 0.7 y 1.9. Los valores se conservaron generalmente por encima de 8, debido a la elevada actividad fotosintética que tuvo lugar en los lagos (Alcocer, 1988 y Vilaclara, 1991), lo que redujo la concentración de dióxido de carbono libre en el agua. Tal parece que la ligera basicidad típica de los lagos mexicanos se ve incrementada por esta actividad de los lagos.

**TABLA 11 VALORES PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES DE LOS LAGOS**

PARAMETRO	LAGO VIEJO		LAGO MAYOR		LAGO MENOR	
	PROMEDIO	DESV EST	PROMEDIO	DESV EST	PROMEDIO	DESV EST
TEMPERATURA	17.231	2.097	18.91	1.82	17.40	1.86
CONDUCTIVIDAD	231.233	44.050	245.50	40.35	245.52	34.22
CLORUROS	8.507	3.378	6.56	2.44	8.33	3.85
pH	8.796	0.911	8.59	0.84	9.90	0.97
ALCALINIDAD	87.824	23.664	72.48	23.14	71.02	27.70
DUREZA	81.074	33.215	58.86	22.68	47.06	18.90

#### Alcalinidad

Los datos de alcalinidad total (mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ) se indican en la Tabla K del Apéndice II. El agua más alcalina fue la del lago Viejo ( $87.82 \pm 23.66$ ), mientras que los otros se comportaron muy similarmente ( $72.48 \pm 23.14$  para el lago Mayor y  $71.02 \pm 27.70$  para el Menor) (Tabla 11). Considerando que los valores que presentan los lagos no sobrepasaron los 90 mg/l, se establecen como lagos de alcalinidad moderada (Margalef, 1989).

Dado que los valores de pH fueron elevados en todos los lagos, la reserva alcalina está dada por bicarbonatos principalmente en los lagos Viejo y Mayor (el 81% en el primero y de 71% en el segundo), mientras que en el lago Menor se dio por la acción de bicarbonatos-carbonatos (Margalef, 1983), cosa muy común en los lagos mexicanos (Orozco y Medinaveitia, 1941 y de Buen, 1943a).

Al considerar los valores de alcalinidad con respecto al pH de los lagos, se esperaría, de acuerdo con los valores de pK de la reacción (Snoeyink y Jenkins, 1987), que la concentración de bicarbonatos fuera mayor. Sin embargo esto no sucedió así, por lo que puede establecerse que los lagos tienen una baja reserva alcalina

(Wetzel, 1975), ya que la alcalinidad no fue lo suficientemente alta para contrarrestar las variaciones de pH que se dieron a lo largo del año.

#### Dureza

Los datos de dureza total (mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ) se inscriben en la Tabla J del Apéndice II. El promedio anual corresponde en el lago Viejo a  $81.07 \pm 33.21$  mg/l, en el lago Mayor es de  $58.86 \pm 22.68$  mg/l y el lago Menor de  $47.06 \pm 18.90$  mg/l (Tabla 11). En todos los casos, la dureza estuvo proporcionada en mayor medida por el calcio.

De acuerdo con estos datos y considerando la escala de Klut (Lind, 1979), los lagos Mayor y Menor tuvieron una dureza media y el lago Viejo fue de agua moderadamente dura. En su distribución superficial se apreció una homogeneidad durante todo el año. Las concentraciones de dureza en todos los lagos sufrieron una dinámica estacional marcada pero sin seguir un patrón definido.

La caracterización ambiental establecida para los lagos de Chapultepec fue similar a la diversos lagos de México (Orozco y Medinaveitia, 1941 y de Buen, 1943a) y zonas tropicales. La composición iónica es considerada general para los tres lagos. En ella se resaltó la presencia de los cloruros, el bicarbonato y el calcio. Los valores de pH que se presentaron no permitieron la formación apreciable de carbonatos, hecho constatado por la presencia de calcio y magnesio en solución y la ausencia de precipitados de carbonato de calcio y de magnesio en las orillas o en los sedimentos del lago (Alcocer, 1988).

A diferencia de otros lagos, los de Chapultepec reciben aguas provenientes de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, por lo que es normal que se presenten fluctuaciones en la concentración y composición físico-química variando de acuerdo a la hora del día, el día de la semana y el mes del año (Metcalf y Eddy, 1972) dando a los lagos un comportamiento más complejo.

#### 3.4.1.2 Caracterización trófica.

##### Transparencia

Los datos de transparencia (m) se encuentran en la Tabla D del Apéndice II. El valor promedio en el lago Viejo fue de  $0.19 \pm 0.03$  m, el lago Mayor  $0.34 \pm 0.13$  m y el lago Menor  $0.19 \pm 0.04$  m (Tabla 12). Los tres lagos presentaron una elevada turbidez (Margalef *et al.*, 1976; Wetzel, 1975).

La baja transparencia que se produjo en estos cuerpos de agua, parece deberse básicamente a dos factores que se conjuntaron para establecer las condiciones prevalecientes. Por un lado fue el tipo de agua que abastece a los lagos, la cual contiene gran cantidad de sólidos suspendidos (constituidos por materia orgánica e inorgánica, producto del sistema de tratamiento a que se ve sujeta el agua en la planta de tratamiento) que, aunado con la poca profundidad de los lagos y a la intensa agitación producida por las actividades de remo, provocan que el material esté suspendido permanentemente. Por otro

lado, la actividad fotosintética que se presentó en estos sitios provocó un incremento en el material suspendido.

La transparencia del lago Mayor fue más alta que la de los otros lagos. Este hecho estuvo asociado a que en este cuerpo de agua no se observó la gran cantidad de materia orgánica que en los otros dos. Un factor que pudo motivar este comportamiento fue que la degradación bacteriana de estos compuestos se vio estimulada por la agregación de nutrimentos (Alcocer, 1988). El lago Menor presentó una transparencia similar a la del Lago Viejo, sin embargo en este lago no hay actividades de remo, por lo que la baja transparencia parece deberse sólo a la elevada productividad primaria que se presentó en el lago.

**TABLA 12 VALORES PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS PARAMETROS TROFICOS DE LOS LAGOS**

PARAMETRO	LAGO VIEJO		LAGO MAYOR		LAGO MENOR	
	PROMEDIO	DESV EST	PROMEDIO	DESV EST	PROMEDIO	DESV EST
TRANSPARENCIA	0.189	0.026	0.34	0.13	0.19	0.04
O. D.	9.570	3.709	13.09	2.67	11.12	3.62
FOSFORO TOTAL	2.295	0.455	2.52	0.94	2.54	0.64
ORTOFOSFATOS	0.760	0.527	1.89	1.18	1.00	0.71
NITRITOS	0.012	0.016	0.20	0.09	0.04	0.07
NITRATOS	1.048	2.780	11.82	16.90	0.24	0.67
SULFATOS	33.560	7.505	36.75	7.93	34.34	6.75
SOLIDOS SED.	100.196	57.018	45.45	21.21	92.90	62.11

#### Oxígeno

Los datos de oxígeno disuelto (mg/l) se presentan en la Tabla F del Apéndice II. La concentración media más alta fue la del lago Mayor ( $13.1 \pm 2.67$ ), le siguió el lago Menor ( $11.1 \pm 3.62$ ) y finalmente el lago Viejo ( $9.6 \pm 3.71$ ) (Tabla 12). Se puede apreciar que hubo sobresaturación durante casi todo el año, atribuido presumiblemente a la combinación de la agitación mecánica de las lanchas y a la actividad fotosintética intensa, de hecho el lago estuvo actuando como una bomba de oxígeno (Wetzel, 1975).

#### Fósforo

El fósforo fue determinado en sus formas más características, que son fósforo total y ortofosfatos. Los datos de ambos (mg/l) se presentan en las Tablas L y M del Apéndice II. Las concentraciones medias de fósforo total en los tres lagos fueron muy similares ( $2.54 \pm 0.64$  en el lago Menor,  $2.52 \pm 0.94$  en el Mayor y  $2.30 \pm 0.46$  en el Viejo), no así los ortofosfatos (Tabla 10) en los que se apreció una gran diferencia entre el lago Mayor con la concentración media más alta ( $1.89 \pm 1.18$ ), siguiéndole el lago Menor ( $1.00 \pm 0.71$ ) y el más bajo para el lago Viejo ( $0.76 \pm 0.53$ ).

En general, la concentración de los compuestos de fósforo fue alta, sin embargo, no tan alta como se podría esperar de acuerdo a las cantidades que acompañan normalmente a las aguas resultantes de sistemas de tratamiento de este tipo. En cuerpos acuáticos con gran producción primaria, como los lagos que se analizan, los nutrientes disueltos, generalmente se encuentran en bajas concentraciones debido a la gran demanda por parte de los organismos fotosintéticos (Wetzel, 1975; Vallentyne, 1978 y Margalef, 1983). La mayor concentración de los ortofosfatos en el lago Mayor, parece indicar que fue en este lago donde hubo menor actividad fotosintética.

#### Nitrógeno

El nitrógeno disuelto se determinó en sus dos formas más características; la forma reducida N-NO<sub>2</sub> (nitritos) y la forma oxidada N-NO<sub>3</sub> (nitratos). Los datos de ambos (mg/l) se presentan en las Tabla N y O del Apéndice II. La concentración media anual de nitritos más elevada se determinó en el lago Mayor ( $0.20 \pm 0.09$ ), mientras que en los otros lagos la concentración fue muy baja ( $0.04 \pm 0.07$  en el lago Menor y de  $0.01 \pm 0.02$  en el Viejo). En el caso de los nitratos también el lago Mayor presentó la concentración más alta ( $11.82 \pm 16.90$ ), muy por encima de las concentraciones de  $1.05 \pm 2.78$  mg/l en el lago Viejo y de  $0.24 \pm 0.67$  mg/l en el Menor (Tabla 12).

La cantidad de nitrógeno disuelto en los lagos fue considerada alta (Wetzel, 1975), dado que las aguas con que se abastecen estos sitios son tratadas, por lo que contienen exceso de nutrientes, entre los que está el nitrógeno (Pesson, 1979). Sin embargo, al igual que sucede con el fósforo, las concentraciones fueron menores de las esperadas debido a la elevada productividad que presentaron los lagos (Alcocer, 1988).

A pesar de que los nitritos son constituyentes más comunes de las aguas residuales (Pesson, 1979; ASTM, 1982; y EPA, 1986), la forma reducida se presentó en menor concentración que la forma oxidada, debido a la disponibilidad de oxígeno disuelto en el lago.

El nitrógeno junto con el fósforo, son los nutrientes causantes de la eutrofización de un cuerpo de agua (Wetzel, 1975; Hutchinson, 1957; Ruttner, 1963; Vallentyne, 1978; y Margalef, 1983 y 1989) y, dado que en el agua tratada son abundantes, en estos lagos sus valores fueron elevados, indicativo de una alta eutrofización de los mismos.

