



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA



U.N.A.M. CAMPUS
IZTACALA

**LA MACROFAUNA BENTICA Y SU RELACION CON
LA DINAMICA FISICO-QUIMICA DE LOS LAGOS
DE CHAPULTEPEC (EPOCA DE LLUVIAS), BOSQUE
DE CHAPULTEPEC, MEXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A

MARTHA ALICIA GUZMAN MARIN

MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Por darme la oportunidad de elegir depositando en mi su amor y confianza y por su invaluable apoyo en mi formación personal y profesional.

A MIS HERMANOS

Pepe, Javier, Enrique y Lili quienes me han alentado a seguir adelante con su ejemplo y su cariño.

A MIS AMIGAS

Gaby, Paty, Lola Y Claudia por las experiencias que hemos compartido y por el apoyo incondicional que he encontrado siempre y a quienes deseo que alcancen su meta cualquiera que ésta sea.

A TI RUBEN

POR COMPARTIR CONMIGO TU
VIDA, POR TU AMOR Y TU
APOYO: GRACIAS.

AGRADECIMIENTOS

- Mi profundo agradecimiento al M. en C. Javier Alcocer Durand, quien me supo guiar con sus experiencias y conocimientos y por su apoyo, paciencia y dedicación en la dirección y asesoramiento del presente trabajo.
- A los Profesores Enrique Kato M., Mario Chávez A., Gloria Vilaclara i Fatjo Jorge Padilla R. y Juan Pablo Carricart G. por la revisión y sugerencias al trabajo.
- Al Laboratorio de Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CyMA) de la -- Unidad de Investigación Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud y Educación (UIICSE) de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala.
- A los integrantes del proyecto CyMA que recogieron las muestras; las físico-químicas, a los profesores Mario Chávez, Alfonso Lugo y Ricardo Ortíz; las biológicas, al Maestro Javier Alcocer Durand.
- A los integrantes del Laboratorio de Vía-Húmeda y a la Maestra Esperanza - Robles Valderrama -que lo tiene a su cargo- por haber realizado los análisis físico-químicos utilizados en la tesis.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico recibido por medio de la beca-tesis-licenciatura con número de registro 58638.

RESUMEN

En el presente estudio se determinaron las características físico-químicas de los Lagos de Chapultepec, así como algunas características ecológicas de la macrofauna béntica de dichos Lagos. Los Lagos de Chapultepec presentaron características físico-químicas y biológicas que los ubicaron como cuerpos acuáticos altamente eutrofilados. Las elevadas concentraciones de fósforo, nitrógeno y clorofila "a" así como la reducida visibilidad (profundidad del disco de Secchi) por un lado y la baja riqueza específica, elevada abundancia y biomasa de la macrofauna béntica, por el otro, ratificaron el estado de eutrofia de los Lagos de Chapultepec. Además, las aguas de estos Lagos, no cumplen con lo estipulado por la SARH para aguas de uso recreativo por sus elevadas concentraciones de nutrientes, cantidad de materia flotante, color y transparencia. Especialmente se reconocieron dos zonas en el Lago Viejo (LV-A y LV-B), una en el Lago Mayor (LMA) y una en el Lago Menor (LME). No se detectó variación temporal debido probablemente a que las características físico-químicas impuestas por el fenómeno de eutrofización dominaron a las producto del tiempo. La comunidad de macroinvertebrados bénticos estuvo compuesta por 10 especies, de las cuales los oligoquetos tubificidos e insectos dípteros formaron el mayor porcentaje. La abundancia y biomasa totales estuvieron integradas principalmente por Limnodrilus hoffmeisteri, Tanytus sp., Chironomus sp. y Chaoborus sp. Los patrones de variación temporal en abundancia y biomasa correspondieron a las épocas de reproducción de los organismos.

CONTENIDO



INDICE DE GRAFICAS	i
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	ii
INDICE DE APENDICES	iii
INTRODUCCION	1
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	2
ANTECEDENTES	4
METODOLOGIA	
DINAMICA FISICO-QUIMICA	4
DINAMICA FISICO-QUIMICA ASOCIADA AL BENTOS	6
DINAMICA FISICO-QUIMICA TEMPORAL	8
DINAMICA BIOLOGICO-ECOLOGICA	8
RESULTADOS	
DINAMICA FISICO-QUIMICA	10
DINAMICA FISICO-QUIMICA ASOCIADA AL BENTOS	14
DINAMICA FISICO-QUIMICA TEMPORAL	15
DINAMICA BIOLOGICO-ECOLOGICA	
- COMPOSICION FAUNISTICA	16
- RIQUEZA ESPECIFICA	16
- ABUNDANCIA	18
- FRECUENCIA	23
- DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD	26
- BIOMASA	28
DISCUSION	
DINAMICA FISICO-QUIMICA	31
DINAMICA BIOLOGICO-ECOLOGICA	34
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA CITADA	50
APENDICES	57

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. ACP DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE MEDIA AGUA Y BENTICAS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	7
GRAFICA 2. ACP DE LA VARIACION MENSUAL DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	9
GRAFICA 3. VARIACION MENSUAL DE LA RIQUEZA ESPECIFICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	17
GRAFICA 4. VARIACION MENSUAL DE LA ABUNDANCIA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	19
GRAFICA 5. ABUNDANCIAS ESPECIFICAS Y ACUMULATIVAS DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	21
GRAFICA 6. COMPOSICION PORCENTUAL, POR GRUPO, DE LA ABUNDANCIA Y BIOMASA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	22
GRAFICA 7. DIAGRAMAS DE OMSTED Y TUCKEY. ABUNDANCIA VS FRECUENCIA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	24
GRAFICA 8. VARIACION MENSUAL DE LA RIQUEZA ESPECIFICA (s), DIVERSIDAD (H'), DIVERSIDAD MAXIMA (H_{max}) Y EQUITATIVIDAD (e) DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	27
GRAFICA 9. VARIACION MENSUAL DE LA BIOMASA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	30

INDICES DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1.	UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	3
FIGURA 2.	UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	5
TABLA 1.	CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	11
TABLA 2.	CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LAS ZONAS LV-A Y LV-B DEL LAGO VIEJO DE CHAPULTEPEC	13
TABLA 3.	CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS BENTICAS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	14
TABLA 4.	PRESENCIA MENSUAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC	23

INDICE DE APENDICES

APENDICE	1. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA TOTAL PROMEDIO DE ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	57
APENDICE	2. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE OLIGOQUETOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	58
APENDICE	3. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE DIPTEROS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	59
APENDICE	4. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE OTROS ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	60
APENDICE	5. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA TOTAL PROMEDIO DE ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	62
APENDICE	6. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO DE OLIGOQUETOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	64
APENDICE	7. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO DE DIPTEROS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	65
APENDICE	8. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO DE OTROS ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS	66

INTRODUCCION

La eutrofización como un proceso evolutivo, natural o inducido, por el que un lago experimenta un aumento progresivo de nutrientes vegetales que genera un incremento de la productividad en todos los niveles de la cadena alimentaria, cambios sucesivos en los tipos de organismos y una reducción de los niveles de oxígeno disuelto en las aguas profundas (Valientyne, 1978; Vivier in Pesson, 1979) ha adquirido gran relevancia en los países en vías de desarrollo.

La eutrofización debida al hombre da como resultado el deterioro de la calidad del agua (Valientyne, op.cit.) fenómeno que se presenta en los Lagos de Chapultepec cuyo planteamiento inicial fue el uso recreativo de sus aguas, por lo que es indispensable conocer su dinámica físico-químico-biológica para poder plantear soluciones (tratamiento terciario)..

El conocimiento de la dinámica biológico-ecológica (composición, estructura, sucesión e interacciones) de la comunidad de macroinvertebrados bénticos en un ecosistema lacustre permite ratificar el estado de eutrofia de dicho Lago, al presentarse organismos adaptados a condiciones ambientales eutróficas como serían las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, vegetación acuática ausente, etc.

El presente trabajo presenta la relación existente entre la dinámica físico-química y la comunidad de macroinvertebrados bénticos de los Lagos de Chapultepec para la época de lluvias (Abril-Octubre); además se evalúan las características físico-químicas de calidad de agua de acuerdo al uso propuesto para estos por la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Clasificación DII: agua adecuada para uso recreativo) dentro de la cual se estipulan los intervalos admisibles para algunos parámetros físico-químicos (SARH, 1984).

Istvánovics et.al. (1986), Dor et.al. (1987), Cowell et.al. (1987), Harper y Stewart (1987) y Rippey y Rippey (1987) realizaron estudios que tratan sobre la dinámica físico-química de cuerpos acuáticos eutrofizados en diferentes partes del mundo y concluyen de manera general que las elevadas concentraciones de fósforo, nitrógeno y clorofila "a" así como la reducida transparencia son los principales parámetros físico-químicos que clasifican a un cuerpo de agua como eutrofizado. Los trabajos de Buchanan y Sommers (1969), Kittrell (1969), Mackenthun (1969), Hynes (1970), Parkin y Stahl (1981), Beattie (1982), Lang (1984), Stepukhina (1984), Welch (1984), Bass (1986 a,b), Harper (1986), Sokolova e Izvekova (1986), Qi (1987) y Reynoldson (1987), tratan sobre investigaciones en comunidades bénticas particularmente en aguas contaminadas mencionando que los oligoquetos tubificidos e insectos dípteros son los principales componentes de la macrofauna béntica de un lago eutrofizado.

Antecedentes históricos de los Lagos de Chapultepec:

año	Evento
1122	Chapultepec (Cerro del Chapulín), fue descubierto por los toltecas en la última etapa de la peregrinación azteca antes de que los tenochcas dejaran allí su sede definitiva: Tenochtitlán (Rodríguez, 1944).
1245-1299	Tenoch levantó su ciudad y templo en Chapultepec, un cerro rodeado de las aguas del lago que tenía a sus pies un corona de ahuehuetes y en el bosque, refrescantes albercas de aguas cristalinas (Romero, 1947). Se construyeron dos calzadas, la de Tlacopan y el Tencapilán sobre el cual corría el acueducto de Chapultepec (Gurría, 1978).
1428	Netzahualcóyotl eligió a Chapultepec como su residencia y realizó la canalización de las albercas y la construcción del primer acueducto de piedra que llevó las aguas a abastecer la ciudad de México (Rodríguez, 1944; Romero, 1947; Bribiesca, 1958;).
1440	Moctezuma Xocoyotzin mandó poner peces en los estanques de Chapultepec y acrecentó el Bosque con árboles de las más finas y variadas especies (Rodríguez, 1944).
1521	Hernán Cortés mandó cortar la cañería de Chapultepec que suministraba agua potable a la ciudad de los aztecas (Bribiesca, 1958).
1524	Hernán Cortés ordenó a Cuauhtémoc reparar y reconstruir los caños que antes llevaban el agua de Chapultepec (Bribiesca, 1958).
1527	El Ayuntamiento ordenó cortar de raíz los árboles de ahuehuetes con el fin de aumentar la cantidad y mejorar la calidad del agua (Bribiesca, 1958).
1530	Se mandaron tajar los manantiales y albercas a fin de que los indios no las ensuciaran (Romero, 1947).
1548-1571	Se realizaron obras para reparar, renovar y limpiar el manantial y el caño que partiendo de Chapultepec, abastecía de agua a la Ciudad (Bribiesca, 1958).
1600-	Las aguas de la alberca chica de Chapultepec abastecía a la ciudad de México y eran aguas de mediana calidad, limpias pero algo duras (Bribiesca, 1958).
1788	Se llevó a cabo el desmonte del Bosque y el desagüe de la laguna de Chapultepec (Romero, 1947).
1820-30	Se describieron tres manantiales o albercas en el Bosque: la llamada Grande o de los Llorones, la de Moctezuma y la de los Nadadores (Romero, 1947; Alvarez, 1978).
1870	Se vació la alberca de Moctezuma y bajó mucho el nivel de las otras dos albercas (Teja-Zabre, 1938).
1876-1911	Demolición de los dos acueductos que traían el agua a la ciudad. Formación del primer lago artificial que se encuentra al pie del Cerro y más tarde se amplió el perímetro del Bosque hacia el norte formándose un nuevo lago comunicado con el antiguo (Romero, 1947).

1898-1910	Se formó el lago de Chapultepec con corrientes de agua de la propia región de Chapultepec y del río Hondo (Molina-Enríquez, 1979).
1935-1936	Se realizaron obras de embellecimiento del Bosque de Chapultepec para la conservación del bosque y para mantener la belleza de los lagos que constituían sin duda uno de los mejores motivos de recreo. (Romero, 1947).
1955	Los manantiales fueron cegados para establecer caballerizas (Molina-Enríquez, 1979).
1962-1964	El nuevo Bosque de Chapultepec se abrió al público en 1963. Tiene dos lagos con sendas islas escénicas (Alvarez, 1978).
1974	Se abrió la tercera sección de Chapultepec Anónimo, 1982).

Actualmente la problemática de los lagos de Chapultepec es más que evidente por lo cual la Delegación Miguel Hidalgo llevó a cabo un plan de recuperación ecológica de la primera sección del Bosque de Chapultepec (Anónimo, 1985b). Entre las acciones llevadas a cabo durante el periodo del 16 de septiembre al 15 de diciembre de 1985 se incluyó una fase de limpieza del lago Viejo la cual, por no llevarse a cabo de manera adecuada, fue infructuosa.

La importancia del Bosque de Chapultepec radica en la riqueza histórica que representa como manifestación cultural y recreativa de nuestro País desde los tiempos de su fundación. Los tres Lagos que comprenden el bosque pertenecen a un ecosistema lacustre subtropical que ha sido muy poco estudiado. Por lo anterior es importante promover proyectos biológicos para prevenir su contaminación y fomentar su aprovechamiento. Como centro recreativo, el agua de los Lagos debe mantener una calidad tal que permita la realización del proyecto para lo que fue planteado en sus inicios.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio fueron:

- Establecer la dinámica físico-química y biológico-ecológica de los Lagos de Chapultepec.
- Verificar si se cumplen las características físico-químicas de calidad de agua que para el uso de los Lagos de Chapultepec dictamina la SARH. (Clasificación DII: agua adecuada para uso recreativo).

Para el desarrollo de los objetivos se plantearon 3 metas:

- * Utilizar los parámetros físico-químicos de los tres lagos de Chapultepec para observar su variación espacial y temporal.
- * Determinar la macrofauna béntica de los tres Lagos; composición y abundancia (relativa).
- * Establecer la relación entre los parámetros físico-químicos y los macroinvertebrados bénticos.

AREA DE ESTUDIO

El Bosque de Chapultepec se encuentra situado al oeste-suroeste de la Ciudad de México y comprende un área de 6,700,000 m² (Anónimo, 1985). Está ubicado entre los 19° 24' y 19° 26' de latitud norte y los 99° 11' y 99° 13' de longitud oeste (Molina-Enríquez, 1979).

El clima de la región del bosque es templado con lluvias en verano, período que va desde abril hasta septiembre-octubre y caracterizado como Cw1(w)b(i) (García, 1973). La estación meteorológica de Tacubaya (19° 24' norte y 99° 11' oeste y 2309 m.s.n.m.) determinó valores medios anuales de precipitación pluvial de 672 mm, evaporación de 965 a 1910 mm y una temperatura de 14.7°C (Villalobos *et. al.*, 1982).

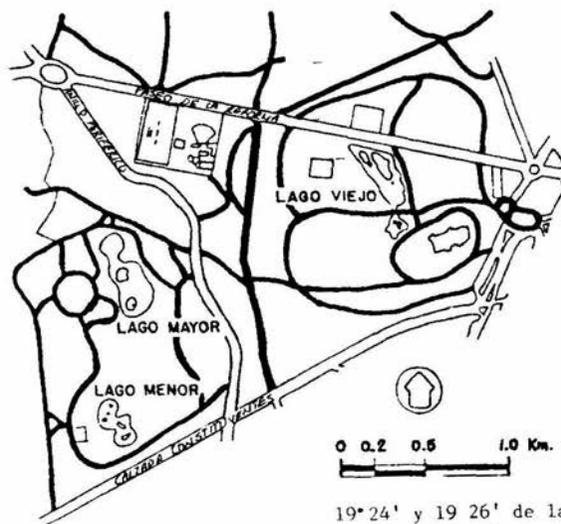
Dentro del Bosque se encuentran los tres Lagos: el lago Viejo (1a. sección) ubicado entre los 19°25'12" y 19°26' de latitud norte y los 99°11' y 99°11'12" de longitud oeste; el lago Mayor ubicado entre los 19°24'42" y 19°25'18" de latitud norte y los 99°12' y 99°12'12" de longitud oeste y el lago Menor (2a. sección) ubicado entre los 19°24' y 19°24'12" de latitud norte y los 99°12'6" y los 99°13' de longitud este. Los lagos se localizan a 2240 m.s.n.m. (Anónimo, 1979) (Figura 1).

La alimentación de los Lagos de Chapultepec proviene de tres fuentes. El lago Viejo recibe agua del río Hondo, de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chapultepec y pequeñas descargas de aguas crudas (aguas negras sin tratar) provenientes de los locales comerciales asentados en la periferia. Los lagos Mayor y Menor reciben agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chapultepec y pequeñas descargas de aguas crudas provenientes al igual que el lago Viejo de los locales comerciales de la periferia.

Datos morfométricos de los Lagos de Chapultepec:

	VIEJO	MAJOR	MENOR
AREA TOTAL (m ²)	60,240	58,200	27,600
LONGITUD MAX. (m)	432 N-S	442 NW-SE	264 NW-SE
ANCHO MAX. (m)	208 W-E	190 NE-SW	150 NE-SW
PROFUNDIDAD MAX. (m)	1.8	1.3	1.2
PROFUNDIDAD MEDIA (m)	1.0	1.1	1.1
VOLUMEN (m ³)	49,525	59,709	26,573

El tipo de sedimento de los lagos Viejo y Mayor es predominantemente autoctono y denominado gyttja de algas, suave y acuoso de color verde oscuro-grisáceo a negro pero nunca café, coprogéneo con remanentes transparentes al microscopio de vegetales, animales, algas, material minerogénico y precipitados químicos. En el lago Menor el sedimento es predominantemente alóctono y clasificado como dy lacustre, suave y más acuoso que el gyttja, conforma masas oscuras floculentas de color



19° 24' y 19 26' de latitud norte
 99° 11' y 99 13' de longitud oeste

FIGURA 1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

amarillo a café, compuesto por material vegetal fibroso proveniente de plantas litorales típicas de pantanos o turberas o de otras fuentes alóctonas (Alcocer, 1988).

Datos sedimentológicos de los lagos de Chapultepec:

	VIEJO	MAYOR	MENOR
ARENA LODOSA	X		
LODO ARCILLOSO	X	X	
LIMO ARENOSO			X
ARCILLA	X	X	
LODO	X	X	X
LIMO		X	X

ANTECEDENTES.

Se tiene información concerniente al lago Viejo de Chapultepec tratada por diversos autores que manejan aspectos biológicos tales como: fitoplancton (Sámano, 1934, 1935 y 1940), macrofitas (Ancona, 1930; Bravo, 1930; Rodríguez, 1944), protozoarios (López-Ochoterena, 1965 y 1970; López-Ochoterena y Barajas, 1963 y 1964; López-Ochoterena y Madrazo-Garibay, 1971; López-Ochoterena y Roure-Cane, 1970; Madrazo-Garibay y López-Ochoterena, 1971; Sokoloff, 1931 y 1932), rotíferos (Osorio-Tafall, 1942), anélidos (Caballero, 1935; Oka, 1932), crustáceos (Rioja, 1940a,b; Saussure, 1857 y 1858; Villalobos-Figueroa, 1980); dípteros (Ancona, 1930; Martínez, 1952), hemipteros (Hungerford, 1948; Jaczewski, 1931) y anfibios (Enciclopedia de México, 1985). No se tiene información sobre trabajos relacionados con macrofauna béntica en los lagos de Chapultepec.

METODOLOGIA

DINAMICA FISICO-QUIMICA.

Para la determinación de los parámetros físico-químicos se establecieron 12 estaciones de muestreo: 5 para el lago Viejo, 4 para el lago Mayor y 3 para el lago Menor (FIGURA 2).

Los muestreos se realizaron con una periodicidad mensual de Abril a Octubre de 1985. Las muestras de agua se obtuvieron con una botella Van Dorn de 1.5 l de capacidad, a una profundidad de 0.5m.

Los parámetros físico-químicos determinados de acuerdo a la metodología propuesta por APHA, AWWA y WPCF (1980), salvo lo indicado, fueron los siguientes:

- Demanda Biológica de Oxígeno (mg/l) por el método de dilución.
- Demanda Química de Oxígeno (mg/l) por oxidación con dicromato.
- Alcalinidad a la fenolftaleína (mg/l) potenciométricamente.
- Alcalinidad total (mg/l) potenciométricamente.
- Nutrientes (mg/l):
 - * N-NH₃ por el método Njeldahl-Nesslerización.

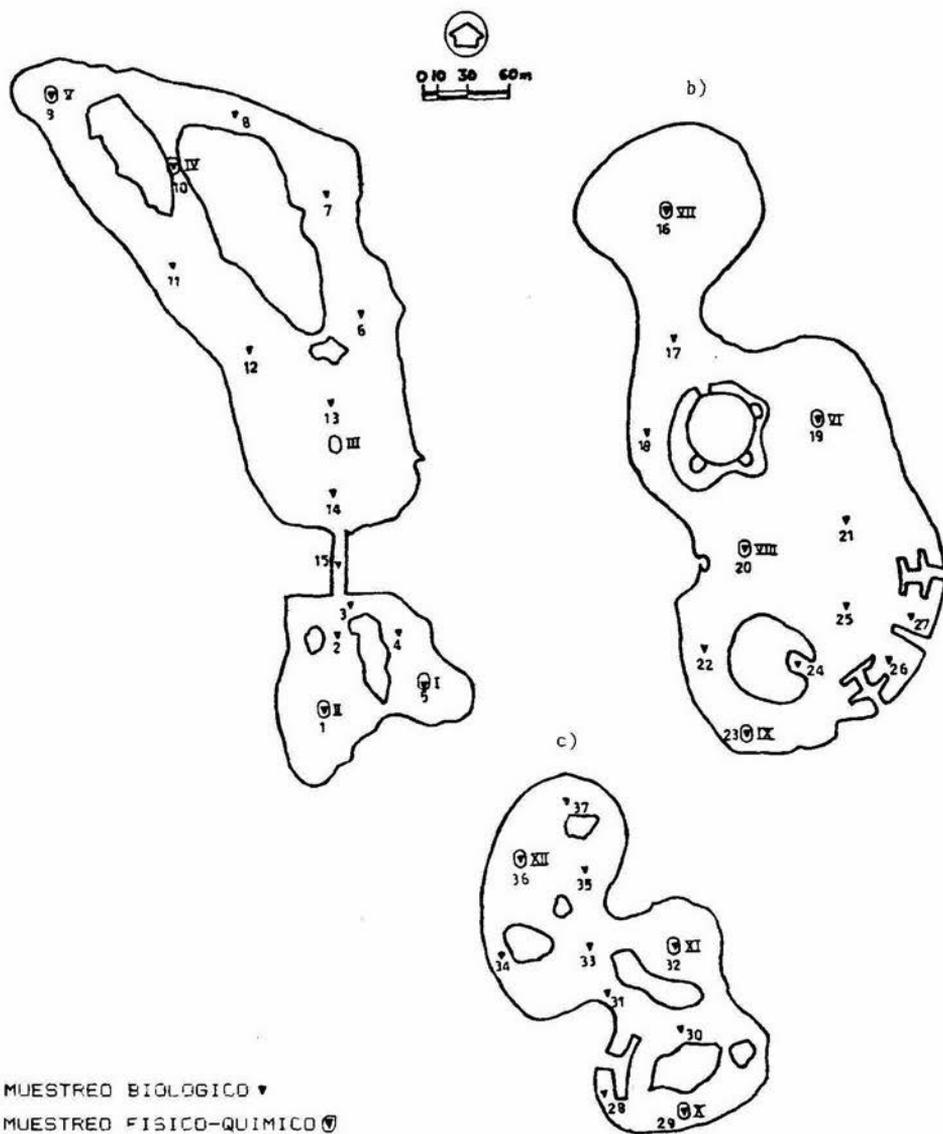


FIGURA 2. UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN a) LAGO VIEJO, b) LAGO MAYOR Y c) LAGO MENOR DE CHAPULTEPEC.

- * P-P04, por el método colorimétrico con cloruro estanoso.
- * P-TOTAL, por digestión y método colorimétrico con cloruro estanoso.
- Sulfatos (mg/l), por el método turbidimétrico con cloruro de bario.
- Dureza total (mg/l), por el método titulométrico con EDTA.
- Dureza de calcio (mg/l), por el método titulométrico con EDTA.
- Dureza de magnesio (mg/l), por la diferencia entre la total y la de calcio.
- Cloruros (mg/l), por el método argentométrico con nitrato de plata.
- Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), potenciométricamente.
- Sólidos suspendidos (mg/l), por filtrado y secado a 103°C .
- Visibilidad (cm), por medio del disco de Secchi (Lind, 1979).
- Oxígeno disuelto (mg/l) polarográficamente.
- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por medio de un termistor.
- pH (Unidades pH), potenciométricamente.
- Clorofila "a" (mg/m³), por medio de la extracción con metanol puro y espectrofotométricamente (Golterman *et. al.*, 1979).

Para agrupar zonas similares a partir de las 12 estaciones de muestreo físico-químico se aplicó la prueba de esfericidad de Bartlett (Green, 1979) a la semimatriz de correlación elaborada con base en los parámetros físico-químicos ya mencionados. La prueba verifica la presencia de una estructura en los datos al aceptar la hipótesis nula que dice "todas las correlaciones son igual a cero" con un 95% de confianza.

Una vez que se determinó el estructuramiento en los datos, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) para reconocer los grupos formados.

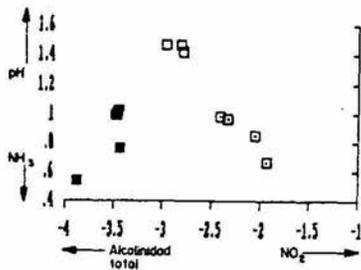
De esta manera se detectaron 3 zonas que correspondieron a cada Lago: estaciones 1 a 5 al lago Viejo, estaciones 6 a 9 al lago Mayor y estaciones 10 a 12 al lago Menor (Gráfica 1a).

DINAMICA FISICO-QUIMICA ASOCIADA AL BENTOS

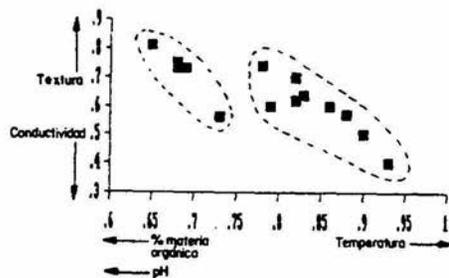
Para la determinación de los parámetros físico-químicos asociados al bentos lacustre, así como para el estudio biológico-ecológico se establecieron 37 estaciones de muestreo: 15 para el lago Viejo, 12 para el lago Mayor y 10 para el lago Menor (Figura 2).

Para el reconocimiento de la variación espacial en cada Lago, se aplicó la prueba de esfericidad de Bartlett (Green, 1979) a cada una de las semimatrices de correlación elaboradas con base en temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, textura y porcentaje de materia orgánica del sedimento, parámetros de importancia para los macroinvertebrados bénticos (Weber, 1973).

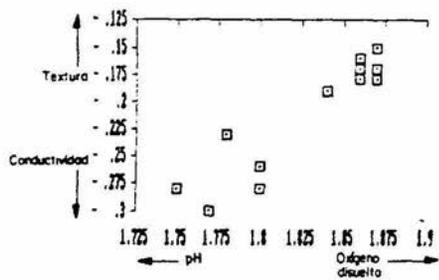
La prueba verificó un estructuramiento en el lago Viejo mientras que en los lagos Mayor y Menor no se construyó una estructura, es decir, que las estaciones correspondientes a cada uno de los lagos Mayor y Menor se comportaron de manera similar.



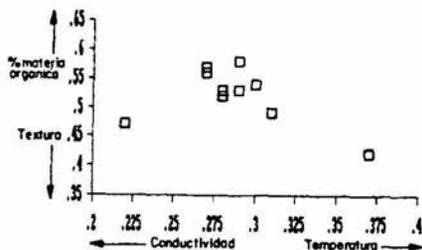
a)



b)



c)



d)

GRAFICA 1. A.C.P. DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICA DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC. a) DE MEDIA AGUA. b) BENTICAS DEL LAGO VIEJO. c) BENTICAS DEL LAGO MAYOR Y d) BENTICAS DEL LAGO MENOR.

Posteriormente se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales en cada Lago para reconocer los grupos formados en el lago Viejo y comprobar la homogeneidad en los lagos Mayor y Menor. De este análisis se detectaron 2 zonas en el lago Viejo las que se denominaron LV-A para las estaciones 1 a 5 y LV-B para las estaciones 6 a 15 (Gráfica 1b).

En el lago Mayor como se había demostrado en la prueba de esfericidad de Bartlett no se detectaron diferencias significativas entre las estaciones por lo que se formó una sola zona denominada LMA que incluyó a las estaciones 16 a 27 (Gráfica 1c). Lo mismo se observó en el lago Menor, un comportamiento homogéneo que formó una sola zona denominada LME y que agrupó a las estaciones 28 a 37 (Gráfica 1d).

DINAMICA FISICO-QUIMICA TEMPORAL

Para la determinación fisico-química temporal de los Lagos de Chapultepec se aplicó, primero, la prueba de esfericidad de Bartlett (Green, 1979) a la semimatriz de correlación elaborada con base en los 21 parámetros fisico-químicos ya mencionados y los 7 meses de muestreo para cada Lago. Con esta prueba se determinó una estructura en los datos.

Posteriormente se aplicó un Análisis de Componentes Principales para reconocer los grupos formados. Con esto se ratificó la presencia de 3 grupos (lagos Viejo, Mayor y Menor) que se comportaron de manera independiente a lo largo del periodo de muestreo (Gráfica 2a).

Para determinar la variación temporal intralago se aplicaron pruebas de esfericidad de Bartlett a las semimatrices de correlación de los parámetros fisico-químicos por mes para cada Lago. No se detectó estructuramiento en ningún Lago por lo que se procedió a comprobar la ausencia de diferencias significativas mediante la aplicación de un Análisis de Componentes Principales para cada uno de ellos (Gráficas 2b, 2c y 2d).

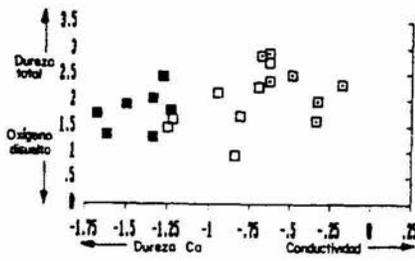
La Gráfica 2 mostró que la variación fisico-química temporal interlago fue mayor que la variación intralago.