#### Sulfatos

Los datos de sulfatos (mg/l) se presentan en las Tabla P del Apéndice II. La concentración media anual de los tres lagos fue muy similar ( $36.75 \pm 7.93$  en el lago Mayor,  $34.34 \pm 6.75$  en el lago Menor y  $33.56 \pm 7.50$  en el lago Viejo) (Tabla 12).

Los sulfatos fueron ligeramente más elevados de los límites normales comprendidos entre 5 y 30 mg/l, (Wetzel, 1975) debido a que en las aguas tratadas, como son las de estos lagos, existen gran cantidad de compuestos azufrados que son oxidados por actividad microbiana, formando sulfatos. Otra fuente de sulfatos en los lagos, pudo haber sido la descomposición de la gran cantidad de materia orgánica, proveniente del propio fitoplancton de los lagos (Hutchinson 1957; Wetzel, 1975; Margalef, 1983 y Alcocer, 1988).

#### Sólidos sedimentables

Los datos de sólidos sedimentables (mg/l) se encuentran en la Tabla H del Apéndice II. La concentración media anual de sólidos más baja se determinó en el lago Mayor ( $45.45 \pm 21.21$ ), mientras que en los otros lagos la concentración fue mucho más alta ( $92.90 \pm 62.11$  en el lago Menor y de  $100.20 \pm 57.02$  en el Viejo) (Tabla 12). Estos sólidos de origen orgánico e inorgánico, provinieron del agua suministrada por la planta de tratamiento y, en el caso del lago Viejo también del río Hondo (el cual en su trayecto va acumulando material), siendo depositados en los lagos. Otro aporte lo realizó el fitoplancton, al formar masas llamadas flóculos flotantes, que después de un tiempo sedimentan (Alcocer, 1988).

El vertido de desechos domésticos tratados o sin tratar a un cuerpo de agua, desarrolla un crecimiento desmedido de su producción primaria, debido a la presencia de los nutrimentos, principalmente nitrógeno y fósforo. Este proceso, denominado eutrofización, conlleva una serie de modificaciones en el sistema acuático, de las cuales la dinámica de los nutrimentos (fósforo y nitrógeno), la producción primaria (clorofila) y el oxígeno disuelto son una clara huella de este proceso.

En los lagos de Chapultepec se pudieron apreciar modificaciones producto de la eutrofización de los mismos. La llegada de agua tratada de la Planta de Chapultepec, incrementa ostensiblemente la concentración de los nutrimentos presentes en los lagos. Es el caso del fósforo y el nitrógeno con concentraciones extremadamente elevadas (Wetzel, 1975; Pesson, 1979; Vallentyne, 1978 y Margalef, 1983).

Como resultado del enriquecimiento en nutrimentos se ha generado un incremento en la producción fitoplanctónica, provocando condiciones de sobresaturación de oxígeno disuelto en las capas superficiales de los lagos la mayor parte del tiempo. Parte del carbono orgánico formado por el fitoplancton, al sedimentarse en el fondo de los lagos, ha sufrido un proceso de descomposición, dando como resultado una disminución del oxígeno en las capas cercanas al fondo. Esta zona anaeróbica es de espesor reducido, debido a la poca profundidad de los lagos (Alcocer, 1988). Sin embargo, sus efectos pueden apreciarse, sino en la formación de metano, si en la concentración de sulfatos presentes en los lagos.

Debido a esta situación se considera que los lagos se encuentran en un estado muy eutrofizado (Alcocer, 1988), aun cuando no se presentan todas las características que la acompañan, como la falta de estratificación con resuspensión periódica de los sedimentos y régimen de oxígeno no balanceado (oscilaciones extremas).

La relación N/P en los lagos de Chapultepec correspondió en el caso del lago Viejo 1.40:1; 6.22:1 en el lago Mayor y de 0.94:1 en el lago Menor, lo que indicó un déficit relativo del nitrógeno, haciendo que actúe como limitante en estos lagos.

### 3.4.1.3 Caracterización saprobia.

Como se mencionó anteriormente los parámetros relacionados con la saprobiidad son pH, oxígeno disuelto, DBO, y DQO (Sládeček y Tucek, 1975; Vilaclara, 1989 y 1991; y Garzón, 1990). A continuación solamente, se hará mención de los dos últimos parámetros dado que los demás fueron tratados anteriormente.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno

Los datos de la DBO<sub>5</sub> (mg/l) se presentan en la Tabla R del Apéndice II. La concentración media anual más alta fue la del lago Viejo ( $19.11 \pm 6.38$ ), en tanto que para los otros dos lagos fue muy similar ( $11.66 \pm 6.03$  en el lago Menor y  $11.28 \pm 4.42$  en el lago Mayor) (Tabla 13). Los valores son bajos debido a que, a pesar de que las aguas que llegan a los lagos provienen de la planta de tratamiento, la materia orgánica ha sido mineralizada más o menos en forma completa, y la que está presente puede corresponder tanto a sustancias de lenta biodegradación (como los compuestos nitrogenados) que no estuvieron el tiempo suficiente en la planta de tratamiento (De Lora y Miro, 1978), como a los materiales autóctonos y alóctonos de reciente formación.

También es posible que la DBO presente se deba a una lenta degradación de la materia, ya no por déficit de oxígeno (que no existe a media agua durante todo el año), sino por el pH de los lagos, por encima del que es óptimo para la acción de los organismos responsables de la degradación (Wood, 1970).

Los datos de la DQO (mg/l) se presentan en la Tabla S del Apéndice II. La concentración media anual más alta se determinó en el lago Menor ( $141.88 \pm 66.35$ ), mientras que en los otros lagos la concentración fue mucho más baja ( $89.77 \pm 37.70$  en el lago Viejo y de  $81.41 \pm 30.81$  en el Mayor) (Tabla 13).

Los valores de DQO fueron altos lo que era de esperarse, ya que las condiciones oxidantes de la determinación de la DQO son más severas, lo que hace que -normalmente- se obtengan resultados superiores a las de la prueba de DBO efectuadas en las mismas muestras (Gaudy y Gaudy, 1981). Lo anterior se debe a que la biomasa bacteriana tiene una DBO baja, pues está formada por compuestos en una etapa avanzada de estabilización que no son biológicamente oxidables, por lo que el valor de DQO es alto (De Lora y Miro, 1978).

La relación DBO/DQO en los lagos tuvo un valor máximo de 0.21 en el lago Viejo, de 0.13 en el lago Mayor y, de 0.08 en el Menor, muy por debajo de la relación típica de efluentes de sistemas de tratamiento que es de 0.33 (Anónimo, 1976). Los valores encontrados más bajos que el normal pueden deberse a lo anteriormente indicado sobre la mayor cantidad de biomasa bacterial no oxidable biológicamente formada durante el tratamiento, adicionada con la biomasa formada en el propio lago. Además hay que considerar el aporte de material alóctono (hojas y detritus) integrado por material celulósico y lignítico que aumentan la DQO más que la DBO, como se puede constatar por el valor más bajo en el lago Menor el cual presenta la mayor cantidad de este tipo de material alóctono como se puede observar en los sedimentos.

**TABLA 13 VALORES PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS PARAMETROS SAPROBIOS DE LOS LAGOS**

PARAMETRO	LAGO VIEJO		LAGO MAYOR		LAGO MENOR	
	PROMEDIO	DESV EST	PROMEDIO	DESV EST	PROMEDIO	DESV EST
DBO <sub>5</sub>	19.115	6.378	11.28	4.42	11.66	6.03
DQO	89.769	37.599	81.41	30.81	141.88	66.35

La relación fue constante durante los meses muestreados, sin embargo no se pudo establecer una correlación confiable, ya que desafortunadamente no se conoce el grado de estabilización de los desechos.

### 3.4.2 Variación espacial de los parámetros físicos-químicos y biológicos.

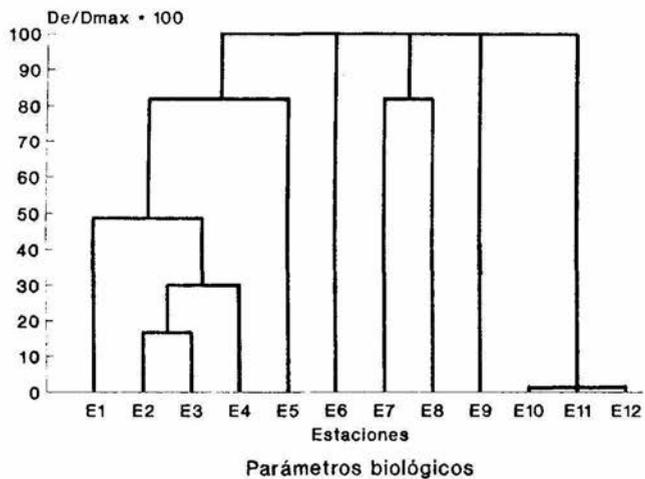
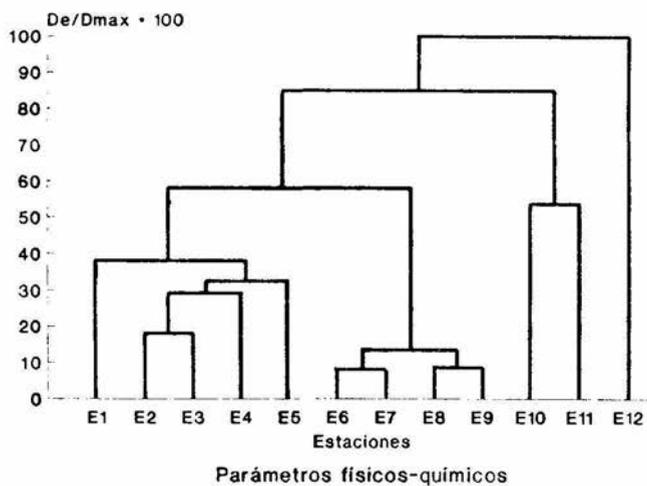
En el lago viejo se presentó una zonación físico-química que comprendió dos zonas: la primera L<sub>Va</sub> formada por la estación 1 y la segunda L<sub>Vb</sub> integrada por las estaciones 2 a 5 (Fig. 12). Este comportamiento no correspondió a la ubicación que tuvieron las estaciones en el lago, ya que la 1 y 2 se encontraban en un sitio cerrado al tránsito de las lanchas, mientras que de la 3 a la 5 se ubicaron en donde ocurre el movimiento de las lanchas de recreo. Esta aparente contradicción puede explicarse en el sentido de que la estación 2 se localizó dentro de la región de circulación general del lago, mientras que la 1 se encontró totalmente aislada (Fig. 2). Este movimiento general al parecer fue el causante de que las condiciones físicas-químicas de la estación 2 se parecieran más a las de la zona de circulación de lanchas.

Con respecto al comportamiento biológico se obtuvo una zonación un poco diferente, ya que en este caso hubo más similitud entre las estaciones 1 a 4, diferenciándose la estación 5. Esta disimilitud no parece estar relacionada con una diferenciación física aparente.