DINAMICA BIOLOGICO ECOLOGICA

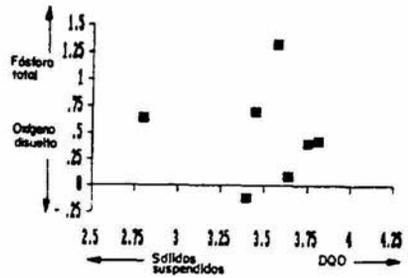
Para la obtención de las muestras bénticas se utilizó una draga Ekman (de dimensiones 6" x 6" x 6") con un volumen aproximado de 4 l de muestra y una profundidad de mordida de 17 cm en promedio.

El sedimento con los macroinvertebrados bénticos fue separado por medio de un tamiz No. 30 (U.S.S.) con 0.59 mm de apertura de malla y fijado con formol al 10%.

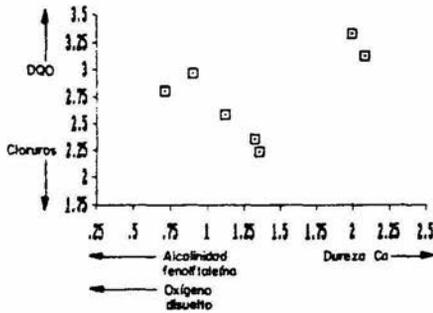
Para la identificación de los oligoquetos se siguieron las técnicas propuestas por Brinkhurst (in Parrish, 1975) y Stimpson et al. (1982) y para los quironómidos por Mason (1973) y Beck (in Parrish, op.cit.). Los otros macroinvertebrados bénticos fueron preservados en alcohol al 70% para su identificación.



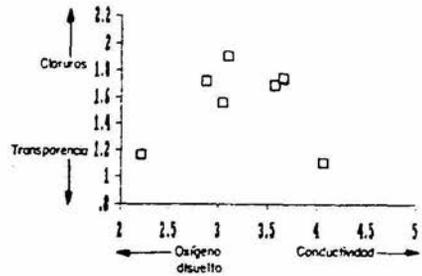
a)



b)



c)



d)

GRAFICA 2. A.C.F. DE LA VARIACION MENSUAL DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE a) LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC, b) EL LAGO VIEJO, c) EL LAGO MAYOR Y d) EL LAGO MENOR

Las claves utilizadas para la identificación taxonómica de los diferentes grupos de macroinvertebrados bénticos fueron las de Caballero (1935), anélidos hirudíneos; Mason (1973), insectos quirónómidos; Oka (1932), anélidos hirudíneos; Parrish (1975), varios grupos; Pennak (1978), varios grupos y Stimpson *et. al.* (1982), anélidos tubífidos.

El índice de diversidad (H) empleado fue el de Shannon-Weaver por ser el más adecuado para estudios sobre macroinvertebrados como lo sugiere Weber (1973). Los índices de diversidad máxima (H_{max}) y de equitatividad (e) empleados fueron los propuestos por Weber (1973).

La biomasa de los macroinvertebrados bénticos expresada en peso seco y peso seco libre de cenizas fue calculada por taxa para determinar la producción secundaria de estos organismos. A pesar de la variedad en los tiempos y temperaturas de secado del material considerado en las técnicas que para el cálculo de la biomasa se encuentran en la bibliografía (Crisp, 1971; Edmonson y Winberg, 1971; Weber, 1973; Lind, 1979 y Margalef, 1983 entre otros), no hay una técnica estandarizada, por lo que en este estudio se aplicó la combinación siguiente: la temperatura elegida para la obtención del peso seco fue de 95 a 100°C y para el peso seco libre de cenizas de 550°C. El tiempo promedio de secado al horno para peso seco (hasta peso constante) fue de 5 a 18 días, y para el peso seco libre de cenizas de 1 hora.

RESULTADOS

DINAMICA FISICO-QUIMICA

El análisis que se aplicó para verificar el funcionamiento físico-químico independiente de los Lagos de Chapultepec agrupó a las 12 estaciones de muestreo físico-químico en tres grupos, cada uno de los cuales se identificó con un Lago de Chapultepec; las estaciones 1 a 5 para el lago Viejo, 6 a 9 para el lago Mayor y 10 a 12 para el lago Menor (Gráfica 1a).

Esta gráfica reveló las características físico-químicas de cada Lago (Tabla 1). Para su explicación se dividió la gráfica en cuatro cuadrantes numerados del I al IV a partir del extremo inferior izquierdo y en el sentido de las manecillas del reloj. De este modo, el lago Viejo se localizó en el cuadrante I en donde se ubicaron las estaciones caracterizadas por agua moderadamente dura (74.20 ± 8.92 mg/l), de baja conductividad (282.86 ± 8.86 μ S/cm) y con valores elevados de alcalinidad total (103.74 ± 4.44 mg/l) debido a la actividad fotosintética (producción primaria), lo cual se reflejó en el valor básico de pH (8.99 ± 0.13). Los valores comparativamente elevados de DBO (20.39 ± 1.06 mg/l) y DQO (82.06 ± 18.19 mg/l) registrados en el lago Viejo, indicaron la presencia de mayores cantidades de materia orgánica biodegradables que en los otros dos Lagos, que consumen el oxígeno disuelto (11.00 ± 0.50 mg/l); este hecho se asoció a que el lago Viejo recibe, además del efluente de la Planta de Tratamiento de

	LAGO VIEJO		LAGO MAYOR		LAGO MENOR	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
DBO	20.39	1.08	14.76	1.14	16.96	2.55
DQO	82.06	18.19	94.07	7.81	156.71	27.26
ALC-F	43.56	4.93	42.55	4.79	56.47	1.47
ALC-T	103.74	4.44	87.32	2.55	90.98	.42
N-NH3	1.10	.08	1.66	.24	.87	.47
N-NO3	.01	0	.21	.22	.01	0
N-NO2	.01	0	.12	.03	.04	.01
P-PO4	.46	.24	1.18	.24	1.01	.11
P-TOTAL	1.18	.10	1.99	.25	1.74	.19
SULF.	30.65	3.09	35.54	1.71	32.47	2.76
DUR-T	74.20	8.92	55.28	2.62	50.67	1.08
DUR-Ca	3.27	6.91	28.97	2.23	26.22	2.80
DUR-Mg	30.92	6.08	26.56	2.48	24.45	2.12
CLOR.	6.91	.59	5.39	.84	7.39	.42
COND.	282.86	8.38	299.29	46.33	313.33	5.02
S. SUSP.	124.32	22.72	82.56	18.00	121.02	14.47
TEMP.	17.66	.99	19.13	.29	17.95	.30
pH	8.99	.13	9.11	.20	9.63	.02
OP. DIS.	11.00	.50	13.67	.52	11.63	1.00
VISIB.	17.47	1.23	28.11	1.02	15.14	4.60
CL. "s"	464.63	82.77	342.14	18.59	442.48	206.53

TABLA 1. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

Aguas Residuales de Chapultepec, agua del río Hondo el cual antes de verter sus aguas en el lago Viejo, recibe desechos de origen orgánico a lo largo de su paso por la ciudad de México.

Este Lago se caracterizó también por sus elevadas concentraciones de sólidos suspendidos (124.32 ± 22.72 mg/l) lo cual se reflejó en la poca visibilidad registrada para estas estaciones (17.47 ± 1.23 cm). En lo referente a nutrimentos, este Lago presentó las más bajas concentraciones debido a su elevada producción primaria, es decir que se presentó una demanda considerable de nutrimentos por parte de los organismos fotosintéticos que a su vez originaron altas concentraciones de clorofila "a" (464.63 ± 82.77 mg/m³). Finalmente, en lo referente a sulfatos se presentaron en menor concentración (30.65 ± 3.09 mg/l) que en los lagos Mayor y Menor (35.54 ± 1.71 y 32.47 ± 2.76 mg/l respectivamente) (Tabla 1).

En este Lago se pueden reconocer dos subzonas (Gráfica 1a), la primera formada por las estaciones 1 y 2 y la segunda por las estaciones 3 a 5.

La Tabla 2 presenta la caracterización físico-química de media agua de las dos zonas del lago Viejo, zonas LV-A y LV-B.

La zona LV-A se caracterizó por tener agua suave (65.30 ± 0.51 mg/l), poco conductiva (277.15 ± 8.08 μ S/cm) y de pH alcalino (8.89 ± 0.16). Presentó menor alcalinidad total que la zona LV-B (99.07 ± 1.73 y 106.85 ± 1.28 mg/l respectivamente). La zona LV-A se consideró menos productiva ya que presentó menores concentraciones de clorofila "a" (388.64 ± 18.48 mg/m³), mayor cantidad de oxígeno disuelto (11.26 ± 0.35 mg/l) y concentraciones más elevadas de nutrimentos.

La zona LV-B presentó agua moderadamente dura (80.13 ± 5.19 mg/l), poco conductiva (286.67 ± 7.30 μ S/cm), de pH básico ($9.07 \pm .03$) y más cálida que la LV-A (18.31 ± 0.6 y 16.68 ± 0.16 °C respectivamente). Con mayores cantidades de sólidos suspendidos (140.4 ± 7.83 mg/l) y ligeramente mayor visibilidad que la zona LV-A (18.12 ± 0.54 cm para la zona LV-B y 16.50 ± 1.51 cm para la zona LV-A).

En lo referente a DBO presentaron valores muy similares (20.44 ± 2.09 mg/l en la zona LV-A y 20.36 ± 0.3 mg/l en la zona LV-B) y, en DQO la zona LV-B tuvo mayor valor que la zona LV-A (88.24 ± 10.21 y 72.79 ± 28.79 mg/l respectivamente).

Posteriormente se verificó esta subdivisión con la caracterización físico-química del bentos lacustre.

Entre los cuadrantes II y III se localizaron las estaciones del lago Menor que presentaron como características agua suave (50.67 ± 1.08 mg/l), de mayor conductividad (313.33 ± 5.02 μ S/cm), pH básico (9.63 ± 0.02) y valores menores de alcalinidad total (90.98 ± 0.42 mg/l). Los valores de DBO (16.96 ± 2.55 mg/l) fueron reducidos y, por consiguiente, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron más elevadas (11.63 ± 1.00 mg/l). En cuanto a nutrimentos se refiere se registraron valores más elevados que en el lago Viejo y menor producción primaria con concentraciones de clorofila "a" de 442.48 ± 206.53 mg/m³.

	LAGO VIEJO - A		LAGO VIEJO - B	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
DBO	20.44	2.09	20.36	.30
DOO	72.79	28.79	88.24	10.21
ALC-F	39.27	5.81	46.42	.96
ALC-T	99.07	1.73	106.85	1.28
N-NH ₃	1.17	.04	1.06	.06
N-NO ₃	.01	0	.01	0
N-NO ₂	.01	0	0	0
P-PO ₄	.38	.44	.51	.09
P-TOTAL	1.26	.04	1.12	.09
SULFATOS	29.01	.88	31.74	3.78
DUREZA-T	65.30	.51	80.13	5.19
DUREZA-Ca	40.12	1.72	45.38	8.80
DUREZA-Mg	25.12	2.33	34.79	3.89
CLORUROS	7.06	.83	6.82	.56
CONDUCT.	277.15	8.08	286.67	7.30
SOL. SUSP.	100.20	1.61	140.40	7.83
TEMPERATURA	16.68	.16	18.31	.60
PH	8.88	.16	9.07	.03
O ₂ DISUELTO	11.26	.85	10.83	.16
VISIBILIDAD	16.50	1.51	18.12	.54
CLOROFILA "a"	388.64	18.48	515.28	62.52

TABLA 2. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LAS ZONAS LV-A Y LV-B DEL LAGO VIEJO DE CHAPULTEPEC.

En estas estaciones se presentaron menores concentraciones de sólidos suspendidos (121.02 ± 14.47 mg/l) con una mayor visibilidad asociada (15.14 ± 4.6 cm). Los cloruros se encontraron en mayor cantidad (7.39 ± 0.42 mg/l) que en los lagos Viejo y Mayor (6.91 ± 0.59 y 5.39 ± 0.84 mg/l respectivamente) (Tabla 1).

El lago Mayor se ubicó en el cuadrante IV donde se localizaron las estaciones que presentaron las concentraciones más elevadas de nutrimentos y de oxígeno disuelto (13.67 ± 0.52 mg/l), menores valores de DBO (14.76 ± 1.14 mg/l) y una concentración comparativamente baja de clorofila "a" (342.14 ± 18.59 mg/m³) con respecto a los otros dos lagos. Presentó agua de pH básico (9.11 ± 0.20), poco conductiva (299.29 ± 46.33 µS/cm), suave (55.28 ± 2.62 mg/l) y con el menor valor de alcalinidad total (87.32 ± 2.55 mg/l).

En estas estaciones se presentaron las concentraciones menores de sólidos suspendidos (82.56 ± 18 mg/l) y por consiguiente mayor visibilidad (28.11 ± 1.02 cm). El agua de este Lago fue la más cálida registrando una temperatura promedio de 19.13 ± 0.29 °C mientras que en los lagos Viejo y Menor la temperatura fue menor (17.66 ± 0.99 y 17.95 ± 0.3 °C respectivamente) (Tabla 1).

DINAMICA FISICO-QUIMICA ASOCIADA AL BENTOS (VARIACION ESPACIAL)

El análisis que se aplicó para verificar la presencia de dos zonas en el lago Viejo y un grupo homogéneo de estaciones para los lagos Mayor y Menor se muestra en las gráficas del ACP para cada uno de estos Lagos (Gráficas 1b, 1c y 1d).

El lago Viejo se separó en dos zonas, la LV-A que agrupó las estaciones 1 a 5 y la LV-B a las estaciones 6 a 15, las cuales presentaron características físico-químicas bénticas propias (Tabla 3).

	LV-A		LV-B		LMA		LME	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
TEMP. (°C)	17.31	1.19	18.00	1.83	19.23	1.79	18.64	1.58
CONDUCT. (µS/cm)	189.29	51.13	194.63	38.63	222.86	45.76	219.57	53.56
pH	9.16	.47	9.05	.43	9.47	.43	9.46	.26
O ₂ DIS. (mg/l)	8.96	3.28	10.54	3.73	13.76	1.65	10.46	4.22
% MAT. ORG. (%)	19.20	4.27	13.44	3.21	25.92	2.87	31.60	2.27
TEXTURA (phi)	8.40	1.34	7.00	1.50	7.83	1.47	6.30	.95

TABLE 3. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS BENTICAS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

La LV-A se caracterizó por tener agua poco conductiva ($188.29 \pm 51.13 \mu\text{S/cm}$), moderadamente oxigenada ($8.96 \pm 3.28 \text{ mg/l}$), de menor temperatura ($17.31 \pm 1.19 ^\circ\text{C}$) y pH básico (9.16 ± 0.47), mientras que la LV-B tuvo agua más conductiva ($194.63 \pm 38.63 \mu\text{S/cm}$), bien oxigenada ($10.54 \pm 3.73 \text{ mg/l}$), de mayor temperatura ($18.0 \pm 1.83 ^\circ\text{C}$) y pH básico (9.05 ± 0.43).

La zona LMA presentó mayor cantidad de oxígeno disuelto ($13.76 \pm 1.65 \text{ mg/l}$), agua poco conductiva ($222.86 \pm 45.76 \mu\text{S/cm}$) y de pH básico (9.47 ± 0.43) en comparación con la LME que tuvo agua menos conductiva ($219.57 \pm 53.56 \mu\text{S/cm}$), con menor concentración de oxígeno disuelto ($10.46 \pm 4.22 \text{ mg/l}$) y pH básico (9.46 ± 0.26).

En lo referente a sedimentos, la zona LV-A presentó mayor contenido en materia orgánica ($19.20 \pm 4.27 \%$) y sedimentos más gruesos ($8.40 \pm 1.34 \text{ phi}$) a diferencia de la zona LV-B ($13.44 \pm 3.21 \%$ y $7.00 \pm 1.5 \text{ phi}$ respectivamente).

Los lagos Mayor y Menor resultaron cuerpos de agua homogéneos como lo determinó la prueba de esfericidad de Bartlett por lo que constituyeron una zona cada Lago, la zona LMA y la LME.

La zona LMA presentó menor cantidad de materia orgánica ($25.92 \pm 2.87 \%$) y sedimentos más gruesos ($7.83 \pm 1.47 \text{ phi}$) y la zona LME mayor cantidad de materia orgánica ($31.60 \pm 2.27 \%$) y sedimentos más finos ($6.30 \pm 0.95 \text{ phi}$) (Tabla 3).

A través de este análisis se concluyó la presencia de dos zonas en el lago Viejo (LV-A y LV-B) y una zona en los lagos Mayor (LMA) y Menor (LME).

DINAMICA FISICO-QUIMICA TEMPORAL

La gráfica del Análisis de Componentes Principales realizada con base en los parámetros físico-químicos de media agua durante el periodo de muestreo (Gráfica 2a) corroboró la presencia de tres Lagos que funcionaron independientes en su dinámica físico-química y esto se comprobó al comparar los parámetros característicos de los componentes principales de la gráfica la con los obtenidos en la gráfica 2a, los cuales resultaron ser prácticamente los mismos (NO_2 , oxígeno disuelto, alcalinidad total y dureza total en el componente uno y conductividad, concentraciones de clorofila "a", DBO y sulfatos en el componente dos).

A partir de éste análisis se concluyó que la variación de las características físico-químicas de cada Lago (interlago) fue mayor que la variación producto del tiempo, para cada Lago (intralago).

El Análisis de Componentes Principales realizado para cada Lago con base en la variación temporal físico-química verificó la ausencia de ésta como ya se había detectado a través de la prueba de esfericidad de Bartlett. Esto podría atribuirse a que la fuente de alimentación

artificial (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chapultepec) no fluctúa en forma considerable físico-químicamente y al enmascaramiento físico-químico producto de la eutrofización.

DINAMICA BIOLOGICO-ECOLOGICA

COMPOSICION FAUNISTICA

Se determinaron un total de 10 especies de macroinvertebrados benticos. Dos tubificidos, un glosifónido, un anfípodo, un plátonido, cuatro quironómidos y un culicido:

ANNELIDAE:

- OLIGOCHAETA: Tubificidae

- * Limnodrilus hoffmeisteri Claparede, 1862
- * Branchiura sowerbyi Beddard, 1892

- HIPUDINEA : Glossiphoniidae

- * Melobdella sp. E. Blanchard

CRUSTACEA:

- AMPHIPODA : Talitridae

- * Hyalella azteca (Gaussure, 1858)

ACARI:

Pionidae

- * Piona (Dispersipiona) sp. Viets, 1926

INSECTA:

- DIPTERA

{ Quironómidae : { Chironominae }

- * Chironomus sp.1 Meigen
- * Chironomus sp.2 Meigen
- * Parachironomus sp. Lenz

{ Tanypodinae }

- * Tanypus sp. Meigen

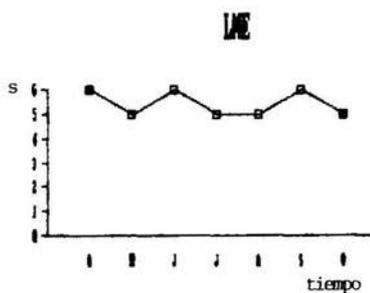
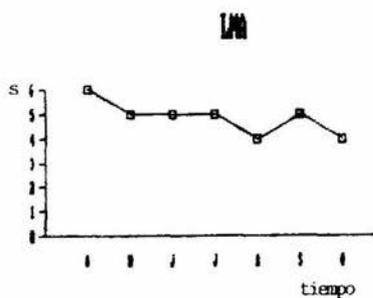
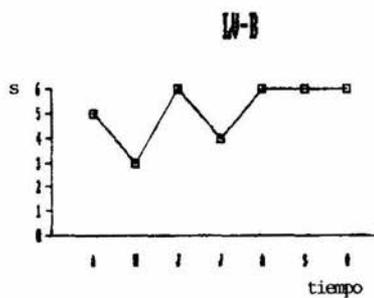
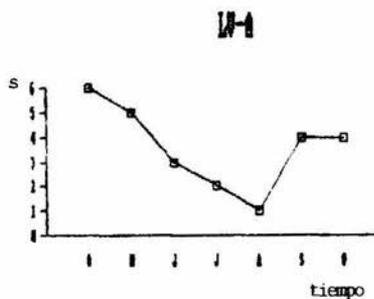
{ Culicidae :

- * Chaoborus sp. Lichtenstein

RIQUEZA ESPECIFICA

La riqueza específica de la comunidad bética de los Lagos de Chapultepec para la época de lluvias fluctuó entre 6 y 7 especies para cada zona. Para la LV-A y LME se reconoció una riqueza global de 6 especies y para las zonas LV-B y LMA de 7 especies (Gráfica 3 y 9a). En la gráfica 3 se observa una riqueza específica máxima de 6 debido a que no fueron las mismas especies registradas para cada mes (Tabla 4).

En general los meses de abril y mayo presentaron mayor número de especies (5-6 para las zonas LV-A, LMA y LME y 3-5 para la LV-B) y los meses de julio y agosto cuantificaron el menor número de especies (2 y 1 para la zona LV-A respectivamente). Lo anterior podría atribuirse a que los oligoquetos tienen su mejor desarrollo en el verano (Cowell y Vodopich, 1981) con lo que las poblaciones de dipteros y otros organismos pudieron verse desplazados, o bien a la ausencia de especies raras en estos meses (Tabla 4).



GRAFICA 3. VARIACION MENSUAL DE LA RIQUEZA ESPECIFICA DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

En el periodo comprendido de junio a agosto se registró una disminución en el número de especies de las zonas LV-A (1-3) y LMA (4-5) y un aumento en la LV-B (4-6) mientras que la LME permaneció constante (5-6 especies). Para los meses de septiembre y octubre las zonas LV-A y LV-B registraron un aumento en el número de especies (4 y 6 respectivamente) y las zonas LMA y LME permanecieron constantes (Gráfica 3 y 8a).

La zona menos rica en especies fue la LV-A con una media de 1.9 ± 1.1 especies. La zona LMA presentó una media de 3.13 ± 0.7 especies y las zonas LV-B y LMA presentaron riquezas específicas medias similares y mayores a las otras dos zonas (3.44 ± 0.70 y 3.47 ± 0.84 especies respectivamente), debido a la presencia de un número mayor de microhabitats (Alcover, 1988).

ABUNDANCIA

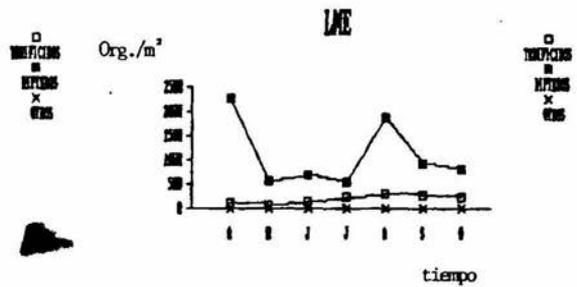
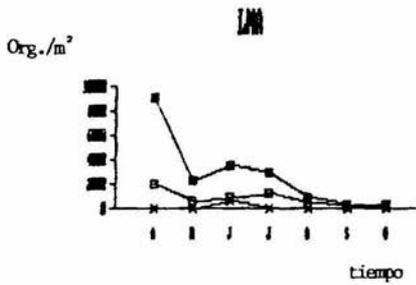
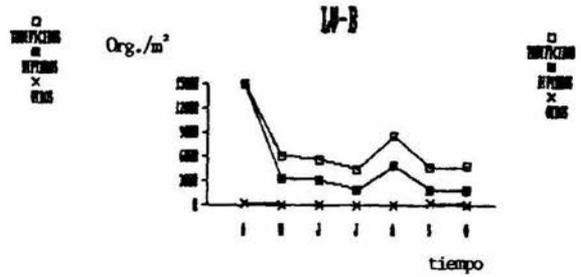
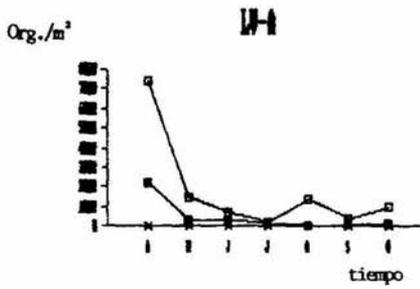
El número promedio de organismos (org./m²) registrados para el periodo de estudio fue:

	LV-A	LV-B	LMA	LME
TUBIFICIDOS	6,202	24,428	2,834	687
DIPTEROS	612	7,034	3,821	1,599
OTROS	12	196	191	0
TOTAL	6,826	31,658	6,846	2,286

Los valores de abundancia (Gráfica 4) tuvieron una tendencia decreciente; el valor más elevado se registró en el mes de abril para las cuatro zonas que representó el 62.93% de la abundancia total de la LV-A, 38.21% de la LV-B, 44.38% de la LMA y 25.80% de la LME. Los meses de septiembre y octubre registraron, en general, valores más bajos de abundancia en las zonas LV-A, LV-B y LMA (3.01% y 6.53%; 8.35% y 8.51%; 2.13% y 1.82% de las abundancias totales respectivas) y el mes de mayo en la zona LME (7.49% de la abundancia total).

En la zona LV-A y LV-B el mes de julio registró el número menor de organismos (291 y 6,277 respectivamente); en la LMA fue en el mes de octubre (448 organismos) y en la LME el mes de mayo (685). Los valores máximos se obtuvieron en el mes de abril en las 4 zonas (9,716 org. en la LV-A, 31,849 org. en la LV-B, 10,950 org. en LMA y 2,363 org. en la LME).

De manera general la mayor abundancia se registró en la zona LV-B, seguida de la LMA, LME y LV-A.



GRAFICA 4. VARIACION MENSUAL DE LA ABUNDANCIA DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

En la zona LV-A Limnodrilus hoffmeisteri representó los valores más elevados de la abundancia total durante el presente estudio (67.82% en junio al 100% en agosto), seguido de Tanytus sp. y Chironomus sp.1 que alternaron con 31.31% en junio y 29.64% en julio respectivamente.

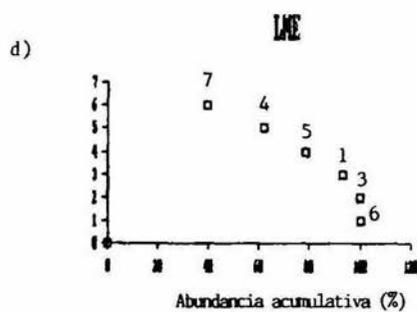
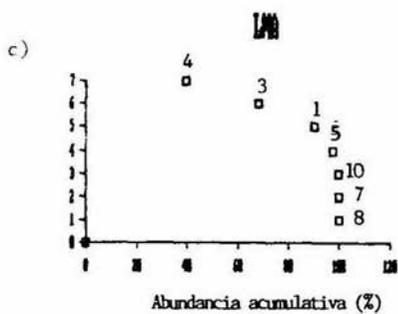
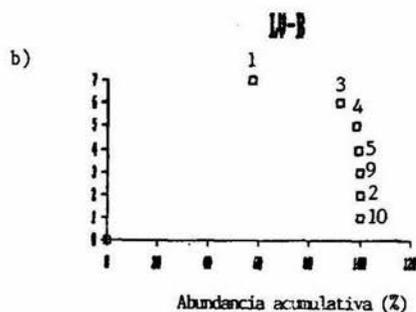
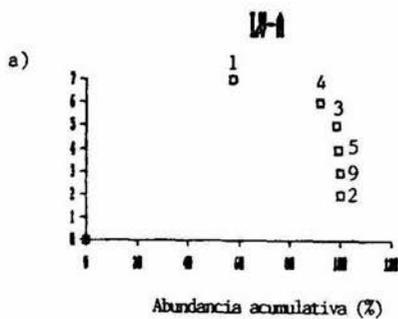
En la zona LV-B Limnodrilus hoffmeisteri representó los porcentos más altos de la abundancia total en el periodo comprendido de mayo a octubre (60.43% en agosto a 67.12% en octubre) y Tanytus sp. contribuyó con 50.66% de la abundancia total del mes de abril seguido de Limnodrilus hoffmeisteri con el 47.02%.

Chironomus sp. 1 y Tanytus sp. representaron los mayores valores de la abundancia total de la zona LMA (47.99% en octubre a 72.34% en abril seguidos de Limnodrilus hoffmeisteri que representó el 17.72% en abril a 46.40% en octubre).

Chaoborus sp. fue la especie más abundante en la zona LME en cuatro de los siete meses estudiados (abril, mayo, junio y octubre) en donde representó el 63.32%, 42.77%, 69.74% y 56.67% de la abundancia total respectiva. En julio y agosto la especie más abundante fue Chironomus sp.1 (29.50% y 48.81%) y Chironomus sp.2 en el mes de septiembre (35.51%).

En la zona LV-A Limnodrilus hoffmeisteri y Chironomus sp.1 constituyeron el 98.22% de la abundancia total (Gráfica 5a); Limnodrilus hoffmeisteri y Tanytus sp. en la zona LV-B sumaron el 91.96% de la abundancia total (Gráfica 5b); en la zona LMA, el 90.25% de la abundancia total lo representaron Limnodrilus hoffmeisteri, Tanytus sp. y Chironomus sp.1 (Gráfica 5c) y, en la zona LME Chaoborus sp., Chironomus sp.1 y Chironomus sp.2 sumaron el 78.71% de la abundancia total (Gráfica 5d).

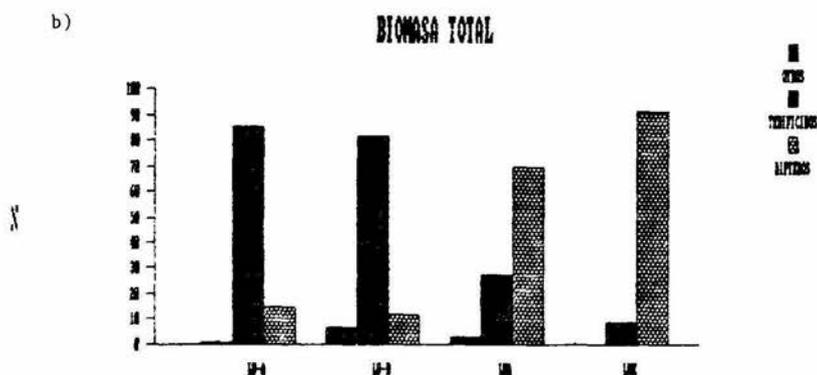
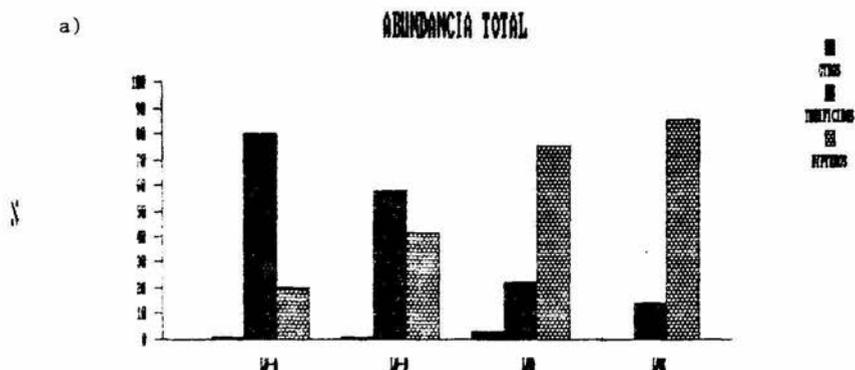
Los oligoquetos constituyeron el mayor porcentaje de la abundancia total de las zonas LV-A y LV-B (30.07% y 57.57% respectivamente) y los dípteros en las zonas LMA y LME (75.51% y 86.48%) (Gráfica 6).