El lago Mayor, físico-químicamente, mostró un comportamiento regular, con todas las estaciones formando una sola zona LM (Fig. 12). Esto podría atribuirse a que el tránsito de lanchas se da en todo el cuerpo de agua y por la posición de la entrada y salida del agua, se asegura una circulación más homogénea en todo el lago. En el LM la desigualdad entre los valores de los parámetros de las diferentes estaciones es reducida, por lo tanto su caracterización corresponde a las propiedades establecidas en cuerpo de agua.

En cambio, desde el punto de vista biológico, no hubo similitudes tan claras dado que cada estación se comportó en forma distinta.

Figura 12. Dendrogramas de Asociación Estaciones de muestreo



En el lago Menor, el comportamiento físico-químico fue el siguiente, dado que sus estaciones fueron independientes y heterogéneas, cada una de ellas constituyó una zona (Fig. 12). Esto pudo deberse a que este lago cuenta con más islas que los otros dos, lo que impedía una circulación continua que, aunado con la inexistencia de tránsito de lanchas, asegurara su homogeneidad.

A diferencia de lo anterior, biológicamente se estableció un gran parecido entre las estaciones del lago por lo que se le consideró como una sola zona.

Cabe hacer notar que las diferencias que se encontraron entre las zonaciones físicas-químicas y las biológicas parecen corresponder, más bien, a problemas del análisis estadístico por la ausencia de las especies en muchas de las estaciones y en determinados meses de muestreo, lo que provocó la presencia de muchos "ceros" que tiendieron a agruparse, al parecer, por la cantidad de ceros presentes que por la especies y las abundancias de las mismas.

### **3.4.3 Variación temporal de los parámetros físicos-químicos.**

En el análisis de agrupamiento basado en la variación mensual de los parámetros físicos-químicos de los lagos, se obtuvo una variación muy reducida. En cada uno de los dendrogramas obtenidos se aprecia la homogeneidad en el tiempo de las características físicas-químicas de los lagos.

En el caso del lago Viejo, con excepción de septiembre y julio los demás meses tuvieron un comportamiento similar (Fig. 13). La variación de esos 2 meses pudo ser debida a que la fotosíntesis fue alta en julio, lo que no ocurrió en septiembre. La corroboración de este fenómeno puede observarse en los valores de los nutrimentos (nitratos y ortofosfatos) y DQO fueron altos en septiembre, debido a que no había una utilización de los nutrimentos y una acumulación de material reducido. En julio, por el contrario, esos parámetros disminuyeron, aumentando en cambio los indicadores de actividad fotosintética como el pH y el oxígeno disuelto (Margalef, 1983; y Alcocer, 1988). Otro factor que tuvo variaciones importantes de un mes a otro fue la dureza, parámetro relacionado con la mineralización y la calidad de agua (Wetzel, 1975; y Margalef, 1983).

En el lago Mayor sólo el mes de julio se separó del comportamiento de los demás meses (Fig. 14). Al parecer este aislamiento se debió a que hubo una elevada productividad (Alcocer, 1988; y Vilaclara, 1994 com. per.). Este hecho lo confirman los datos elevados de oxígeno disuelto y los valores bajos de fósforo total, ortofosfatos y nitratos (Wetzel, 1975; y Margalef, 1983). Es decir estos parámetros serían los que estarían interfiriendo en la separación de julio de los demás meses.

Figura 13. Dendrograma de Asociación  
Meses de muestreo en el Lago Viejo

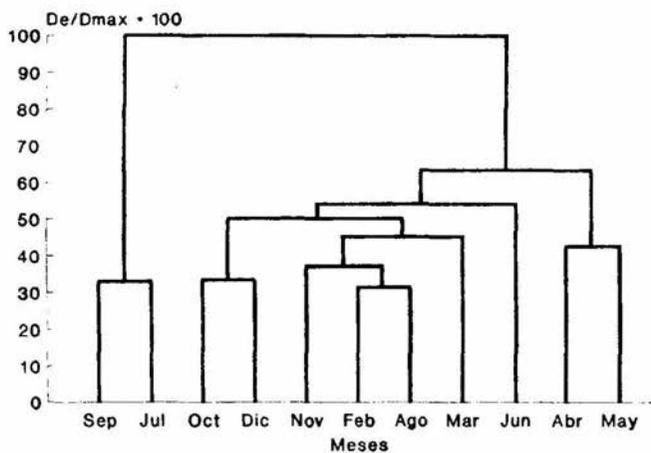


Figura 14. Dendrograma de Asociación  
Meses de muestreo en el Lago Mayor

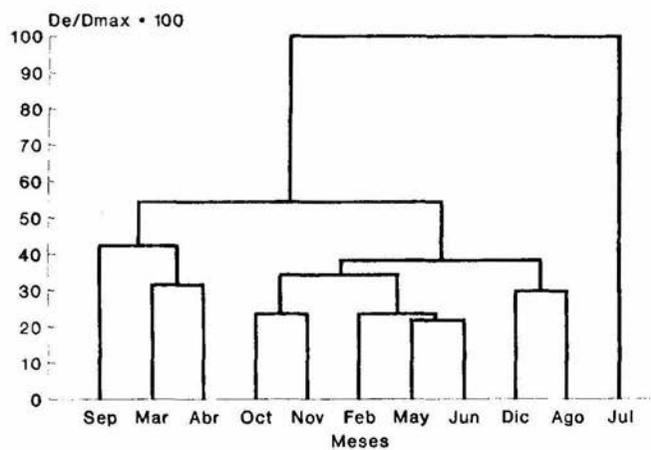
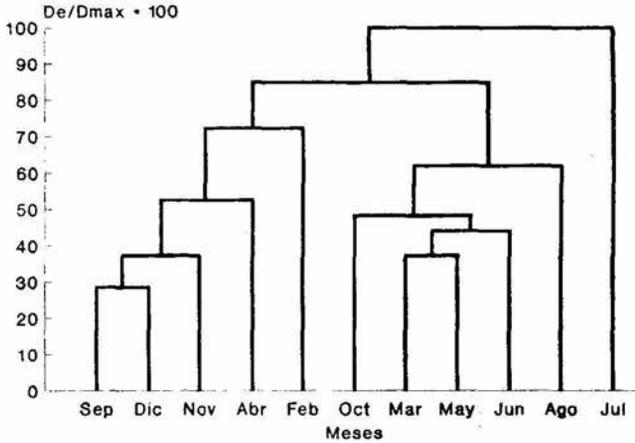


Figura 15. Dendrograma de Asociación  
Meses de muestreo en el Lago Menor



En el lago Menor, con excepción de febrero y julio, tampoco se observaron grandes variaciones a lo largo del muestreo (Fig. 15). La disimilitud de febrero pudo deberse a las descargas de agua de la planta de tratamiento, ya que en este lugar se observó que pH, fósforo total, ortofosfatos y dureza, parámetros que se encuentran relacionados con la calidad del agua (Wetzel, 1975 y Pesson, 1979) fueron altos, lo cual es común en aguas tratadas. También se observó que los valores de oxígeno disueltos fueron bajos.

Los parámetros que pudieron motivar el comportamiento raro en julio fueron oxígeno disuelto, sólidos sedimentables, que fueron altos; fósforo total y ortofosfatos cuyos valores fueron bajos. Estos parámetros están relacionados con la productividad la cual de acuerdo con Alcocer (1988) y Vilaclara (1994, com. per.) fue alta.

La ausencia de variación física-química temporal en los tres lagos de Chapultepec puede deberse a que, al estar alimentados artificialmente por el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Chapultepec, la eficiencia al ser constante durante todo el año, aporta agua en similares condiciones, lo que encubre las posibles variaciones producto del clima de la región.

### 3.5 RELACIONES ENTRE EL COMPORTAMIENTO FISICO-QUIMICO Y LAS ESPECIES DE LOS CLADOCEROS.

#### Lago Viejo

La dinámica comunitaria de los cladóceros fue prácticamente independiente del comportamiento físico-químico, dado que sólo se encontró una correlación significativa entre nitritos y *L. leydigi* (0.6972). Por lo cual la distribución de los organismos en el lago, respondió, a ciclos biológicos y no a físicos-químicos.

En las especies se dieron correlaciones significativas entre *L. leydigi* y *A. guttata* (0.6270) y entre *M. micrura* y *M. macrocopa* (0.5418).

Las dos asociaciones se debieron a que las especies se localizaron durante la misma época del año, con similar abundancia entre las especies *L. leydigi* y *A. guttata*, en tanto que *M. micrura* y *M. macrocopa* tuvieron abundancias diferentes.

*M. micrura* y *M. macrocopa* son especies que viven conjuntamente en un cuerpo de agua, prefiriendo aguas eutróficas (Margaritora 1983; y Amoros, 1984). Las especies *L. leydigi* y *A. guttata*, son litorales y aunque están ampliamente distribuidas, no son muy comunes (Brooks, 1959; y Amoros, 1984), por lo que su presencia se considera azarosa y pudo ocurrir por el movimiento continuo del agua, provocado por las lanchas y a la poca profundidad que presentaron estos lagos, por lo cual pueden ser considerados como zonas litorales (Alcocer, 1988).

La mezcla constante que experimentó el agua, ocasionada por el tránsito de las lanchas de recreo, homogenizó físico-químicamente el cuerpo de agua, impidiendo una diferenciación que pudieran correlacionarse con la distribución de los organismos, los cuales responden a ciclos biológicos y no físicos-químicos.

#### Lago Mayor

En este lago no se encontraron correlaciones significativas entre los parámetros físicos-químicos y las especies. Sin embargo, los organismos sí presentaron correlaciones altas: *A. costata* con *A. guttata* (0.9189) y entre *M. micrura* y *M. macrocopa* (0.7159).

La asociación que se dio entre *A. costata* y *A. guttata* se debió a que comparten habitats similares (Margaritora, 1983; y Amoros, 1984) y como se mencionó anteriormente, a la someridad que presentaron los lagos (Alcocer, 1988) lo cual permitió que estos organismos estuvieran en contacto con el plancton. La asociación *M. micrura* y *M. macrocopa* fue la misma que se presenta en el lago Viejo por iguales razones.

#### Lago Menor

En el lago Menor se encontró que los nitritos se correlacionaron positivamente con *M. micrura* (0.7191) y *M. macrocopa* (0.6031).

Entre especies, las correlaciones que se presentaron fueron: *M. micrura* con *M. macrocopa* (0.9527) y *A. costata* y *A. guttata* (0.6105). Estas asociaciones se presentaron en los lagos anteriores, por lo tanto, las explicaciones dadas anteriormente son válidas para este sitio.

La asociación entre los nitritos y *L. leydigi* en el lago Viejo y con *M. micrura* y *M. macrocopa* en el Lago Menor, puede considerarse una relación meramente estadística, dado que los cladóceros no se ven afectados directamente por los nitritos.

### 3.6 EFICACIA DEL USO DE LOS CLADOCEROS COMO INDICADORES DE SAPROBIEDAD

Los resultados de la valencia saprobica de las especies en cada categoría y su índice saprobio (Sládeček, et al. 1981), se presentan en la Tabla 14.