GRAFICA 5. ABUNDANCIAS ESPECIFICAS Y ACUMULATIVAS EN LAS ZONAS LV-A (a), LV-B (b), LMA (c) Y LME (d) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

- 1.- L. hoffmeisteri
- 2.- B. sowerbyi
- 3.- Tanytus sp.
- 4.- Chironomus sp.1
- 5.- Chironomus sp.2

- 6.- Parachironomus sp.
- 7.- Chaoborus sp.
- 8.- P. Dispersipiona sp.
- 9.- Helobdella sp.
- 10.- H. azteca



GRAFICA 6. CONTRIBUCION PORCENTUAL DE OLIGOQUETOS, DIPTEROS Y OTROS ORGANISMOS A LA ABUNDANCIA (a) Y A LA BIOMASA (b) TOTAL EN LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC

FRECUENCIA

En la zona LV-A Limnodrilus hoffmeisteri se presentó en los siete meses de muestreo, Chironomus sp.1 en seis, Tanypus sp. en cinco, Chironomus sp.2 en cuatro, Helobdella sp. en dos y Branchiura sowerbyi en uno (Tabla 4).

En la zona LV-B Limnodrilus hoffmeisteri, Tanypus sp. y Chironomus sp.1 se presentaron en los siete muestreos; Chironomus sp.2 en seis, Helobdella sp. en cinco, Branchiura sowerbyi en tres y Hyalella azteca en uno (tabla 4).

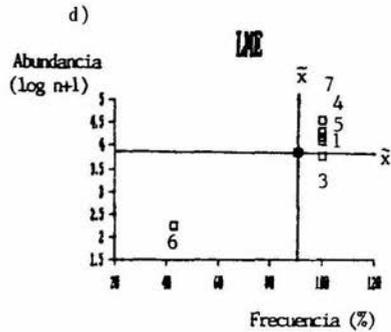
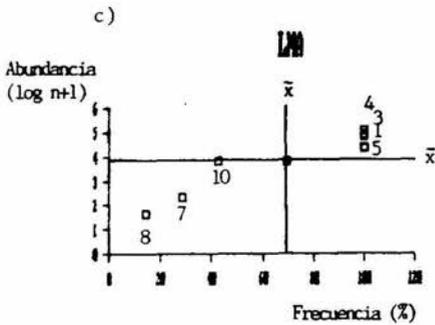
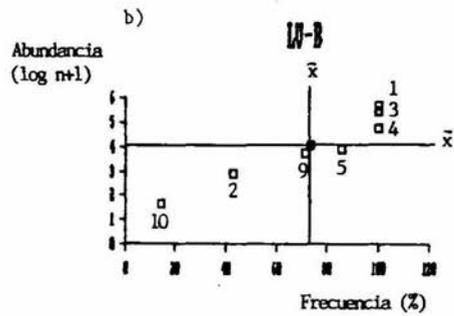
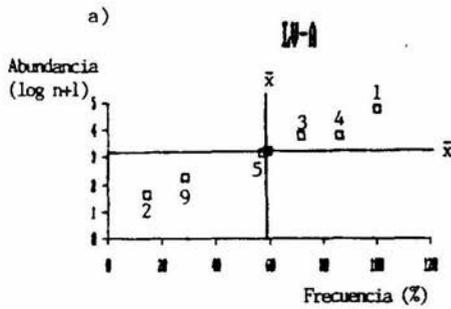
ESPECIE	LV-A amjjaso	LV-B amjjaso	LMA amjjaso	LME amjjaso
1.- <u>Limnodrilus hoffmeisteri</u>	*****	*****	*****	*****
2.- <u>Branchiura sowerbyi</u>	*-----	*---**	-----	-----
3.- <u>Tanypus</u> sp.	**---**	*****	*****	*****
4.- <u>Chironomus</u> sp. 1	****--*	*****	*****	*****
5.- <u>Chironomus</u> sp. 2	**---**	*-----	*****	*****
6.- <u>Parachironomus</u> sp.	-----	-----	-----	*-*-*-
7.- <u>Chaoborus</u> sp.	-----	-----	*-*-*	*****
8.- <u>Piona (Dispersiona)</u> sp.	-----	-----	*	-----
9.- <u>Helobdella</u> sp.	**-----	*-***	-----	-----
10.- <u>Hyalella azteca</u>	-----	---*-	***-----	-----

TABLA 4. PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTICOS EN LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC PARA LOS MESES DE MUESTREO.

En la LMA, Limnodrilus hoffmeisteri, Tanypus sp, Chironomus sp.1 y Chironomus sp.2, estuvieron presentes los siete meses, Hyalella azteca en tres, Chaoborus sp. en dos y Piona (Dispersiona) sp. en uno (tabla 4).

En la LME Limnodrilus hoffmeisteri, Tanypus sp, Chironomus sp.1, Chironomus sp.2 y Chaoborus sp. se presentaron en los siete muestreos y Parachironomus sp. en tres (tabla 4).

Limnodrilus hoffmeisteri se consideró una especie dominante por sus elevados valores de abundancia en las zonas LV-A, LV-B, LMA y LME (61767, 479096, 65646 y 13233 organismos respectivamente) y por su frecuencia que fue del 100 % en las 4 zonas (Gráfica 7). Se encontró en todo tipo de fondos, lodo, limo, limo arenoso, arena lodosa y lodo arcilloso con 9 a 34 % de materia orgánica. Organismo reportado tanto en cuerpos de agua no contaminados como en fuertemente contaminados (Slepukhina, 1984). Es una especie muy tolerante y resistente a todo tipo de contaminante.



GRAFICA 7. DIAGRAMAS DE OMSTED Y TUCKER DE LAS ZONAS LV-A (a), LV-B (b), LMA (c) Y LME (d) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

- 1.- L. hoffmeisteri
- 2.- B. sowerbyi
- 3.- Tanytus sp.
- 4.- Chironomus sp.1
- 5.- Chironomus sp.2

- 6.- Parachironomus sp.
- 7.- Chaoborus sp.
- 8.- P. Dispersipiona sp.
- 9.- Helobdella sp.
- 10.- H. azteca

Branchiura sowerbyi se presentó solo en las zonas LV-A y LV-B y, por sus características de abundancia y frecuencia se consideró una especie rara (43 individuos, 14.29% en la zona LV-A y 818 ind., 42,86% en la LV-B) (Gráfica 7). Se recolectó en limo y limo arenoso con un contenido de materia orgánica entre 11 y 18%. Es un tubificido cosmopolita favorecido en sustratos con alto contenido orgánico cuyo ciclo de vida se adapta a las condiciones ambientales (Casellato, 1984).

Tanytus sp. fue un organismo dominante en las zonas LV-A, LV-B y LMA por su abundancia y frecuencia (6595 ind., 71.43% ; 287543 ind., 100% y 84612 ind., 100% respectivamente) y constante en la LME (6078 ind., 100%) (Gráfica 7). Se localizó sobre todo tipo de sustrato, lodo, limo, limo arenoso, arena lodosa y lodo arcilloso con una amplia variación de materia orgánica (7 a 34 %). Las larvas de éste género habitan generalmente sedimento suave de aguas someras lenticas en regiones de clima cálido o templado (Fittkau y Ruback, 1983 *in* Bass, 1986 b).

Chironomus sp.1 estuvo presente como un organismo dominante en las cuatro zonas (gráfica 7). En la LV-A se registraron 7112 individuos con 85.71% de frecuencia, en las zonas LV-B, LMA y LME la frecuencia fue del 100% y la abundancia fue mayor (51983, 116896 y 20475 individuos respectivamente). Se presentó en todo tipo de sustrato, lodo, limo, limo arenoso, arena lodosa y lodo arcilloso con contenido de materia orgánica entre 9 y 34 %. La larva de éste género tolera un elevado rango de condiciones ambientales y tiene una amplia distribución mundial (Beck, 1977 y Pinder y Riess, 1983 ambos *in* Bass, 1986).

Chironomus sp.2 en la zona LV-A fue un organismo raro (1508 ind., 57.14% de frecuencia) y en la LV-B constante (8277 ind., 85.71%) mientras que en las zonas LMA y LME se consideró un organismo abundante (21811 y 15345 individuos respectivamente, ambos con el 100% de frecuencia (gráfica 7).

Parachironomus sp. solamente se encontró en la zona LME y se consideró un organismo raro por sus bajos valores de abundancia y frecuencia (172 individuos y 42.86 %) (Gráfica 7). Se presentó en sustrato de limo con 32-34% de materia orgánica. Este género habita bajo condiciones ambientales muy variadas y ocupa diferentes posiciones tróficas, como predadores o parásitos (Beck, 1977, Pinder y Riess, 1983 y Coffman, 1978 todos *in* Bass, 1986), es omnívoro (Vaughn, 1982) y presenta una amplia distribución mundial (Bass, 1986).

Chaoborus sp. fue un organismo raro en la zona LMA por su reducida abundancia y frecuencia (215 ind., 29.57%) y en la zona LME fue dominante (36249 ind., 100%); estuvo ausente en las zonas LV-A y LV-B (gráfica 7). Se encontró en fondos lodosos, limosos y limo arenosos con 15 a 34 % de materia orgánica. Es un organismo ampliamente distribuido que habita todo tipo de cuerpos acuáticos lenticos (Pennak, 1978).

Piona (Dispersipiona) sp. solamente se encontró en la zona LMA con una reducida abundancia y frecuencia por lo que se consideró un organismo raro (43 ind., 14.29%) (Gráfica 7). Encontrado en sustrato de limo con 23% de materia orgánica.

Helobdella sp. fue un organismo raro presente en las zonas LV-A y LV-B con valores de abundancia y frecuencia tendientes a ser reducidos (172 ind., 28.57% y 5861 ind., 71.43% respectivamente) y ausente en las zonas LMA y LME (Gráfica 7). Presente en sustrato de lodo, limo y arena lodosa con contenido de materia orgánica entre 9 y 25%. Es un género asociado a condiciones de contaminación. Generalmente se alimenta de caracoles, oligoquetos o crustáceos pequeños como Hyalella azteca (Sawyer, 1974).

Hyalella azteca fue una especie encontrada en las zonas LV-B y LMA que por su reducida abundancia y frecuencia fue considerada como rara (43 ind., 14.29% y 8610 ind., 42.86% respectivamente), en las zonas LV-A y LME estuvo ausente (Gráfica 7). Se encontró en sustrato lodo arcilloso, lodoso y limoso con un contenido de 22 a 27% de materia orgánica. Especie común en todo tipo de aguas dulces y de amplia distribución. Se encuentra en aguas alcalinas y salobres a pesar de que la mayoría de los anfipodos se restringen a aguas con contenido de carbonatos de bajo a medio (Pennak, 1978).

DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD

La diversidad máxima (H'_{max}) en la zona LV-A (Gráfica 8c), fluctuó en un intervalo de 1 a 2.81, en la LV-B de 2.00 a 2.81, en la LMA de 2.32 a 2.81 y en la LME de 2.58 a 2.81. La zona LME presentó el valor medio más elevado (2.68 ± 0.12) seguida de la LV-B (2.59 ± 0.32), LMA (2.54 ± 0.17) y la LV-A que presentó el valor medio más bajo (2.09 ± 0.62).

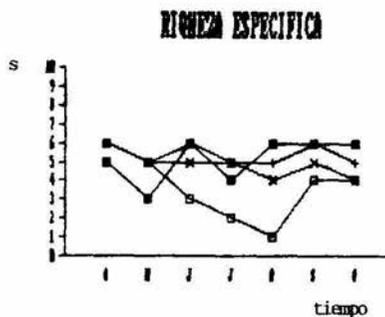
La diversidad (H') presentó valores en un intervalo de 0.04 a 1.14 para la zona LV-A (Gráfica 8b), 1.1 a 1.52 en la LV-B, 1.69 a 1.98 en LMA y 1.38 a 2.22 para la zona LME. Los valores medios estimados fueron 0.77 ± 0.38 ; 1.29 ± 0.15 ; 1.79 ± 0.09 y 1.85 ± 0.32 para las zonas LV-A, LV-B, LMA y LME respectivamente.

La proporción H'_{max}/H' fue:

ZONA	H'_{max}	H	PROPORCION H'_{max}/H'
LV-A	2.09	0.77	2.71
LV-B	2.59	1.29	2.01
LMA	2.54	1.79	1.42
LME	2.68	1.85	1.45

La equitatividad (e) (Gráfica 8d), fluctuó entre 0.04 y 0.63 en la zona LV-A, 0.44 y 0.55 en LV-B, 0.6 y 0.77 en la LMA y 0.49 a 0.86 en la LME. Los valores promedio fueron de 0.36 ± 0.19 , 0.5 ± 0.05 , 0.71 ± 0.06 y 0.69 ± 0.13 respectivamente.

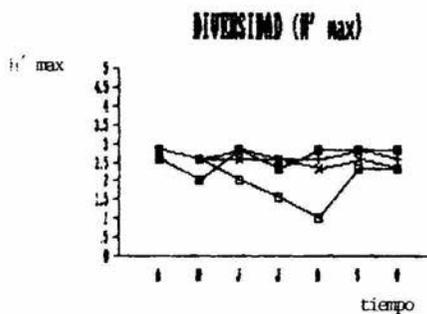
a)



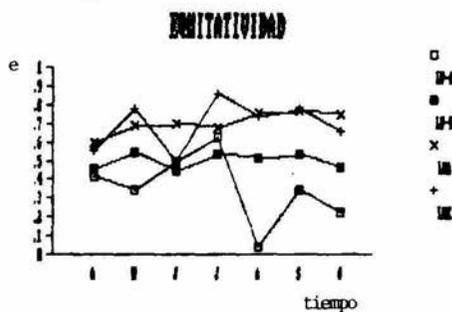
b)



c)



d)



GRAFICA 8. VARIACION MENSUAL DE a) RIQUEZA ESPECIFICA , b) DIVERSIDAD , c) DIVERSIDAD MAXIMA Y d) EQUITATIVIDAD EN LAS ZONAS LV-A, LV-B, LMA Y LME DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

BIOMASA

La biomasa total expresada como peso seco libre de cenizas fluctuó en la zona LV-A entre 0.0313 g/m² (julio) y 4.6724 g/m² (abril), en la LV-B entre 1.0808 g/m² (julio) y 4.3552 g/m² (abril), de 0.0819 g/m² (septiembre) a 1.1932 g/m² (abril) en la zona LMA y de 0.1561 g/m² (junio) a 0.5275 g/m² (abril) en la LME.

La biomasa promedio de la zona LV-A fue de 0.8871 ± 1.6770 g/m², en la LV-B de 1.9035 ± 1.1141 g/m², en la zona LMA de 0.4830 ± 0.3741 g/m² y en la LME de 0.2767 ± 0.1333 g/m².

Se observó en los lagos de Chapultepec, de manera general, una tendencia decreciente en los últimos meses de muestreo (Gráfica 9) de manera similar a lo observado con la abundancia (Gráfica 5).

En la zona LV-B la biomasa de oligoquetos con respecto a la abundancia fue mayor debido a la presencia de un considerable número de organismos de Branchiura sowerbyi cuya aportación a la biomasa es mucho mayor que la de Limnodrilus hoffmeisteri. La biomasa de los otros organismos bénticos también fue mayor con respecto a la abundancia en esta zona, lo que se atribuye a la presencia de organismos de Helobdella sp. de tamaño considerable cuya aportación a la biomasa fue mayor que a la abundancia.

En las zonas LV-A y LV-B los oligoquetos constituyeron el mayor porcentaje de la biomasa total (85.10% y 82.02% respectivamente), seguidos de los dípteros con 14.64% en la LV-A y 11.72% en la LV-B y finalmente los otros organismos (0.25% y 6.26% respectivamente) (Gráfica 7b).

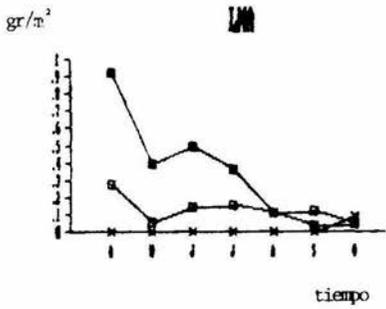
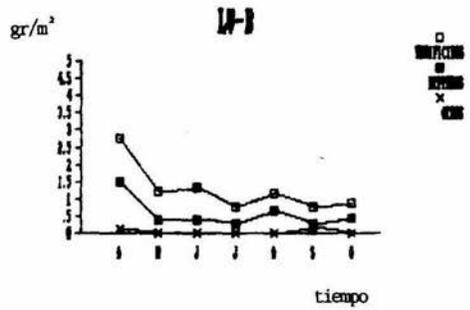
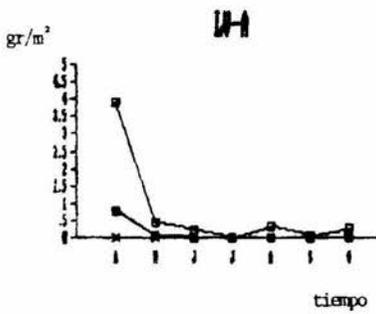
En las zonas LMA y LME los organismos dominantes de la biomasa total fueron los dípteros (69.98% y 91.54% respectivamente), seguidos de los oligoquetos con 27.11% en la LMA y 8.46% en la LME. En la zona LMA los demás organismos bénticos colaboraron con 2.91% de la biomasa total mientras que en la LME no se registraron otros organismos.

La biomasa promedio de oligoquetos fue de 0.7550 ± 1.3824 g/m² en la zona LV-A, 1.2713 ± 0.6796 g/m² en la LV-B, 0.1310 ± 0.0752 g/m² y 0.0234 ± 0.0101 g/m² en la LME. La de dípteros fue de 0.1299 ± 0.2899 g/m², 0.5768 ± 0.4234 g/m², 0.3380 ± 0.3154 g/m² y 0.2533 ± 0.1381 g/m² para las zonas LV-A, LV-B, LMA y LME respectivamente. Finalmente, el resto de los organismos aportaron una biomasa promedio de 0.0022 ± 0.0055 g/m² para la zona LV-A, de 0.0554 ± 0.0808 g/m² para la LV-B y 0.0141 ± 0.0363 g/m² para la zona LMA.

En los lagos de Chapultepec se registraron coeficientes de correlación elevados entre la abundancia total de organismos y la biomasa respectiva. Para la zona LV-A, $r = 0.9973$ (tubificidos, $r = 0.9967$ y dípteros, $r = 0.9971$); para la LV-B, $r = 0.9863$ (tubificidos, $r = 0.9525$ y dípteros, $r = 0.9934$); para la LMA, $r = 0.9776$ (tubificidos, $r = 0.9056$ y dípteros, $r = 0.9749$); y para la zona LME, $r = 0.8758$ (tubificidos, $r = 0.8596$ y dípteros, $r = 0.9686$).

Falta página

N° 29



GRAFICA 9. VARIACION MENSUAL DE LA BIOMASA (expresada como peso seco libre de cenizas) DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC.

DISCUSION

DINAMICA FISICO-QUIMICA

Los lagos de Chapultepec fueron considerados por sus características físico-químicas y biológicas como cuerpos de agua altamente eutrofizados.

Las características físico-químicas de los lagos de Chapultepec fueron similares en cantidad de nutrimentos, de clorofila "a" y transparencia (expresada por el disco de Secchi) a lagos considerados eutróficos como los reportados por Barroin (1980) para el lac du Morillon, Francia, por Chapman (1980) en el lago Waahi, Nueva Zelanda, por Rippey y Rippey (1986) para dos lagos en Irlanda del Sur; por Cowel et.al. (1987) en el lago Brooker, Estados Unidos e Istvanovics et.al. (1986) en una zona del lago Balaton, Hungría, entre otros.

Los Lagos de Chapultepec reciben el efluente de la Planta de Tratamiento Secundario de Aguas Residuales de Chapultepec lo que resulta un factor muy importante en el proceso de eutrofización debido al aporte elevado de nutrimentos (principalmente fósforo y nitrógeno), característico de estas plantas, que promueven un aumento desmedido de la producción primaria. Debido a lo anterior se modifica el sistema acuático desde el punto de vista físico-químico y biológico. Algunos organismos se adaptarán y florecerán bajo esas nuevas condiciones y otros se verán desplazados.

Una de las principales consecuencias de la eutrofización en los lagos de Chapultepec deriva de la acumulación excesiva de algas en el sedimento, y que son consumidas en gran escala por microorganismos descomponedores que a su vez provocan desequilibrios en el balance de oxígeno. Se induce una demanda biológica de oxígeno, acumulación de sedimentos orgánicos y condiciones de anaerobicidad (Branco, 1984).

El fósforo es uno de los elementos nutritivos más importantes considerado junto con el nitrógeno como uno de los factores principales de la eutrofización (Merrill, et.al. 1980). Una fracción importante del fósforo que entra en los lagos es finalmente depositado en el sedimento con la descomposición orgánica y otra parte es exportada por los efluentes.

El fósforo es generalmente el nutrimento que controla la productividad primaria en los lagos (Sakamoto, 1966 y Lund, 1970 in Rippey y Rippey, op.cit.). En los de Chapultepec, se registraron mayores cantidades de fósforo que de nitrógeno (Tabla 1) presumiblemente por las descargas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chapultepec. Por lo anterior, el nitrógeno es considerado el elemento limitante de la productividad primaria de los lagos de Chapultepec, como se ratifica de acuerdo a los criterios de Gerloff y Skoog, 1954 (in

Branco, 1984) quienes demostraron que al eliminar el nitrógeno se limita la cantidad de algas en los lagos ya que éstas necesitan mayor cantidad de nitrógeno que de fósforo.

El nitrógeno puede obtenerse a partir del aire atmosférico. En un lago que ha iniciado el proceso de eutrofización florecen algas fijadoras de nitrógeno como Anabaena ó Aphanizomenon y más tarde, al intensificarse la eutrofización estos géneros son sustituidos por cianofitas que no fijan nitrógeno del aire sino que utilizan el amoníaco como Microcystis. Dicho fenómeno posiblemente ocurrió en los lagos de Chapultepec en donde se registró una dominancia del género Microcystis (Alcocer, 1988). Además cuando se presentan altas concentraciones de fósforo (como ocurrió en Chapultepec) se da una reducción de los nitratos a amoníaco (Banoub, 1980) y, aunado a esto existe un aumento de la fuente de alimento para el alga dominante (Microcystis).

Las concentraciones de fósforo total en los lagos de Chapultepec fueron elevadas ($1.18 \pm .10$ mg/l para el lago Viejo, $1.99 \pm .25$ mg/l en el lago Mayor y $1.74 \pm .19$ mg/l en el lago Menor). En lagos considerados eutróficos como el Brooker (Cowel *et al.*, 1987) y el Monroe (Arshad *et al.*, 1988) en Estados Unidos se registraron valores de 0.24 ± 0.04 mg de P/l y 0.21 ± 0.09 mg de P/l respectivamente, por lo que los de Chapultepec ya se consideran lagos fuertemente eutróficos si se compara con el lago Trehorningen en Suecia altamente eutrófico reportado por Ryding (1982) con 1.7 mg P/l.

En lo referente a concentraciones de clorofila "a", los lagos de Chapultepec no alcanzaron los valores registrados para lagos hipetróficos como el Naán en Israel (Dor *et al.*, 1987) con 800 mg/m³ ó el Devil, Estados Unidos (Mercil *et al.*, 1980) con 837 mg/m³; sin embargo la producción fitoplanctónica medida por la concentración de clorofila "a" fue muy elevada (388.64 ± 18.48 mg/m³ en la zona LV-A; 515.28 ± 61.52 mg/m³ en la LV-B; 342.14 ± 18.59 en la LMA y 442.48 ± 206.53 en la LME). Estos valores de clorofila "a" se dan durante los florecimientos algales principalmente de cianofíceas que son las que regulan la relación entre fósforo y nitrógeno (Margalef, 1983). La relación N/P en los lagos de Chapultepec favoreció al fósforo, es decir que la cantidad de nitrógeno fue menor, lo que promovió el desarrollo de cianofíceas que introdujeron nitrógeno al sistema para regularlo. A pesar de las bajas concentraciones de nitrógeno la producción primaria es elevada debido a los bajos requerimientos de las cianofíceas (Zevenboom y Mur, 1990). Sin embargo, muy elevadas cantidades de fósforo, como sucedió en los lagos de Chapultepec, conllevan un incremento desmedido de algas que en lugar de regular el sistema lo modifican guiándolo a la eutrofia.

La descomposición orgánica llevada a cabo en el sedimento de los lagos de Chapultepec originó una disminución de oxígeno disuelto en las capas bálticas (presumiblemente de espesor reducido debido a la poca profundidad) que formó un estado de bajas concentraciones de oxígeno disuelto o incluso la anaerobiosis. Dicho estado se verificó por la presencia de organismos (Oligoquetos y dípteros) característicos de ambientes con bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

La calidad del agua de un cuerpo acuático se establece con base en su uso. Los lagos de Chapultepec están destinados para la utilización recreativa de los miles de visitantes que lo frecuentan día con día. Debido a lo anterior, el agua de estos lagos debe cubrir ciertos requisitos que estipula la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en la legislación relativa al agua y su contaminación (1984).

En dicha legislación las aguas de los lagos de Chapultepec están ubicadas dentro de la clasificación DII (agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora y fauna y usos industriales), dentro de la cual se estipulan los intervalos admisibles para algunos parámetros físico-químicos: pH (6-9), temperatura (las condiciones naturales $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (concentraciones mínimas de 4 mg/l), nutrientes (fósforo y nitrógeno que no deben existir en cantidades tales que provoquen hiperfertilización) y materia flotante (ausente), entre otros.

El pH registrado en los lagos de Chapultepec fluctuó entre 8.99 y 9.67 por lo que sobrepasa el límite permitido para el uso de estas aguas.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en la superficie estuvieron dentro del margen permitido (11.00 \pm 0.50 mg/l en el lago Viejo, 13.67 \pm 0.52 en el lago Mayor y 11.63 \pm 1 mg/l en el lago Menor), sin embargo se sospechó por la presencia de organismos benthicos tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, la existencia de periodos de anoxia nocturnos en las capas cercanas al sedimento.

El problema de los nutrientes en los lagos de Chapultepec es el más importante al ser el que desencadena una serie de factores que modifican el ambiente y guían al sistema al estado de eutrofia avanzado en el que se encuentra actualmente. Las concentraciones de fósforo y nitrógeno registradas no cumplen con lo estipulado en la legislación, con lo que se sobrepasa el límite que provoca la hiperfertilización y con ello se incrementa la cantidad de materia flotante y cambian el color, olor y sabor naturales de las aguas de estos lagos. Además, la producción planctónica elevada en los lagos se considera indeseable desde el punto de vista estético y turístico (Margalef, 1983).

Así mismo, los valores de pH aumentaron como consecuencia de la elevada actividad fotosintética la que redujo la concentración de dióxido de carbono libre de las capas superficiales, al ser éste uno de los principales nutrientes requerido para el crecimiento de las algas (Kuentzel, 1969).

El tipo de sustrato es uno de los factores que determinan la distribución de la macrofauna benthica de los lagos (Parkin y Stahl, 1981). Los sedimentos de los cuerpos acuáticos pueden ser autóctonos, cuando se producen en el cuerpo mismo por procesos biológicos o físico-químicos que los separan del agua o alóctonos cuando han sido introducidos al lago por fuentes externas (Ruttner, 1963; Wetzel, 1975). En los lagos de Chapultepec una fuente importante de aporte de sedimentos fue la producción primaria (fuente autóctona) debido a la elevada producción de sus aguas como lo comprueban las elevadas

concentraciones de clorofila "a" (Tabla 1). Aunado a esta, fuentes alóctonas de aporte sedimentario fueron los proporcionados por la planta de tratamiento de aguas residuales de Chapultepec y arboledas de la periferia y, solamente para el caso del lago Viejo, los aportes via río Hondo (Alcocer, 1988).

La fase orgánica del sedimento, a diferencia de la mineral o inorgánica se origina al precipitarse y depositarse las partículas biogénicas, de origen autóctono o alóctono, que van a originar el alimento del cual va a depender la fauna béntica (Newrkla y Wijegoonawardana, 1987).

El tipo de sedimento de los lagos Viejo y Mayor fue predominantemente autóctono y denominado gyttja (copropel) de algas mientras que el del lago Menor fue predominantemente alóctono y clasificado como dy (sápropel), propio de aguas poco fértiles ricas en materiales húmicos, suave y más acuoso que el gyttja (Alcocer, op.cit.).

En las zonas LV-B y LMA hubo una entrada reducida de materia orgánica que estuvo además sujeta a procesos de mezcla intensa (actividad de remo) que mantuvieron sus características de eutrofia.

En la LME existió un aporte desmedido de materia orgánica alóctona y procesos de mezcla reducidos, con lo que se origino la evolución de eutrofia a distrofia que se reflejó en la fauna béntica escasa.

En la zona LV-A también existió un aporte al sedimento de materia orgánica alóctona y procesos de mezcla reducidos, lo que genero una evolución del sistema sedimentario del tipo característico de eutrofia a una incipiente distrofia, lo cual se reflejó en la abundancia y diversidad reducidas que se registraron en este estudio.

La variación temporal reducida posiblemente fue producto del fenómeno de eutrofización como enmascarador de las variaciones fisico-químicas producto del tiempo por un lado, y por otro por el aporte de agua de los lagos que presentó características similares todo el año.

DINAMICA BIOLÓGICO-ECOLÓGICA

Las características ecológicas determinadas para la macrofauna béntica de los lagos de Chapultepec ratificaron su estado de eutrofia. La riqueza específica fue baja y la abundancia estuvo dentro del intervalo registrado para cuerpos acuáticos eutróficos. La composición de la macrofauna béntica estuvo dominada por anélidos tubificidos e insectos dípteros, organismos característicos de ambientes eutróficos en los que la elevada cantidad de materia orgánica promueve procesos de descomposición y crea un ambiente pobre en oxígeno (Newrkla y Wijegoonawardana, op.cit.).

La comunidad béntica de los lagos de Chapultepec fue similar a la encontrada en lagos fuertemente eutrofizados como el Esrom, Dinamarca (Jónasson, 1969), Thonotassasa, Estados Unidos (Cowell y Vodopich, 1981), Lemán y Neuchatel, Suiza (Lang, 1984), Zbecny, Polonia (Kasprzak, 1984), Belgavies, Escocia (Harper, 1986), Glubokoe, Rusia (Sokolova e

Izvekova, 1986), Brooker, Estados Unidos (Cowell et al., 1987), Mondsee, Austria (Newrkla y Wijegoonawardana, 1987) y Carska Bara, Yugoslavia (Fujin, et al., 1987), entre otros.