TABLA 14. VALENCIA SAPROBIA DE LAS ESPECIES DETERMINADAS

ESPECIE	VALENCIA SAPROBIA							
	x	o	$\beta$	$\alpha$	p	s	$I_i$	$S_i$
<i>Moina micrura</i>			8	2		$\beta$	4	2.2
<i>Moina macrocopa</i>			3	6	1	$\alpha$	3	2.75
<i>Alona costata</i>	7	3				o	4	1.3
<i>Alona guttata</i>	5	5				$\alpha$ - $\beta$	3	1.5
<i>Leydigia leydigi</i>	2	6	2			$\beta$	3	2

Significado.  $I_i$  = valor indicador  $S_i$  = índice saprobio individual  
s = nivel saprobio x = xenosaprobio o = oligosaprobio  
 $\beta$  = beta-mesosaprobio  $\alpha$  = alfa-mesosaprobio p = polisaprobio

Se puede observar que *M. micrura* y *L. leydigi* pertenecen al nivel  $\beta$ -mesosaprobio, *M. macrocopa* es  $\alpha$ -mesosaprobio, *A. costata* pertenece al nivel oligosaprobio, mientras que *A. guttata* es la única que pertenece tanto a oligosaprobio como a  $\beta$ -mesosaprobio. Al analizar el valor indicador de cada especie se obtuvo que dos de ellas, *M. micrura* y *A. costata*, tuvieron un valor indicador alto y las otras tres un valor medio. Con excepción de *A. guttata*, las especies pueden considerarse como indicadoras de una sola categoría saprobica en particular.

Los resultados de saprobiedad tanto biológica como físico-química, se presentan en las tablas correspondientes a cada lago (Tablas 15 a 17). En el caso de la saprobiedad desde el punto de vista de las condiciones físicas-químicas se utilizó la fórmula del Índice Saprobio modificada por Sládeček y Tucek (1975), que involucra a la DBO<sub>5</sub>.

Considerando a las especies presentes en cada lago la saprobiedad establecida fue, mayormente,  $\beta$ -mesosaprobia en los tres casos, un resultado esperado dado que la caracterización físico-química de los lagos indicó una semejanza entre ellos. Sin embargo, Lugo (1989) y Vilaclara, 1994 (com. per.) en estudios realizados con protozoarios y algas, respectivamente, encontraron que son organismos indicadores de condiciones de  $\alpha$ -mesosaprobiedad.

En el caso de la saprobiedad físico-química, se obtuvo que el lago Viejo tiene un estado de polisaprobiedad, dado que los valores quedaron comprendidos entre 3.7 y 4.1 (Sladeczek y Tucek, 1975; y Vilaclara, 1987). Resultado comprensible si se considera que el aporte de agua es principalmente por la planta de tratamiento, la cual de acuerdo con los valores de DBO (Vilaclara, 1991), contiene altas cantidades de materia orgánica parcialmente descompuesta. Si a esto se le auna los drenajes directos de los comercios de alimento localizados en la orilla y una alta producción primaria en el propio lago (Alcocer, 1988; Vilaclara, 1994 com. per.), se tiene una elevada cantidad de materiales biológicos demandantes de oxígeno para su descomposición (con valores de hasta 50 mg/l de oxígeno).

**TABLA 15. SAPROBIEDAD DEL LAGO VIEJO**

ESTACION	IND.SAP. (S)	NIVEL SAPROBIO	DBO <sub>5</sub>	NIVEL SAPROBIO
1	2.217	$\beta$ -mesosaprobio	3.736	polisaprobio
2	2.235	$\beta$ -mesosaprobio	4.039	polisaprobio
3	2.256	$\beta$ -mesosaprobio	3.858	polisaprobio
4	2.219	$\beta$ -mesosaprobio	3.919	polisaprobio
5	2.220	$\beta$ -mesosaprobio	3.958	polisaprobio
PROMEDIO	2.228	$\beta$ -mesosaprobio	3.902	polisaprobio

**TABLA 16. SAPROBIEDAD DEL LAGO MAYOR**

ESTACION	IND.SAP. (S)	NIVEL SAPROBIO	DBO <sub>5</sub>	NIVEL SAPROBIO
6	2.215	$\beta$ -mesosaprobio	3.570	polisaprobio
7	2.217	$\beta$ -mesosaprobio	3.258	$\alpha$ -mesosaprobio
8	2.224	$\beta$ -mesosaprobio	3.461	$\alpha$ -mesosaprobio
9	2.214	$\beta$ -mesosaprobio	3.442	$\alpha$ -mesosaprobio
PROMEDIO	2.217	$\beta$ -mesosaprobio	3.432	$\alpha$ -mesosaprobio

TABLA 17. SAPROBIEDAD DEL LAGO MENOR

ESTACION	IND.SAP. (S)	NIVEL SAPROBIO	DBO <sub>5</sub>	NIVEL SAPROBIO
10	2.206	$\beta$ -mesosaprobio	3.29	$\alpha$ -mesosaprobio
11	2.203	$\beta$ -mesosaprobio	3.63	polisaprobio
12	2.211	$\beta$ -mesosaprobio	3.43	$\alpha$ -mesosaprobio
PROMEDIO	2.206	$\beta$ -mesosaprobio	3.45	$\alpha$ -mesosaprobio

En los lagos Mayor y Menor se determinó una condición  $\alpha$ -mesosaprobia, con menores concentraciones de materia orgánica biodegradable que en el Viejo, dado que en éstos la productividad primaria fue menor (Alcocer, 1988; Vilaclara, *et al.*).

Atendiendo que es en el fondo donde se deposita la materia orgánica no biodegradada y los restos orgánicos no mineralizados, es de esperarse una situación de mayor saprobiidad en el mismo. Debido a las condiciones hidrodinámicas de los lagos (por el movimiento de las lanchas) existe una constante agitación, lo que provoca mayor interacción entre el sustrato y las aguas, haciendo que en la determinación de la situación saprobia de las aguas, sea difícil distinguir entre la dada por el agua y la proporcionada por el fondo.

Las diferencias entre el grado de saprobiidad establecido por el método biológico y el físico-químico puede haberse dado por una serie de planteamientos resultantes de la transposición de una clasificación ecológica a una utilización práctica, operación de por sí delicada y puesta en tela de juicio. En este caso pueden considerarse básicamente dos planteamientos.

Por un lado, los cladóceros, parecen recibir el impacto de la saprobiidad en forma retrasada con respecto al momento en que se ven afectados otros organismos más susceptibles a este fenómeno. Tal hecho da como resultado que, mientras las algas y protozoarios determinan una situación de alfa-mesosaprobiedad (Lugo, 1989; y Vilaclara, 1994 com. per.), los cladóceros determinen una situación de menor saprobiidad.

Por otro lado, el método saprobio requiere para su aplicación confiable una actualización de los índices saporbios propuestos por Sládeček (*et al.*), para las especies no sólo de cladóceros sino también para otros taxas, ya que debido a la naturaleza compleja de los efluentes y a la diversidad de exigencias de los organismos acuáticos respecto a los parámetros físicos-químicos de las aguas residuales, se dan desigualdades ecológicas fundamentales entre las especies de un mismo género.

La respuesta a la diferencia encontrada parece estar dada por la combinación de los planteamientos anteriores ya que ambos tienen apoyo suficiente para ser tomados en cuenta.

Estimando que los valores de saprobiedad dados para cada especie por Sládeček (et al., 1981) corresponden a condiciones ambientales de países de Europa Central, los resultados parecen indicar que dichos valores tienen que ser modificados o actualizados para los organismos encontrados en las aguas mexicanas, dado que las condiciones ambientales que prevalecen en México son diferentes. Estas actualizaciones ya se han iniciado en México con Vilaclara et al. (1988) quienes realizaron la evaluación saprobial de 3 especies de **Euglena**, proponiendo el cambio de su valencia saprobial y otras características saprobiológicas.

#### 4. CONCLUSIONES

- Se encontraron y determinaron cinco especies de cladóceros en los lagos de Chapultepec: *M. micrura*, *M. macrocopa*, *A. costata*, *A. guttata*, y *L. leydigi*. En el lago Viejo y el Mayor se presentaron todas ellas. En el Menor no se encontró *L. leydigi*.
- La especie predominante en los tres lagos fue *M. micrura*, seguida de *M. macrocopa*. De menor abundancia y con mayores fluctuaciones a lo largo del año fueron *A. costata*, *A. guttata*, y *L. leydigi*.
- En la estación 4 y 5 del lago Viejo y solamente durante febrero, se encontraron las cinco especies determinadas.
- La abundancia máxima general de la especie predominante, (*M. micrura*), se presentó en el lago Mayor. Por estación de muestreo, el mayor número de organismos de esta especie, fue detectado en la estación 12 del lago Menor. *A. costata* fue la especie más frecuente en el lago Menor.
- La diversidad biológica fue baja como ocurre en otros lagos ubicados en la zona tropical.
- La caracterización ambiental establecida para los lagos de Chapultepec es similar a la de diversos lagos de México y otras zonas tropicales.
- Los tres lagos son someros de baja transparencia, polimícticos cálidos, con temperatura oscilando entre 14 y 21°C.
- La composición iónica es común para los tres lagos, predominando la presencia de cloruros, bicarbonatos y el calcio. El agua fue de media a moderadamente dura, con baja reserva alcalina y frecuentemente, con un pH básico.
- Las aguas residuales tratadas que abastecen los lagos afectaron sus condiciones físicas-químicas, minimizando las variaciones temporales.
- Cada lago presentó un comportamiento físico-químico espacial particular. El lago Viejo presentó dos zonas: 1) LVA, formada por la estación 1 y 2) LVB compuesta por las estaciones 2 a 5. El lago Mayor resultó homogéneo y en el lago Menor, cada una de las estaciones constituyó una zona diferenciada. Sin embargo, biológicamente fueron diferentes: en el lago Viejo se formaron dos zonas, la primera integrada por las estaciones 1 a 4 y la segunda constituida por la número 5. En el lago Mayor cada estación conformó una zona independiente, mientras que el lago Menor fue homogéneo.
- Las aguas residuales aportan concentraciones altas de nutrientes provocando una alta productividad, la que genera el carácter eutrófico de los lagos Mayor y Menor e hipereutrófico del lago Viejo.
- No existió relación entre el comportamiento físico-químico y los organismos. La única relación que se apreció, estadísticamente, fue entre los nitritos y *L. leydigi*, *M. micrura* y *M. macrocopa*.
- Las especies más eficaces como indicadores de saprobiedad fueron *M. micrura* y *A. costata*.

- De acuerdo con el índice de saprobiedad físico-químico, se obtuvo que el lago Viejo tiende a la polisaprobiedad y los otros dos a la alfa-mesosaprobiedad. Por lo que respecta al índice saprobio y la abundancia de cada una de las especies, los tres lagos tuvieron un carácter de beta-mesosaprobiedad.
- La diferencia entre ambos resultados, sugiere la necesidad de actualizar la lista de especies indicadoras de saprobiedad, a las condiciones ambientales prevaletientes en México.