El aporte inmoderado de nutrientes en los lagos de Chapultepec provocó la homogenización del sustrato y conjunto con la falta de vegetación acuática macrofítica, característica de las zonas litorales (que fue eliminada artificialmente debido a la remodelación), se dió una disminución de nichos ecológicos, un aumento en la competencia entre las especies y por ende una reducción en la riqueza específica (Alcocer, 1988).

La presencia de vegetación acuática en un lago aumenta el número de nichos ecológicos lo que permite la existencia de una mayor cantidad de especies como propone Jónasson (1969) para el lago Esrom, Dinamarca, en el que la distribución de las macrofitas determinó la variedad y la abundancia de algunos grupos bénticos al dar éstas un sustrato física y químicamente óptimo.

En los lagos de Chapultepec se estableció una fauna béntica compuesta, prácticamente, por quironómidos y tubificidos; tal vez este hecho fue debido a la ausencia de vegetación acuática como lo sugiere Jónasson (op.cit.) para el lago Esrom, Dinamarca. Lo anterior podría apoyarse por el hecho de haber colectado en el canal de salida del lago Viejo organismos no presentes en el Lago como el gasterópodo Physa y los hirudíneos Mooreobdella microstoma y Percymoorensis caballeroi, entre otros (Alcocer, op.cit.), sitio donde parte de la vegetación terrestre se aloja dentro del agua.

La disminución en la diversidad de hábitats asociado a la ausencia de vegetación acuática y que origina un sustrato homogéneo permite el desarrollo de gran número de oligoquetos que, con el tiempo, llegan a desplazar a otros organismos y reducir la diversidad de las especies bénticas (Slepukhina, 1984).

Jónasson (op.cit.) describe el proceso de evolución de un sustrato con gran cantidad de microhábitats a uno homogéneo como consecuencia del incremento en la producción fitoplanctónica y éste se puede aplicar en los lagos de Chapultepec de la siguiente manera. El aporte inmoderado de nutrientes provocó el crecimiento desmedido de algas lo cual favoreció la disminución de la transparencia y la penetración de la luz superficial del Lago. La elevada cantidad de algas que mueren y se precipitan al fondo, crearon un sustrato lodoso uniforme rico en materia orgánica e inconsistente en el cual la fauna dominante quedó constituida por organismos capaces de horadar este sustrato y sobrevivir dentro de él.

Los oligoquetos son un ejemplo de este tipo de organismos, ya que son invertebrados que contienen hemoglobina [pigmento cuya función es reservar el oxígeno para que el animal pueda sobrevivir en condiciones de anoxia temporal (Pennak, 1978)] y que, además, son resistentes a todo tipo de contaminante (Brinkhurst, 1966, 1980; Aston, 1973; Howmillier y Scott, 1977; todos in Lafont, 1984).

Las larvas de los insectos quironómidos (segundo grupo de macroinvertebrados bénticos dominantes de fondos lacustres eutróficos) son acuáticas de respiración cutánea ó por medio de branquias ventrales localizadas en el penúltimo segmento abdominal (Fennak, 1978). Poseen hemoglobina disuelta en la hemolinfa lo que les permite sobrevivir en este tipo de sustrato y recobrase más rápidamente de las condiciones de bajas concentraciones de oxígeno (Jónasson, 1969; Margalef, 1983; Roback, 1974). Además construyen tubos verticales o en forma de "U" en el sedimento que se elevan más o menos sobre éste para alimentarse del fitoplancton y otro material detrítico de sedimentación reciente por medio de filtros (Margalef, op.cit.).

El conjunto de modificaciones descritas por Jónasson (op.cit.), provoca cambios en el ambiente que se reflejan en la cantidad de oxígeno, factores químicos y aspectos tróficos (comida y hábitos alimenticios) que afectan a toda la comunidad béntica lacustre y esto, al paso del tiempo hace desaparecer muchos grupos, florecer otros y aparecer nuevos.

Con la remodelación que se llevó a cabo en el lago Viejo de Chapultepec a mediados de siglo, se eliminó por completo la flora macrofítica y la producción primaria total del Lago quedó a cargo del fitoplancton. El proceso de eutrofización, que ya se había vislumbrado anteriormente (Anónimo, 1935-1936), fue generando un sustrato uniforme que, aunado a la ausencia de vegetación macrofítica, originó una disminución de microhábitats y de especies.

La riqueza específica es un parámetro ecológico que disminuye conforme aumenta el grado de eutrofización de un lago ya que esto conlleva a la formación de sedimentos ricos en materia orgánica en los que la variedad de especies es mínima (Margalef, op.cit.).

En los lagos Mayor y Menor el proceso de eutrofización se inició desde su creación al ser alimentados éstos por agua rica en nutrimentos. Con el tiempo se ha favorecido la formación de sustratos homogéneos y la implantación de la fauna béntica característica.

La baja riqueza específica registrada en los lagos de Chapultepec podría atribuirse también a sus dimensiones reducidas. Se ha observado que, bajo las mismas condiciones, a mayor área superficial del cuerpo acuático mayor es la riqueza específica (Browne, 1981 in Alcocer, 1988).

Las fluctuaciones observadas en la riqueza específica para la época de lluvias (Abril-Octubre) (Gráfica 3) no estuvieron relacionadas con la variación físico-química ya que ésta fue reducida (Gráfica 2) como se mencionó con antelación, sino que se atribuyó a la inclusión de especies raras que fueron poco abundantes y poco frecuentes por lo que no se puede considerar que dichas fluctuaciones fueran estacionales como proponen Parkin y Stahl (1981) para el lago Baldwin, Estados Unidos.

Los grupos de organismos que dominan la macrofauna béntica de un lago eutrófico son los oligoquetos tubificidos y los insectos quironómidos (Cowell y Vodopich, 1981; Sokolova e Izvekova, 1986; Newkela y Wijegoonawardana, 1987).

En los lagos de Chapultepec, los oligoquetos (Tubificidae) y dipteros (Quironomidae y Chaoboridae) fueron los componentes faunísticos dominantes. Estos conforman la comunidad característica de otros lagos eutróficos como lo indican los resultados obtenidos por Jónasson (1969), Moss (1980), Cowell y Vodopich (1981), Harper (1986), Sokolova e Izvekova (1986), Cowell et.al. (1987), Newrka y Wijewoonawardana (1987) y Yanling (1987), entre otros.

Limnodrilus hoffmeisteri fue uno de los organismos dominantes de la macrofauna béntica de los lagos de Chapultepec (Gráfica 4) y, al ser un organismo típico de los lagos eutróficos (Kasprzak, 1984; Lang, 1984; Martínez-Ansemil y Prat, 1984; Faoletti y Sambugar, 1984; Pascari-Gluzman, 1987; Probst, 1987; Fujin et.al., 1987 y Qi, 1987) confirmó su estado trófico.

Este organismo tiene preferencia por lagos con elevadas concentraciones de ortofosfatos, fósforo total y amoníaco, con un aporte elevado de fitoplancton y en sustratos limosos por lo que un ambiente con vegetación densa, alta transparencia, poca conductividad y sustrato turboso resulta desfavorable para su desarrollo (Verdonschot, 1984).

Limnodrilus hoffmeisteri está fuertemente relacionado con el grado de contaminación orgánica (Marchese, 1987) y se considera un organismo euribionte por su elevada tolerancia a diferentes factores físico-químicos (Pascari-Gluzman y Dimentmar, 1984; Verdonschot, op.cit.). Presenta una elevada amplitud trófica ya que se ha encontrado en lagos desde oligotróficos hasta eutróficos aunque siempre en estos últimos con una densidad mucho mayor (Särkkä, 1987).

La abundancia de dipteros (y en especial Chironomus sp., Tanytus sp. y Chaoborus sp.) confirmaron también el estatus trófico de los lagos de Chapultepec, al ser estos, organismos característicos de lagos eutróficos como mencionan Cowell y Vodopich (op.cit.), Parkin y Stahl (1981), Butler (1982), Smet (1982), Rasmussen (1984), Stahl (1986) y Cowell et.al. (op.cit.).

La cantidad de materia orgánica de origen fitoplanctónico y/o alóctono de los lagos de Chapultepec provocó una disminución en el oxígeno disuelto, lo que favoreció una elevada abundancia de los organismos y baja riqueza específica.

La abundancia total de organismos bénticos registrada en los lagos de Chapultepec (Apéndice 1) así como las densidades de tubificidos y quironómidos (Apéndices 2 y 3) en el presente estudio se encontraron en el intervalo normal establecido para diversos lagos eutróficos.

La densidad de la fauna béntica se incrementa conforme aumenta el estado trófico de un lago en el eje oligotrofia-eutrofia (Harper, op.cit.) y esto se verificó comparando la densidad de dipteros en las zonas eutrófica (10,920 ind./m²) y oligo-mesotrófica (210 ind./m²) del Mondsee, Austria (Newrka y Wijegoonawardana, op.cit.) con los valores de abundancia total de organismos bénticos determinados en lagos hipertróficos (Apéndice 1).

Los otros organismos que se encontraron en los lagos de Chapultepec pertenecieron a los taxa Hirudinea, Amphipoda y Acari (Hydracarina). Sus densidades fueron muy bajas (Apéndice 4), de forma similar a las registradas en ambientes béticos profundos (Jónasson, 1969; Moss, 1980).

La categoría "eutrófico" bajo la cual se enlistan muchos lagos con características físico-químicas y biológicas similares se encuentra en un intervalo ya establecido que es muy amplio. Este sistema de clasificación propicia que existan diferencias entre los lagos ubicados bajo esta misma categoría.

Lo anterior se ejemplificó en los lagos de Chapultepec, en donde la zona LV-A por su población de oligoquetos fue similar al Mondsee, Austria (eutrófico) (Newrika y Wijegoonawardana, 1987), la LV-B cuyas densidades fueron muy elevadas fue similar a el lago Esrom, Dinamarca (eutrófico) (Willoghby, 1976 *in* Alcocer, 1988), la LMA a los lagos Thonotassasa, Estados Unidos (hipertrofico) (Cowell y Vodopich, 1981) y Ladoga, Rusia (eutrófico) (Slepukhina, 1984) y la zona LME se asemejó a los lagos Zbechy, Polonia (eutrófico) (Kasprzak, 1984) y Borrevan, Noruega (eutrófico) (Okland, 1964 *in* Wetzel, 1975).

Por sus poblaciones de dípteros la zona LV-A fue similar al lago Borrevan, Noruega (eutrófico) (Okland, 1964 *op.cit.*); la LV-B a los lagos Esrom, Dinamarca (eutrófico) (Willoghby, *op.cit.*) y Dojran, Yugoslavia (eutrófico) (Sapkrave, 1975 *in* Alcocer, *op.cit.*); la LMA al Thonotassasa, Estados Unidos (hipertrofico) (Cowell y Vodopich *op.cit.*) y al Mendota, Estados Unidos (eutrófico) (Brook, 1985 *in* Alcocer, *op.cit.*) y, por último, la LME que tuvo semejanza con el lago Glubokoe, Rusia (eutrófico) (Sokolova e Izvekova, 1986) en donde la población de dípteros estuvo formada por Chaoborus flavicans (36%) y quironómidos (60%) y con el Thonotassasa, Estados Unidos, en donde Chaoborus punctipennis constituyó el 33% de la fauna bética profunda (Cowell y Vodopich, *op.cit.*). La zona LME de este estudio presentó a Chaoborus sp. como la fauna bética dominante (50% de la población de dípteros).

Los quironómidos y los oligoquetos fueron los dos grupos dominantes de la zona bética de los lagos de Chapultepec. En el proceso de evolución de un lago (eje oligotrofia-eutrofia) ocurren modificaciones en la composición porcentual de dichos grupos, producto del reemplazo de una especie por otra. Esta consiste en una reducción en el porcentaje de quironómidos y demás grupos frente a un incremento de los oligoquetos (Newrika y Wijegoonawardana, 1987) debido a las condiciones de estrés orgánico bajo las cuales los oligoquetos pueden desplazar a otros macroinvertebrados béticos (Qi, 1987).



Las proporciones de oligoquetos dipteros en el lago Viejo de Chapultepec siguieron el fenómeno antes mencionado:

ZONA	OLIGOQUETOS (%)	DIPTEROS (%)	OTROS (%)
LV-A	79.96	19.81	.23
LV-B	57.64	41.66	0.70
LMA	22.38	75.38	2.24
LME	24.13	75.87 *	0

* No se incluye a Chaoborus sp.

IZT.

La proporción oligoquetos/dipteros/otros organismos de el lago Viejo de Chapultepec fue característica de lagos eutróficos como el Erie, en la frontera de Estados Unidos y Canadá: 60/27/13 (Beeton, 1961 in Wetzel, 1975), el Washington, Estados Unidos: 51/43/6 (Tuth, 1969 in Wetzel, op.cit.), el Thonotassassa, Estados Unidos: 56.1/37.1/6.8 (Cowell y Koborich, 1981), el Gezhouba, China: 97.4/1.5/1.1, el Sanxia, China: 80.4/7 (Fanling, 1987) y el Shaia, Etiopia: 74.55/21.90/3.55 (Tudorancea y Harrison, 1988).

En los lagos Mayor y Menor de Chapultepec, la proporción oligoquetos/dipteros/otros fue similar a la de los lagos Glubokoe, Rusia: 22.40/67.76/9.81 (Sokolova e Isvekova, 1986) y Abijata, Etiopia: 4.93/80.76/1.31 (Tudorancea y Harrison, op.cit.).

Como ya se mencionó anteriormente, los oligoquetos pueden dominar la fauna benthica lacustre y desplazar a los quironómidos. En el lago Viejo de Chapultepec se observó claramente ese fenómeno probablemente debido a que el bajo metabolismo, la baja tasa de respiración y el diferente metabolismo del azufre favorece a los oligoquetos sobre los quironómidos en bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Jónasson, 1984).

Las proporciones entre oligoquetos y quironómidos pueden verse afectadas (como posiblemente sucedió en las zonas LMA y LME de los lagos de Chapultepec) por factores que favorecen el desarrollo de estos grupos como ligeras concentraciones de insecticidas que favorecen a los oligoquetos (Aston, 1973 in Slepukhina, 1984) o a la presencia de metales pesados que favorecen a los insectos (Brinkhurst, 1966, Liperouskova, 1970 in Slepukhina, op.cit.) aún cuando Chapman et.al., 1982 (in Qi, 1987) demostró que Limnodrilus hoffmeisteri (el oligoqueto dominante en los lagos de Chapultepec) tiene la capacidad de tolerar altas concentraciones de algunos metales pesados.

La fauna benthica de la zona LV-A del lago Viejo de Chapultepec estuvo dominada por Limnodrilus hoffmeisteri (detritívoro) y Chironomus sp. (detritívoro) en una proporción 88/12. Ambos organismos ocuparon nichos similares y además ambos poseen hemoglobina y realizan movimientos serpenteantes para impulsar el agua a lo largo del cuerpo (Margalef, 1983). La relación numérica entre oligoquetos y quironómidos depende, en parte, del material alimenticio disponible; los oligoquetos utilizan frecuentemente detritos autóctonos, pero las larvas de quironómidos dependen en grado mayor del fitoplancton sedimentado (Dermott et.al., 1977 in Alcocer, 1988).



La del IV-B presentó a Limnodrilus hoffmeisteri (detritívoro) y Tanytus sp. (depredador de organismos bénticos) en una proporción 63/37 que fue lo esperado para la relación depredador/presa como lo observó Smet, 1982 en el sistema de estanques interconectados de Amberes, Bélgica.

La fauna béntica de la zona LMA estuvo dominada por Chironomus sp., Tanytus sp. y Limnodrilus hoffmeisteri en la proporción 48/29/23.