## 5. RECOMENDACIONES

Es innegable la importancia que tiene el Bosque de Chapultepec y, en especial, sus lagos. Por lo cual es necesario incrementar los estudios referentes a los organismos que los habitan, con el fin de ampliar los conocimientos que se tienen acerca de su biología, ecología y sistemática.

También es conveniente obtener datos sobre el efluente de la planta de tratamiento de agua, a fin de poder determinar con más detalle su eficiencia, con el propósito de plantear alternativas para su mejoramiento y así reducir el aporte de nutrimentos, ya que éstos son los principales causantes de la elevada productividad que existe en ellos, principalmente en el lago Viejo.

Otro punto a cubrir es la realización de trabajos en busca de cladóceros en cuerpos de agua con distintos grados de saprobiedad, a fin de modificar, ampliar y adaptar las valencias saprobias y sus índices a las condiciones prevalecientes en México, dado que los valores de las tablas son propuestos con base en las condiciones ambientales que rodean a los organismos de Europa Central, las cuales son diferentes a las que existen en México.

Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, el sistema saprobio por su bajo costo, resulta una alternativa más económica para conocer la calidad del agua, que un análisis físico-químico en países sin grandes recursos económicos como es el nuestro.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- AHLSTROM, E. H., 1982. "Plankton rotatoria from Mexico". Trans. Amer. Micros. Soc. 51:242-251.
- ALCOCER, D. J.; KATO, M. E.; SANCHEZ, R. M. R.; y FLORES, M. T., 1986a. "Chapultepec una reminiscencia del México lacustre" en Memorias del VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud y la Educación, ENEPI, UNAM y SEDUE, 1-5, diciembre. México, D. F., pp. 49-50.
- , D. J.; KATO, M. E.; SANCHEZ, R. M. R.; y FLORES, M. T., 1986b. "Una gota en el desierto de asfalto-El lago Viejo de Chapultepec", en Memorias del VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud y la Educación, ENEPI, UNAM y SEDUE, 1-5 diciembre. México, D. F., 49-50 pp.
- , D. J.; KATO, M. E.; ROBLES, E.; y VILACLARA, G., 1988, "Estudio preliminar del efecto de dragado sobre el estado trófico del lago Viejo de Chapultepec". Contaminación Ambiental, 4: 43-56.
- , D. J., 1988. Caracterización hidrobiológicas de los lagos de Chapultepec. Tesis Maest., Fac. C.M. y L., México, 88 pp.
- ALTAMIRANO, R. C.; y FIGUEROA J. L., 1976. Contribución al estudio limnológico de la Presa "Adolfo López Mateos" (El Infiernillo) en los Estados de Michoacán y Guerrero. Serie Técnica No. 2 FIDEFA, México.
- AMOROS, C., 1984. Crustacés cladocères. Association Française de Limnologie, France, 63 pp.
- ANONIMO, 1976. Manual del curso "Análisis de aguas y aguas de desecho". Vol. III, 4a. ed. Subsecretaría de Planeación, SARH, México.
- APHA, AWWA y WPCF., 1985. Standard Methods. For the examination of water and wastewater. 15th ed. American Public Health Association Pub., Washington, 1268 pp.
- ARCIFA, M. S.; GOMES E. A. T.; & MESCHIATTI, A. J., 1992. "Composition and fluctuations of the zooplankton of tropical Brazilian reservoir". Arch. Fuer Hydrobiologie 123(4):479-495.
- ARMENGOL J., 1983. "Ecología del zooplancton de los embalses". Mundo Científico, Vol. II(11):168-178.
- A.S.T.M., 1982. Manual de aguas para usos industriales. 1ª reimp., Ed. Limusa, México, D. F., 457 pp.
- BELTRAN, E. A., 1934. "Lista de peces mexicanos". Inst. Biotec., Sría de Agricultura y Fomento. México 13 pp. mimeografiado.
- BLISS, D. E., 1982. The biology of crustacea systematics the fossil. Record and biogeography. Lawrence G. Able (Ed.), Academic Press, Vol 1 y 2, New York.
- BRANCO, M. S., 1984. Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Ed. PRDCyT, OEA, Washington, 120 pp.
- BREHM, V., 1942. "Plancton del Lago de Pátzcuaro". Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 3(1-4):81-84.

- BRIBIESCA, C. J. L., 1958. "El agua potable en la República Mexicana. Los abastecimientos en la época prehispánica. Primera parte". Ingeniería hidráulica en México, SARH, Vol. XII(2):69-82, abr-may-jun, México, D. F.
- BROOKS, J. L., 1959. Cladocera, en EDMONDSON W. T. (Ed.), Fresh-Water Biology, EUA, 2a. ed. J. Wiley and Sons, New York, 1248 pp.
- CHATFIELD, Ch.; & COLLINS, A. J., 1980. Introduction to multivariate analysis. Chapman and Hall, Great Britain, 246 pp.
- CHAVEZ, A. M. M., 1986. Contribución al conocimiento de la estructura y composición de las comunidades planctónicas de Valle de Bravo. Edo. de Mex., Tesis Lic., Fac. de Cien., UNAM, México, 227 pp.
- DE BUEN FERNANDO., 1941a. "Las variaciones físicas y químicas de las aguas del Lago de Pátzcuaro (stX) desde octubre de 1939 a marzo de 1941". Invest. Est. Limnol. Pátzcuaro 1(7):1-25.
- , 1941b. "Temas de limnología. La Piscicultura en el Lago de Pátzcuaro", Prev. Gral. Mar., 2(5):46-49.
- , 1943a. "La estación limnológica de Pátzcuaro 1939-1943", Rev. Gral. Marina (2):32-36.
- , 1943b. "Los lagos michoacanos. I. Caracteres generales. El Lago Zirahuén". Rev. Soc. Méx. Hist. Nat. 4:211-232.
- , 1944. "La fauna del Lago de Pátzcuaro y el medio en que vive". México Forestal, 22(1-2):3-10.
- DE LORA, F., y MIRO J. (Eds), 1978. Técnicas de defensa del medioambiente I. Ed. Labor, S. A., Barcelona, Esp., 721 pp.
- DETENAL, 1979. "Mapa de la Ciudad de México". Escala 1:50 000. Sec. de Prog. y Pres., México.
- DINGES, R. 1982. "Natural systems for water pollution control". Van Nostrand Runhold Environmental Engineering, pp. 133-181.
- ELIAS G. M., 1982. Contribución al conocimiento de los cladóceros del Estado de México, con algunas notas ecológicas. Tesis Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México, 54 pp.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 1986. Quality Criteria for water. Office of water regulation and Standard, Washington, EE.UU, 300 pp. Apéndices A y B.
- ESPINOSA CH. F.; & MARTINEZ J., 1992. "Semi-continous culture of Moina macrocopa (Crustacea: Cladocera) in 500 litre tanks". Aquaculture-'92:-Growing-Toward -the -21st-Century. pp.88.
- ESTEVEZ de A. F., 1988. Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencia/FINEP, Río de Janeiro, Brasil, 575 pp.
- FLORES, T. M. de L., 1991. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de los 3 lagos de Chapultepec. Tesis, Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México.
- FRANCO L. J., 1981. Contribución al conocimiento de la estructura y composición de las comunidades planctónicas de Valle de Bravo, Estado de México. Tesis Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México.
- FREY, D. G., 1982. "Cladocera". Aquatic biota of Mexico, Central America and West Indies, Hurlbert, S. H. y A. Villalobos-Figueroa (Eds.), San Diego St., Univ., USA, pp. 177-186.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Adaptado a las condiciones de la República Mexicana). Inst. de Geog., UNAM, México, 245 pp.

- GARCIA, Q. J. y Romero G. J. R., 1978, México Tenochtitlán y su problemática lacustre, UNAM, México, D. F. 132 pp.
- GARZON, Z. M. A., 1990, Caracterización saprotrófica de los lagos cráter de la región de Los Llanos, Pue., Tesis, Lic. ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, Edo. de Méx. 101 pp.
- GAUDY Jr. A. F.; & E. T. GAUDY, 1981. Microbiology for environmental scientists and engineers. Ed. McGraw-Hill, México.
- GOULDEN, C. E., 1968. The systematics and evolution of the Moinidae. American Philosophical Society, Philadelphia, USA, 101 pp.
- GUZMAN, M. M. A., 1989. La macrofauna béntica y su relación con la dinámica físico-química de los lagos de Chapultepec (época de lluvias), bosque de Chapultepec. México, Tesis Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México.
- HENDRICKX, M. E.; y SANCHEZ-OZUNA, L., 1983. "Estudio de la fauna marina y costera del Sur de Sinaloa, México. V. Contribución al conocimiento de los crustáceos planctónicos del Estero el Verde". Rev. Biol. Trop. Vol. 31(2):283-290.
- HUTCHINSON, G. E., 1957. A treatise on limnology: Vol. I. Geography, Physics, Chemistry Parte 1 y 2. John Wiley and Sons Co., New York, 1015 pp.
- , 1967. A treatise on limnology: Vol. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley and Sons Co., New York.
- IQBAL M.; & KAZMI, A., 1990. "Cladocera of Hub (Pakistan) with notes on species and size composition". Sardad Journal of Agriculture 6(1):85-88.
- JEFFERS, R. J., 1978. An introduction to systems analysis, with ecological applications. University Park Press. Baltimore, USA, 198 pp.
- JUDAY, C., 1916. "Limnological studies on some lakes in Central America". Trans. Wis. Acad. Sci. Arts and Lett. 18:214-250.
- KAISER, H. F., 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika 23:187-200.
- LIND, O. T., 1979. Handbook of common methods in Limnology. 2a. ed. The C. V. Mosby Co. USA, 199 pp.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E., 1965. "Ciliados mesosapróbicos de Chapultepec (Sistemática, morfología y ecología)", Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, tomo XXVI.
- , E.; MADRAZO-GARIBAY, M., 1971, "Protozoarios ciliados de México. XVII Ophydium hazele sp. Nov. (Peritrichida sesilina)", Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, tomo XXXIII (1):157-163.
- LUGO, A.; ROMERO, B.; ALCOCER, J.; SANCHEZ, M. R.; y CHAVEZ, M. 1989. "Evaluación saprobia de la calidad del agua de los lagos de Chapultepec mediante los protozoarios sarcomastigóforos", en Memorias del Primer Simposio de Química Ambiental y Tercera Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. Fac. de Química, Medicina e Inst. de Geog., UNAM.
- MALAMOCO, G. M., 1980. Estudios zooplanctónicos y su relación con factores ambientales en la Presa Vicente Guerrero Tesis, Lic., Fac. de Ciencias, UNAM, México.

- MARGALEF, R. et al., 1976, Limnología de los embalses españoles, Dir. Gral. de obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, España.
- , R., 1983, Limnología. Ed. Omega, S. A., Barcelona, España, 1010 pp.
- , R., 1989, Ecología, 2a. ed. Ed. Omega, S. A. Barcelona, España, 951 pp.
- MARGARITORA, F., 1983, Cladoceri, Ruffo S. (Coord.), Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, Italy, Ed. Cons. Naz. delle Ricerche, 168 pp.
- MARRIOT, F. H. C., 1974, The interpretation of multiple observations, Academic Press, Great Britain, 117 pp.
- MARTINEZ, J. F.; RAMIREZ, G. R.; RIOS, B. G.; ESPINOZA, C. F., 1988. "Cultivos de apoyo para la acuicultura; producción de alimento vivo". Acuavisión, Vol. 3(14):18-24.
- MARTINEZ, J. F.; & GUTIERREZ, V. A., 1991, "Fecundity, reproduction and growth of Moina macrocopa fed different algae". Hydrobiologia, Vol. 222(1): 49-55.
- MARTINEZ, T. B. B., 1993. Contribución al estudio de cladóceros y copépodos del lago Nabor Carrillo. Tesis Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México, 72 pp.
- MARTINEZ, T. L.; ALFARO, Y. R.; SANCHEZ, H. E.; & GOLAR, C. I., 1991. "Toxic effect of paration on Moina macrocopa metabolism". Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 47 (1):51-56.
- MATSUI, Y., 1936a. "Informe sobre la utilización de los lagos y lagunas". Bol. Dept. Ftal. y de Caza y Pesca 1(3):190-192.
- , Y., 1936b. "Informe acerca del establecimiento del laboratorio limnológico de Pátzcuaro". Bol. Dept. Ftal. y de Caza y Pesca 1(4):173-176.
- , Y., 1937a. "Proyecto de los trabajos que se desarrollarán en la Estación Limnológica de Pátzcuaro, Michoacán", Bol. Dept. Ftal. y de Caza y Pesca, 2(6):143-148.
- , Y., 1937b. "Informe de la exploración realizada en el Lago de Chapala". Bol. Dept. Ftal. y de Caza y Pesca 2(7):151-164.
- METCALF Y EDDY (Eds.), 1972. Wastewater engineering. Collection, treatment, disposal. McGraw-Hill, Co., N. Y. 782 pp.
- MITCHELL, B. D.; & WILLIAMS, W. D., 1982. "Factors influencing the seasonal occurrence and abundance of the zooplankton in two waste stabilization ponds", en Aust. J. Mar. Freshw. Res., 3, 989-997.
- MOLINA-ENRIQUEZ, M. J. F. F., 1979. Algunos aspectos del deterioro ambiental en el Bosque de Chapultepec. Tesis de Lic., Facultad de Ciencias, UNAM, México, 58 pp.
- NAVARRETE, S. N., SANCHEZ M. R., 1985. "Los cladóceros de la Presa de Guadalupe en los años 1980 y 1985", en Memorias del VIII Congreso Nacional de Zoología, Saltillo, Coahuila, México. 2:539-573.
- ODUM, P. E., 1988. Ecología. 3a. ed., Nueva Ed. Interamericana, México, D. F., 639 pp.
- OLTRA, R.; & MIRACLE, M. R., 1992. "Seasonal succession of zooplankton populations in the hypertrophic lagoon Albufera of Valencia, Spain". Archiv. Fuer. Hydrobiol., 124(2):187-204.

- OROZCO, F.; y MEDINAVEITIA, A., 1941. "Estudios químicos de los lagos alcalinos. El origen del carbonato sódico". An. Inst. Biol. 12:429-438.
- ORTIZ, O. R., 1985. Papel del orden Euglenida Biitschli 1884 como organismos indicadores de contaminación en aguas almacenadas en un estanque de estabilización en Sto. Tomás Atzingo, Edo. de México en el semestre de jul-ene. de 1981-1982. Tesis Lic., ENEP Zaragoza, UNAM, México.
- OSORIO-TAFALL, B.F., 1943. "Observaciones sobre la fauna acuática de las cuevas de la región de Valles, S. L. P.". Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 4:43-71.
- , B. F., 1948. "Anotaciones sobre algunos aspectos de la hidrobiología mexicana". Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 7:139-165, 1948.
- PENNAK, W. R., 1953. Fresh water invertebrates of Unites States. 2a. ed. John Wiley and Sons New York, 769 pp.
- PEREZ, P, L., M. A., 1983. Caracterización de algunos aspectos ecológicos de la comunidad zooplanctónica de los sistemas estuarinos Tecolutla y Casitas Ver., en el periodo de octubre 1981-marzo 1982. Tesis Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México.
- PEREZ R. R.; y SALAS E., 1961. "Protozoarios encontrados en colecciones de agua del Valle de México". Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, 10:39-44.
- PESSON, P., 1979. La contaminación de las aguas continentales. Mundi Prensa, Madrid, España, 335 pp.
- PLA, L. E., 1986. Análisis multivariado, método de componentes principales. Ed. PRDCyT, OEA, Washinton, EUA, 93 pp.
- PROPHET, W. C.; & WAITE, S., 1974. "A species list of cladocera and copepoda in Kansas". Trans. Kans. Acad. Sci., 77(1): 42-47.
- RIOJA, E., 1940. "Actas acerca de los crustáceos del Lago de Pátzcuaro. An. del Inst. de Biología, 11:469-475.
- , E., 1944. Estudios hidrobiológicos VIII: "Observaciones acerca del plancton de la laguna de San Felipe Xochiltepec (Puebla).I". An. del Inst. de Biología, 15:519-526.
- , 1950. "La diminuta población viviente de los lagos de México". Revista General de Marina, 5(6):23-26.
- RIVERA, A. F., 1983. Proyecto para la caracterización de la calidad de agua mediante el estudio de los protozoarios con especial referencia a los patógenos, ponencia Colegio de biólogos de México, A. C.
- ROBLES V. E., ABARCA, G. F., GONZALEZ, A. M. E., RIVERA, A. V., GALLEGOS, N. E., y CHIO, A. R. E., 1986, Caracterización fisicoquímica de los lagos de Chapultepec", en Memorias del VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud y la Educación, ENEPI-UNAM-SEDUE, 1-5 dic., México, D. F.
- ROMERO F. J., 1947, Chapultepec en la historia de México, Biblioteca enciclopédica popular. 2a. Epoca, 175, SEP, México, 91 pp.
- ROSAS. I., y BAEZ A., 1983, Planteamiento del estudio sobre la evaluación de la calidad del agua de los lagos de Chapultepec para su uso en la recreación y en el riego, ponencia Colegio de Biólogos de México A. C.

- RUTTNER, F., 1963. Fundamentals of limnology. 3a. ed. Toronto Press, Toronto, Canadá, 307 pp.
- SAMANO B. A., 1935. "Algas Zygnemantáceas de Chapultepec". Anales del Instituto de Biología, Vol. 6:167-171.
- SANCHEZ R. R., 1985. Análisis protozológico (phylum Ciliophora) de las aguas de desechos doméstico de un estanque de estabilización facultativo del Estado de México. Tesis Lic., ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México.
- SARS, G. C., 1901. "Contribution to the knowledge of fresh-Water Entomostraca of South America Part I: Cladocera". Arch. Math. Natuttidenskab.
- SCHWOERBEL, 1975. Métodos de Hidrobiología (Biología del agua dulce). Herman Blume, Madrid, España, 262 pp.
- SEURAT, L. G., 1900. "Sobre la fauna de los lagos y lagunas del Valle de México". La Naturaleza Ser. 1(3):403-406.
- SERRUYA, C.; & POLLINGHER, U., 1983. Lakes of warm belt. Cambridge University Press. Great Britain, 569 pp.
- SLADECEK, V. 1979. "Continental systems for the assessment of river water quality". James, A. and L. Evison (Eds.), Biological indicators and water quality, Chapter 3:1-32, Wiley, Chichister, England.
- , V., 1981. "System of the acute toxicity". Verh Internat. Verein. Limnol., No. 21:1147-1150.
- , V.; ZELINKA, M.; ROTHSCHHEIN, J.; & MARAVCOVA, V., 1981. Análisis biológico de las aguas superficiales. Comentario a la Norma Estatal Checa, 830532-parte 6: Determinación del índice saprobio (traducción española del título checoslovaco). Vydavatelství. Praga, Checos., 186 pp.
- , 1985. "Scale of saprobity". Verh, Internat. Verein. Limnol. No.22:2337-2341.
- , V.; & TUCEK, F., 1975. "Relation of saprobic index to BOD5". Water Reseach, Pergamin Press, Vol. 9:791-794.
- SMIRNOV, N. N., 1974. Faune of the U.S.S.R. Crustacea, Chydoridae. Israel Program for Cientific Traslaters, Academic of USSR, Keter Publishing House 644 Vol. I(2).
- SNOEYINK, V. L.; y JENKINS D., 1987. Química del agua, Ed. Limusa, México, D. F. 509pp.
- SOKAL, R.R.; y ROHLF, F.J., 1980. Introducción a la bioestadística. Ed. Reverté, S. A., Barcelona, España, 362 pp.
- , R.R.; y ROHLF, F.J., 1969. Biometría. Principios y métodos estadísticos, en la investigación biológica, H. Blume, Madrid, España, 832 pp.
- SOKOLOFF, D., 1931. "Un nuevo infusorio ciliado de agua dulce". Anales del Instituto de Biología, 2:165-166.
- , D., 1936. "Análisis hidrobiológico del manantial de la Mora, en Actopán Hidalgo. Ciliata, flagelata y rizophoda", Anales del Instituto de Biología, 7:287-303.
- TAMAYO, J. L., 1946, "Datos para la hidrobiología de la República Mexicana", en Instituto Panamericano de Geografía e Historia Publ. 84, 448 pp.

- TIFNOUTI, A.; & POURRIOT, R., 1990. "Population dynamics of Moina micrura (Crustacea, Cladocera) in a sewage oxidation pond in Marrakech (Morocco)". Revue D'hydrobiologie Tropicale 22(3):239-250.
- UENO, M., 1939. "Zooplankton of Lago de Pátzcuaro". Annat. Zool. Japonesis, 18(2):105-114.
- VALDEZ, M. E.; CABRERA M. A.; y ELIAS G. M., 1988. "Cultivo de Moina macrocopa (CLADOCERA:DAPHNIDAE) en estanques con fertilización orgánica". en Memorias del VIII Coloquio de Investigación ENEPI, UNAM, 7-11 de diciembre, México.
- VALDEZ, M. M. E., 1990. Evaluación del potencial de rendimiento en un cultivo de Moina macrocopa en tres sistemas de fertilización continua con algunas notas de interés económico, Tesis Lic. ENEP Iztacala, UNAM, Tlalnepantla, México.
- VALLENTYNE, J. R., 1978. Introducción a la limnología. Ed. Omega, Barcelona, España, 169 pp.
- VEGA, A. L., 1988. Casa del Lago. Un anhelo colectivo. 1a ed., Textos de Humanidades, UNAM, México, D. F., 88 pp.
- VILA CLARA, F. G., 1983. Proyecto para la caracterización de la calidad del agua basada en el análisis de las comunidades algales del Bosque de Chapultepec. ponencia Colegio de Biólogos de México A. C.
- , F. G.; LUGO, A.; y RIVERA, F., 1986. "Raro flagelado incoloro de vida libre descubierto en el Lago Viejo de Chapultepec". en Memorias del VI Coloquio de Investigación en Ciencias de la Salud y la Educación. ENEPI, UNAM y SEDUE, 1-5 diciembre, México, 78-79 pp.
- , F. G., 1987. "La evaluación de la calidad del agua mediante el sistema saprobio en el neotrópico, (Trabajo no publicado).
- , F. G.; ROBLES, E.; RIVERA, F.; y SLADECEK, V., 1988. "Saprobic evaluation of Euglena viridis, E. agilis and E. proxima, Acta hydrochim. hydrobiol. 16(2):197-198.
- , F. G., 1989. Descritores del contenido de M. O. en aguas naturales y de desecho, (Trabajo no publicado).
- , F. G.; CHAVEZ, A. M.; LUGO, V. A.; y SLADECEK V., 1991. "Valores guía de calidad de aguas naturales y contaminadas por materia orgánica antropogénica" en Memorias del XI Coloquio de Investigación. ENEPI-UNAM, 2-6 de dic.
- WETZEL, R. G., 1975. Limnology. W.B. Saunders. Philadelphia, 743 pp.
- WILSON, C. B., 1936. "Copepods from the cenotes and caves of the Yucatán Peninsula, with notes on cladocerans". Carnegie Inst. Washington Publ. 457:77-88.1936.
- WOOD, E. D.; PERRY, A. E.; & M. C. HITCHCOCK, M. C., 1970. A critique on total oxygen demand measurements. Presented at 159th National American Chemical Society Meetin, Houston, Tex.

## **7. APENDICES**

**I. Tablas de abundancias de los organismos**

TABLA A ABUNDANCIA DE CLADOCEROS (Org/m3) EN EL LAGO VIEJO

ESPECIE	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
<i>Moina micrura</i>	1	0	5400	20600	20400	63000	0	12800	32400	377	5600	1000
	2	0	33000	10800	32800	19000	44200	16600	38400	2400	9800	8600
	3	0	11200	4000	10800	19800	12600	19000	21400	1508	11600	17800
	4	15000	21400	0	3000	14000	3800	12000	18800	5600	0	2200
	5	23600	5600	0	800	15600	61800	47400	600	1400	11000	6597
<i>Moina macrocopa</i>	1	600	2400	0	200	1400	0	200	1800	23	200	0
	2	200	2400	1600	200	800	2600	0	1800	600	1600	1600
	3	0	1000	600	0	2400	1400	2600	1000	92	200	4000
	4	1600	1000	0	0	1400	0	400	0	400	0	0
	5	3200	800	0	0	1000	2400	1200	0	0	200	403
<i>Alona costata</i>	1	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289
	4	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	1844
	5	289	200	0	0	400	0	0	0	0	0	1589
<i>Alona guttata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
	4	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	556
	5	111	0	0	0	800	0	0	0	0	0	611
<i>Leydigia leydigi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1000	1200	0	0	0	0	0

TABLA B ABUNDANCIA DE CLADOCEROS (Org/m3) EN EL LAGO MAYOR

ESPECIE	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
<i>Moina micrura</i>	6	1000	3400	0	800	105600	37000	37200	418800	0	440000	193
	7	9400	0	193	38600	106600	321600	370800	261600	800	427800	0
	8	600	21600	0	8000	67600	48600	289800	201200	0	195800	0
	9	0	2600	4000	21200	16800	38800	0	87000	800	329500	0
<i>Moina macrocopa</i>	6	1600	800	0	0	600	1600	1600	12600	0	9400	7
	7	3200	0	7	0	16000	17000	8200	3200	400	32000	200
	8	1200	400	0	0	1600	1800	9400	20200	0	2400	0
	9	0	1600	0	0	0	2400	0	4200	0	17800	0
<i>Alona costata</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	800	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	1200	600	200	200	200	0
	8	0	0	0	0	0	200	400	0	0	0	0
	9	0	0	600	0	0	600	0	5000	0	0	200
<i>Alona guttata</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	400
<i>Leydigia leydigi</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0

TABLA C ABUNDANCIA DE CLADOCEROS (Org/m<sup>3</sup>) EN EL LAGO MENOR

ESPECIE	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
<i>Moina micrura</i>	10	0	0	0	0	0	9000	381200	200	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	17000	353800	600	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	5600	141800	15000	2200	0	0
<i>Moina macrocopa</i>	10	0	0	0	0	0	600	7600	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	3600	800	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	1800	21400	0	0	0	0
<i>Alona costata</i>	10	0	0	0	0	0	1000	200	0	0	200	200
	11	0	0	0	0	0	400	1000	0	0	0	200
	12	0	0	0	0	0	400	0	400	0	0	0
<i>Alona guttata</i>	10	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	200
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## II. Tablas de parámetros físicos-químicos

TABLA D TRANSPARENCIA (m) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	0.22	0.16	0.20	0.12	0.19		0.20	0.20	0.18	0.17	0.13
	2	0.24	0.20	0.22	0.13	0.21		0.21		0.19	0.15	
	3	0.20	0.20	0.20	0.17	0.17		0.20	0.21	0.19	0.19	0.17
	4	0.24	0.20	0.20	0.15	0.19		0.20	0.23	0.17	0.19	
	5	0.22	0.20	0.20	0.17	0.20		0.20	0.15	0.18	0.19	0.20
MAYOR	6	0.25	0.32	0.45		0.50	0.54	0.40	0.46	0.20	0.40	0.12
	7	0.26	0.24	0.22			0.51	0.31	0.50	0.25	0.37	0.08
	8	0.24	0.31	0.35	0.62	0.49	0.47	0.40	0.32	0.23	0.38	0.12
	9	0.25	0.30	0.39	0.41	0.49	0.42	0.33	0.35	0.25	0.35	0.05
MENOR	10	0.20	0.18	0.21	0.24		0.26	0.19	0.15	0.10	0.10	
	11	0.23	0.24	0.18	0.13	0.24	0.20	0.20		0.15	0.15	0.15
	12	0.19	0.20	0.20	0.20		0.19	0.20	0.20	0.18	0.18	0.22

TABLA E TEMPERATURA (°C) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	16.5	18.0	14.0	13.5	13.0		17.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	2	16.5	18.0	13.5	13.5	14.0	16.0	17.5	17.0	19.0	18.0	18.0
	3	16.5	19.0	15.0	14.5	15.0	17.0	19.0	19.0	20.0	19.0	19.0
	4	16.5	19.5	15.0	15.0	14.5	17.0	19.0	19.0	20.0	20.0	20.0
	5	17.0	20.0	15.0	15.0	14.5	18.0	20.0	19.0	19.5	20.0	19.0
MAYOR	6	17.0	20.0	18.0	16.0	16.0	20.0	20.0	20.0	20.0	21.0	20.0
	7	16.0	20.0	16.0	16.0	16.0	20.0	20.0	19.0	20.0	21.0	20.0
	8	17.0	21.0	17.0	16.5	17.0	19.0	20.0	19.0	21.0	21.0	20.0
	9	17.5	21.5	18.0	16.0	17.0	19.0	20.0	21.5	20.0	21.0	20.0
MENOR	10	18.0	19.0	15.0	14.5	15.0	17.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
	11	16.5	18.5	15.0	14.5	15.0	17.0	20.0	19.0	19.0	19.0	19.0
	12	16.0	19.0	14.0	15.0	16.0	16.5	20.0	18.0	19.0	19.0	19.0

TABLA F OXIGENO DISUELTUO (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	9.0	6.0	8.0	8.6	2.0		4.0	5.8	7.6	14.4	16.0
	2	8.0	6.8	7.2	9.2	4.0	8.8	6.6	6.0	10.8	16.0	16.0
	3	14.4	7.6	12.0	11.0	5.8	6.4	5.4	11.0	8.8	16.0	16.0
	4	14.4	7.9	11.0	10.7	5.8	7.4	4.6	10.8	8.8	16.0	12.8
	5	13.2	7.4	11.0	11.0	6.0	7.8	5.2	11.6	9.4	16.0	12.8
MAYOR	6	16.0	10.6	16.0	12.0	14.2	16.0	9.6	7.6	13.2	16.0	16.0
	7		14.2	16.0	14.4	11.8	16.0	11.0	8.6	11.6	16.0	16.0
	8	9.6	12.2	14.6	12.4	12.2	16.0	9.2	6.6	12.4	16.0	16.0
	9	12.6	8.0	14.4	12.4	12.6	14.2	12.0	12.4	12.4	16.0	16.0
MENOR	10	9.2	8.3	14.4	16.0	7.2	11.0	7.2	4.8	8.4	16.0	12.2
	11	8.4	8.1	16.0	16.0	8.2	14.0	8.2	10.2	8.0	12.0	16.0
	12	6.5	13.0	16.0	16.0	9.2	14.0	10.0	5.4	7.8	13.2	16.0

TABLA G CONDUCTIVIDAD ( $\mu$ S/cm) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1		250	220	280	210	190	140	220	200		230
	2		250	220	280	220	180	140	230	210		310
	3		270	240	300	230	220	160	200	200		250
	4		270	260	320	260	220	160	200	200		240
	5		290	250	330	260	230	170	210	220		270
MAYOR	6	215	260	260	310	230	200	190	240	260		330
	7	200	260	260	300	240	200	190	240	280		330
	8	220	260	260	310	220	190	180	240	270		260
	9	235	260	260	310	210	190	180	250	260		260
MENOR	10	225	240	220	250	310	200	190	270	280		280
	11	215	230	220	260	270	250	200	310	270		230
	12	200	230	230	250		250	200	310	290		240

TABLA H SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	16	130	30	92	65		112	113	162	88	134
	2	43	109	14	143	46	70	91	174	110	77	40
	3	106	140	16	188	70	81	37	194		95	20
	4	27	118	10	57	117	100	129	222		100	64
	5	173	238	21	96	110	106	168	220		116	112
MAYOR	6	40	80	39	44	20	40	78	58		42	32
	7	10	100	36	36	42	60	68	40			55
	8	10	56	28	22	28	38	42	52		34	27
	9	40	76	16	23	30	48	62	62	78	36	90
MENOR	10	37	82	19	105	48	40	60	126		105	60
	11	33	152	68	127	37	153	116	157		200	32
	12	33	220	20	31	48	147	112	125	259	100	28

TABLA I pH (upH) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	7.4	8.7	7.8	9.4	9.2		9.1	8.6	7.6	9.5	9.7
	2		8.4	7.8	9.3	8.1	9.4	9.1	8.5	8.6	9.5	9.9
	3	7.0	6.8	8.1	9.5	9.4	9.2	9.0	8.9	8.5	9.4	10.4
	4	7.3	7.5	7.6	9.5	9.3	10.5	8.9	9.0	8.7	9.4	9.3
	5	7.2	7.5	7.6	9.3	9.1	10.8	8.8	9.0	8.6	9.6	9.9
MAYOR	6	7.4	6.9	8.0	8.9	9.3		9.0	8.5	9.0	9.1	9.4
	7	7.6	7.2	10.2	9.2	9.4		9.6	8.7	8.6	9.5	9.5
	8	7.1	7.0	8.0	8.8	9.1		9.2	8.5	8.7	9.0	9.1
	9	7.1	7.1	7.8	9.0	9.1		9.2	8.3	8.3	9.0	9.0
MENOR	10	10.3		8.2	10.7	11.5	11.9	9.7	9.9	9.7	9.9	8.9
	11	10.4		8.2	10.8	11.5		9.5	9.6	9.1	10.1	9.4
	12	10.4		8.1	10.7	11.2		9.5	9.2	9.3	10.2	9.4

TABLA J DUREZA (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	108	86	34	44	120		72	70	58	40	70
	2	118	34	38	58	120	102	74	70	56	54	68
	3	140	48	40	56	124	120	94	68	52	54	86
	4	142	22	72	88	138	120	96	70	52	62	100
	5	148	66	48	68	144	130	106	66	56	88	120
MAYOR	6	102	52	18	28	82	64	76	74	46	78	44
	7	90	22	32	46	78	42	98	64	40	62	40
	8	96	66	30	40	78	60	76	72	52	64	40
	9	108	34	24	36	80	48	78	72	52	64	42
MENOR	10	48	22	38	50	76	54	84	44	38	46	58
	11	66	16	14	28	80	44	62	64	40	46	62
	12	48	34	12	26	86	40		54	38	40	48

TABLA K ALCALINIDAD TOTAL (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	41	63	68	66	96		117	106	78	84	108
	2	58	63	70	66	79	59	116	101	78	89	105
	3	74	73	80	71	83	80	138	99	64	92	120
	4	68	92	71	80	87	80	145	94	64	87	131
	5	71	102	86	94	90	80	138	106	66	80	154
MAYOR	6	45	104	60	58	63	43	121	101	85	75	83
	7	48	56	56	61	63	45	121	101	87	82	66
	8	46	58	58	57	64	43	121	106	85	77	68
	9	46	58	58	55	66	43	114	106	83	80	78
MENOR	10	38	48	56	43	66	59	121	99	83	92	89
	11	38	42	42	44	64	55	135	99	78	94	88
	12	40	48	42	39	64	58	131	101	78	87	88

TABLA L FOSFORO TOTAL (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	2.70	2.28	3.20		1.81			2.34	1.54	1.55	2.39
	2	2.49	1.95	3.20		2.11	2.75	2.70	2.83	2.92	1.80	2.20
	3	2.13	1.87	3.06	3.26	2.09	2.33	2.26	2.09	2.57	1.68	2.32
	4	2.00	1.77	2.34	3.12	2.29	2.20	3.00	2.09	2.69	1.57	2.20
	5	1.43	2.28	2.49	2.10	2.40	2.29	1.95	2.15	2.46	1.74	2.07
MAYOR	6	2.20	0.94	4.40	3.20	2.78	1.93	3.30	2.45	2.73	1.05	2.35
	7	2.20	2.20	3.83	3.60	2.40	2.47	1.94	2.25	2.32	0.82	2.28
	8	2.70	0.87	4.40	3.60	3.12	2.20	3.69	3.07	2.67	0.93	2.20
	9	2.70	0.88	4.12	3.80	3.28	2.16	3.05	2.33	2.38	0.97	2.16
MENOR	10	1.75	1.83	2.13	1.80	3.13	3.11	2.03	2.71	3.09	1.62	3.32
	11	1.65	2.34	2.27	2.01	3.09	2.88	2.87	3.00	3.09	1.85	3.51
	12	1.75	2.80	1.84	1.83	3.12	2.38	3.78	2.79	3.15	1.82	3.32

TABLA M ORTOFOSFATOS (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	0.95	1.74	1.36	1.40	0.54		8.0	1.06	0.25	0.11	0.40
	2	0.85	0.95	1.36	1.74	0.01	1.74	1.70	1.77	0.52	0.08	0.27
	3	0.42	0.87	0.93	0.92	0.43	1.33	1.00	1.09	0.54	0.06	0.26
	4	0.28	0.60	0.93	0.49	0.50	1.20	2.00	0.68	0.39	0.05	0.36
	5	0.22	0.70	0.67	0.27	0.69	1.29	0.60	1.08	0.31	0.04	0.26
MAYOR	6	1.12	0.67	4.02	3.09	2.70	1.93	3.30	2.40	0.71	0.28	0.97
	7	1.05	0.51	2.72	3.48	1.97	2.47	1.90	2.20	0.25	0.15	0.72
	8	1.15	0.87	4.35	3.48	2.52	2.20	3.30	3.00	0.68	0.22	1.12
	9	1.48	0.73	4.05	3.48	2.80	2.16	1.50	2.30	1.17	0.19	1.71
MENOR	10	0.08	0.57	0.59	0.28	2.13	2.11	1.00	1.70	0.70	0.22	1.71
	11	0.02	0.87	0.21	0.33	1.79	1.88	1.80	2.00	0.87	0.24	1.35
	12	0.05	0.83	0.29	0.31	2.02	1.38	1.85	1.70	0.74	0.18	1.30

TABLA N NITRITOS (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	0.06	0.01	0.01	0.02	0.01		0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
	2	0.05	0.01	0.02	0.08	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00
	3	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00
MAYOR	6	0.24	0.42	0.23	0.22	0.18	0.21	0.09	0.13	0.20	0.19	0.12
	7	0.17	0.14	0.17	0.25	0.14	0.20	0.18	0.09	0.16	0.13	0.09
	8	0.29	0.46	0.24	0.24	0.20	0.22	0.10	0.18	0.09	0.20	0.12
	9	0.29	0.50	0.23	0.22	0.21	0.22	0.09	0.18	0.18	0.21	0.13
MENOR	10	0.01	0.01	0.01	0.15	0.02	0.22	0.18	0.00	0.01	0.01	0.03
	11	0.01	0.00	0.01	0.11	0.02	0.02	0.20	0.00	0.01	0.01	0.05
	12	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.19	0.07	0.01	0.01	0.05

TABLA O NITRATOS (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	14.10	1.36	1.35	4.51	0.05		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	2	10.50	0.71	3.07	10.90	0.02	0.23	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	3	0.01	0.33	0.42	2.16	0.02	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	4	0.01	1.11	0.43	2.09	0.02	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	5	0.01	0.01	0.71	1.90	0.02	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
MAYOR	6	45.80	28.97	25.16	28.59	0.57	1.00	0.01	0.01	0.07	0.05	0.01
	7	29.70	13.27	19.81	29.37	0.30	1.74	0.01	0.01	0.43	0.01	0.01
	8	60.30	28.93	25.28	28.99	0.46	1.55	0.01	0.01	0.01	0.77	0.41
	9	61.90	28.47	22.79	29.78	0.50	1.79	0.01	0.01	1.37	1.15	0.76
MENOR	10	0.39	0.01	0.58	3.74	0.02	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	11	0.36	0.01	0.01	0.99	0.02	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	12	0.27	0.01	0.01	0.91	0.00	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

TABLA P SULFATOS (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1		44	32	32	43		34	32	24	30	24
	2		50	32	32	42	39	34	35	24	31	26
	3		45	32	32	42	40	38	29	28	31	30
	4	10	38	32	30	42	42	39	28	27	29	25
	5		48	30	36	42	41	42	28	23	32	27
MAYOR	6		45	32	32	41	49	35	38	31	48	31
	7		55	36	32	44	45	38	32	26	38	31
	8		31	33	36	41	49	39	36	28		28
	9	16	54	34	33	39	48	36	36	27	36	31
MENOR	10		48	25	32	36	38	36	38	35	30	25
	11		40	31	32	41	38	41	42	27	32	28
	12		51	25	28	40		38	35	30	30	24

TABLA Q CLORUROS (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	13.5	7.3	-10.6	3.4	7.6		8.0	11.0	10.5	6.5	6.4
	2	14.0	13.7	12.9	6.4	5.7	4.4	10.6	5.0	7.1	7.0	5.9
	3	13.5	13.2	8.8	7.9	9.1	7.4	8.0	8.0	6.6	10.2	5.9
	4	14.5	7.3	17.0	7.4	9.1	4.9	5.8	9.0	10.4	3.7	6.8
	5	14.9	1.8	14.3	5.9	9.1	5.4	5.4	10.0	10.4	7.0	3.2
MAYOR	6		9.2	12.0	8.9	6.2	6.9	3.7	8.0	6.2	8.4	4.1
	7		4.6	10.1	8.4	6.2	6.9	5.0	8.0	5.7	6.0	5.0
	8		9.2	11.1	4.9	6.2	2.0	3.2	8.0	8.6	4.2	6.8
	9			12.0	7.9	4.8	5.9	2.8	4.0	6.7	3.7	4.5
MENOR	10	14.5	11.9	10.6	3.4	7.6	7.9	5.8	9.0	15.2	5.1	7.3
	11	15.9	4.6		13.3	5.7	9.4	3.2	7.0	7.1	9.8	15.0
	12	15.4	2.7		4.4	7.2	4.9	5.0	8.0	9.0	5.1	7.3

TABLA R DBO (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	17	13	17	16			29	19	14	20	18
	2	18	13	20	16	19	30	30	33	13	23	20
	3		14	18	15	14	23	17	23	14	33	15
	4	22	10	18	17	13	20	36	25	12	14	13
	5	19	18	18	16	10	27	36	19	13	18	16
MAYOR	6	8	14	16	14	7	9	9	9	15	14	21
	7	10	12	7	7	6	14		7	12	12	16
	8	20	15	10	11	4	8	7	11	10	14	14
	9	8	12	9	8	5	10	7	6	20	23	14
MENOR	10	6	6	8	9	8	5	8	22	22	12	
	11	8	10	17	7	8	5	10	25	22	16	18
	12	11	12	15	5	6	7	10	17	20	2	16

TABLA S DQO (mg/l) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

LAGO	ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
VIEJO	1	60	104	128	76	127		50	38	15	74	107
	2	32	100	104	100	169	158	88	72	14	98	156
	3	64	116	116	100	145	122	64	99	14	78	118
	4	80	120	139	76	109		106	29	42	58	115
	5	60	60	90	100	116		113	123	30	85	111
MAYOR	6	43	64	86	88		86	73	38	53	78	122
	7	52	92	108	56			80	97	30	55	141
	8	36	108	83	48	67	148	117	117	53	52	114
MENOR	9	64	148	112	56	71	98	94	83	39	108	80
	10	76	184	124	88	113	162	50	184	260	182	305
	11	40	148	125	64	103	203	167	180	190	199	133
	12	75	16	170	48	278	182	141	127	148	111	106