En esta zona se observa que los quironómidos dominan sobre los oligoquetos. Una explicación a este hecho es la posible entrada inmoderada de nutrimentos a este lago, lo que origina cantidades de fitoplancton (producción primaria) grandes que se depositan en el sedimento, alimento principal de los quironómidos, ya que los oligoquetos utilizan con mayor frecuencia detritos alóctonos (Dermott et al., 1977 in Alcócer, 1988).

Como se mencionó anteriormente, los quironómidos y los oligoquetos presentan diferentes nichos ecológicos que, sin embargo interfieren unos con otros de diferente manera según demostraron Beattie (1982) en el Tjeukemmer, Holanda y Jónasson (1969) en el lago Esrom, Dinamarca.

Las actividades horadoras de los quironómidos dañan muchas veces a los oligoquetos o bien devoran, junto con el sedimento sus huevecillos y primeros estadios de desarrollo reduciendo la nueva generación de oligoquetos (Wetzel, 1975). Lo anterior fue considerado por Alcócer (op.cit.) como otro factor que pudo haber intervenido en la relación quironómidos/oligoquetos del LMA.

La fauna béntica de la zona LME estuvo dominada por Chaoborus sp., organismo que es considerado por Berg (1937) (in Bass y Sweet, 1984) como un depredador del zooplancton y ocasionalmente del bentos.

Este hecho se explica ya que el aporte desmedido de materia orgánica alóctona conforma un sedimento floculento, el cual induce la formación de un falso fondo con elevadas demandas de oxígeno disuelto que, como efecto colateral, provoca la dificultad para los quironómidos de construir sus cavidades y sobrevivir en ellos (Maitland et al., 1972 y Jónasson y Lindergaard, 1979 ambos in Beattie, op.cit.) y un sedimento no favorable para el desarrollo de los oligoquetos (Grigelis, 1984).

En estos periodos prolongados de anoxia o escasés de oxígeno, los oligoquetos y quironómidos (habitantes típicos de fondos profundos eutróficos) se ven desplazados por la larva migradora de Chaoborus sp. Esta larva, por mecanismos adaptativos respiratorios aún no entendidos (Jónasson, op.cit.) puede pasar las horas iluminadas protegiéndose de sus depredadores (principalmente peces) en este refugio anóxico y aun así ser muy productivo [Juday, 1921 y Cole, 1983 (in Bass y Swet, op.cit.) reportan 90,000 org/m²].

Limnodrilus hoffmeisteri, Chironomus sp. y Chaoborus sp. son especies características del fondo de lagos eutróficos que por su alto contenido de materia orgánica presentan bajas concentraciones de oxígeno disuelto

o periodos temporales de anoxia (Lang, 1984; Martinez-Ansemil y Prat, 1984; Paoletti y Sambugar, 1984; Slepukhina, 1984; Verdonschot, 1984; Marchese, 1987; Probst, 1987; Qi, 1987).

Las diferencias observadas en la densidad de la fauna béntica están asociadas directamente con la disponibilidad de alimento [Producción primaria (Hilsenhoff, 1966 *in* Beattie, 1982; Gray, 1981 *in* Levinton *et. al.*, 1984; Rasmussen, 1984; Newrkla y Wijegoonawardana, 1987)]; oxígeno disuelto (Prejs, 1977 *in* Newrkla y Wijegoonawardana, *op. cit.*) y a la temperatura (Fennak, 1978; Cowell y Vodopich, 1981). Sin embargo estos factores reguladores de la variación estacional de la macrofauna béntica no son elementos limitantes en lagos eutróficos subtropicales (Cowell y Vodopich, *op. cit.*), como los de Chapultepec.

En estos lagos las densidades registradas de tubificidos / quironómidos pudieron verse afectadas por el estrés ambiental inducido por la eutrofización.

Para sobrellevar el estrés ejercido en el ambiente por la introducción de nutrimentos (nitrógeno y fósforo) en elevadas concentraciones, como una disminución en oxígeno disuelto, la homogenización del sustrato etc. los organismos han desarrollado adaptaciones fisiológicas (por ejemplo la hemoglobina para optimizar la captación de oxígeno en medios con bajas concentraciones de este gas) / etológicas (como movimientos serpenteantes respiratorios para forzar la circulación del agua) (Margalef, 1983); sin embargo, son pocas las especies que puedan adaptarse y prosperar, por lo que dicho estrés reduce la estructura de la comunidad a un número menor de especies que toleran un intervalo amplio de condiciones y que a su vez se reproducen rápidamente cuando el medio es favorable creando densidades muy elevadas de estos organismos que con el tiempo llegan a desplazar a otros (Branco, 1984; Qi, 1987).

Los quironómidos, culicidos y tubificidos son organismos bien adaptados fisiológicamente para tolerar las condiciones ambientales bénticas de un lago eutrófico.

La disponibilidad de oxígeno disuelto es un factor importante que determina el establecimiento de un tipo de organismo béntico. Los procesos de aereación en los lagos de Chapultepec son el natural vía acción eólica (en todas las zonas) y, por supuesto, fotosintética, y la mezcla producida por el remo y el funcionamiento de las fuentes (salvo la zona LME) (Alcocer, 1988).

En la interfase sedimento-agua no se detectó la existencia de una capa anóxica, sin embargo, Alcocer (*op.cit.*) reporta una concentración de oxígeno disuelto cerca del fondo de 2.0 mg/l a tempranas horas de la mañana lo que hace sospechar su existencia a altas horas de la noche.

Limnodrilus hoffmeisteri tolera hasta 23 días en anoxia y Branchiura sowerbyi sólo 6 (Chapman y Brinkhurst, 1984). Este último es un organismo capaz de tolerar altos grados de contaminación orgánica (Milbrink, 1973 *in* Qi, *op.cit.*) y que se adapta a las condiciones del ambiente (Casellato, 1984). Chaoborus sp. al no poseer órganos respiratorios especializados lleva a cabo su intercambio gaseoso a

través de la superficie corporal y durante los periodos de bajas concentraciones de oxígeno ó anoxia temporal lleva a cabo migraciones verticales (Pennak, 1978).

Los organismos bénticos de los lagos de Chapultepec estuvieron sujetos al soterramiento, otro tipo de estrés ambiental, provocado por la resuspensión de los sedimentos superficiales como consecuencia del nemo frecuente. Limnodrilus es un organismo que no se ve afectado por la depositación del sedimento debido a que es un perforador continuo de éste, por lo que es favorecido ante los otros organismos, excepto en la zona LME en donde el falso fondo creado por sedimento flocculento no consolidado pudo haber sido desfavorable para su establecimiento. Lo mismo sucedió con Chironomus sp. que en este tipo de sedimento no puede construir sus cavidades (Jónasson y Lindegaard, 1979 in Beattie, 1982).

Las variaciones estacionales de la abundancia de oligoquetos (Kasprzak, 1984) y quironómidos (Bass, 1986 b) se relacionaron con las propiedades de la biología de la reproducción de dichos organismos, como lo demostró Kasprzak (op.cit.) en el lago Zbechy, Polonia.

La mayor densidad de quironómidos en los lagos de Chapultepec se registró en el periodo comprendido entre marzo y mayo y disminuyó en el periodo de junio a octubre. Este patrón fue similar al determinado para el Tronotasassa (Estados Unidos) en el que la mayor abundancia se registró en primavera y verano (abril a mayo) y la menor en otoño e invierno (Cowell y Vodopich, 1981); el Tjeukemeer (Holanda) en donde la emergencia de Chironomus sp. ocurrió a principios de junio con una consecuente reducción de su abundancia (Beattie, op.cit.); y el Big Ticket (Estados Unidos) en donde la abundancia de quironómidos disminuyó a finales del verano (septiembre) por la emergencia a adultos (Bass, 1986 a).

Las densidades de los oligoquetos en los lagos de Chapultepec siguieron el mismo comportamiento que las de los quironómidos de manera similar que en el lago Zbechy (Polonia) en donde la mayor densidad de oligoquetos se registró en primavera (marzo a mayo) y la menor en el verano (junio a agosto) (Kasprzak, op.cit.).

Aunado a lo anterior, Alcocer (1988) registra el periodo comprendido entre octubre y diciembre con la menor densidad de oligoquetos y dípteros y el comprendido entre enero y marzo con la mayor abundancia. En el presente estudio, el periodo comprendido entre abril y mayo registra la mayor abundancia y el de junio a octubre la menor. De manera global la época comprendida entre enero y mayo es la que presenta mayor abundancia de organismos y la comprendida entre junio y diciembre es la que se presenta la menor abundancia.

La tolerancia a variaciones en parametros fisico-químicos (principalmente oxígeno disuelto), la calidad del alimento y las interacciones bióticas, depredación y competencia, son algunos factores que pueden regular la abundancia temporal de los organismos dominantes de la macrofauna béntica (Cowell y Vodopich, 1981) como posiblemente sucedió en los lagos de Chapultepec en donde además intervinieron las características reproductivas de las especies.

Otro factor importante que probablemente determinó la abundancia y riqueza específica de los lagos en estudio fue la depredación.

Los principales depredadores de los quironomidae en los lagos de Chapultepec pudieron ser otros dípteros como Tanypus sp. (Ruttner, 1963; Roback, 1974) y Chaoborus sp. (Bass y Sweet, 1984), Hirudíneos como Helobdella sp. (McCall y Tavez, 1982 in Alcocer, 1988), decápodos como Cambarellus montezumae (McCall y Tavez, op.cit.), hemipteros como Notonecta sp. y Buenoa sp. (Pennak, 1978), anfibios como Ambystoma mexicanum y los peces que habitan los lagos Chapultepec, Chirostoma jordanii y Gyrardinichthys viviparus que, a pesar de tener otros hábitos alimenticios, los consumieron en bajo porcentaje (Alcocer, op.cit.).

La larva de Chaoborus sp. es depredada principalmente por peces (Bendell y McNicol, 1987) aunque también es presa de ninfas de odonatos, hemipteros y coleópteros cuando están realizando sus migraciones verticales (Bass y Sweet, 1984).

En cuanto a los oligoquetos, pudieron verse depredados por dípteros como Tanypus sp. (Ruttner, 1963; Roback, 1974), Chaoborus sp. (Wetzell, 1975; Moss, 1980) y posiblemente por Chironomus sp. (Wetzell, op.cit.), menciona que Chironomus anthracinus depreda a Potamotheix hammoniensis a pesar de que sus hábitos alimenticios comunes son detritófagos o filtradores (Pennak, 1978), hirudíneos como Helobdella sp. (McCall y Tavez, 1982 in Alcocer, op.cit.), decápodos como Cambarellus montezumae (McCall y Tavez, op.cit.) y posiblemente por los hemipteros como Notonecta sp. y Buenoa sp. (Pennak, op.cit.) y el anfibio Ambystoma mexicanum (Alcocer, op.cit.) ya que los peces que habitan los lagos de Chapultepec son de hábitos zooplancófagos o ficófagos (Alvarez, 1970).

Tanypus sp. estuvo presente en las cuatro zonas y se registró como una de las especies dominantes en los lagos Viejo y Mayor (Gráfica 4). Es un organismo que habita sedimentos suaves de aguas corrientes o lénticas en regiones de clima templado ó cálido (Bass, 1986 a,b).

La temperatura cálida, el adecuado suplemento de alimento (Stahl, 1986), el oxígeno disuelto elevado (Smet, 1982) y la poca presión de depredación a la que estuvo sujeta la larva de Tanypus sp., son probables explicaciones de la presencia de este organismo en elevadas densidades en los lagos Viejo y Mayor de Chapultepec y presente siempre aunque en menores densidades, en el lago Menor (Gráfica 4).

En el lago Baldwin (Estados Unidos), la temperatura fue un factor importante en el establecimiento de Tanypus stellatus que fue abundante en las estaciones cercanas al efluente caliente de la planta termoelectrica debido a las características termófilas de Tanypus sp. (Stahl, op.cit.). Dicha larva no se desarrolla por debajo de los 13°C (Schiozawa y Barnes, 1977 in Stahl, op.cit.).

El tipo de sedimento no parece haber sido determinante en el establecimiento de Tanypus sp. en los lagos de Chapultepec ya que las diferencias texturales y de materia orgánica entre éstos no fueron tan marcadas (Alcocer, op.cit.).

Las temperaturas de los lagos de Chapultepec fueron similares entre sí y elevadas (16.57 a 19°C en el lago Viejo, 18.79 a 19.50°C en el lago Mayor y 17.71 a 18.29°C en el lago Menor) por lo que posiblemente la depredación reducida y el suplemento adecuado de alimento y oxígeno son las explicaciones más probables de la abundancia de Tanytus sp.

La dominancia de Chaoborus sp. en el lago Menor se puede explicar con base en el falso fondo provocado por una gran cantidad de materia orgánica alóctona (comúnmente hojas muertas) que se introducen en éste y generan condiciones de bajas concentraciones de oxígeno disuelto ó incluso anaerobiosis. El sedimento floculento que proporciona un refugio contra depredadores y un desplazamiento de los competidores por problemas de establecimiento de los organismos excavadores como los quironómidos (Beattie, 1982) y los oligoquetos (Slepukhina, 1984) de movilidad restringida. Es decir, las posibilidades de desarrollo de la macrofauna béntica bajo condiciones de falso fondo se ven reducidas lo que disminuye el número de oligoquetos y quironómidos como sucedió en el lago Hjalstaviken en Suecia (Wallsten, 1980).

La larva de Chaoborus sp. presenta órganos hidrostáticos en el tórax y abdómen que le permite realizar migraciones verticales para desplazarse durante los periodos de baja concentración de oxígeno a aguas en donde la concentración de éste no es reducida (Pennak, 1978).

Al ser Chaoborus sp. un género depredado principalmente por peces se pudiera esperar que la abundancia relativa de Chirostoma jordani y Gyrardinichthys viviparus en el LME fuera menor que en los otros dos lagos ya que de este modo y no la existencia de un falso fondo, explicaría la elevada abundancia de Chaoborus sp. en dicho lago. Sin embargo, Alcocer, 1988, reporta una abundancia de peces de 4.7 org/m² para el lago Menor, 4.1 org/m² en el lago Mayor y 1.2 org/m² en el lago Viejo. Como consecuencia de los anterior, las densidades de Chaoborus sp. en el LMA y LME debieran ser parecidas, hecho que no sucedió. Solamente si el Chaoborus encontrado en el lago Mayor fuera Chaoborus americanus y el del lago Menor otra especie pudiera explicarse la diferencia anterior, ya que Chaoborus americanus permanece en la columna de agua durante el día y no en el bentos como otras especies (Von Ende, 1979 in Bendell y McNicol, 1987), lo que lo haría más susceptible a la depredación por parte de los peces.

La profundidad es otro factor que determina las densidades de las poblaciones de quironómidos (Brown y Oldham, 1982) y oligoquetos (Särkkä, 1987) en los lagos. Las especies dominantes de los lagos de Chapultepec son las típicas de cuerpos acuáticos someros. Estos lagos presentaron una profundidad máxima de 1.8 m (lago Viejo), 1.3m (lago Mayor) y 1.2m (lago Menor) (Alcocer, 1988) que fueron similares a las de lagos someros como los estudiados por Campbell y Lind (1969) en Callaway, Missouri, Estados Unidos (2.5m y 2.6m), al Thonotasassa, Estados Unidos (1.4m) según Cowell y Vodopich (1981), el Stephenson, Canadá (2.1m) según Rasmussen (1984) y el Monroe, Estados Unidos (2.3m) (Arshad et al., 1988).

Thut (1969) y Kajak y Dusoge (1975) (in Thorp y Diggins, 1982) han hecho estudios en donde demuestran la relación inversa entre la abundancia de macroinvertebrados bénticos y la profundidad.

Limnodrilus hoffmeisteri se encuentra presente en un amplio intervalo de profundidades (Martínez-Ansemil y Prat, 1984), sin embargo, es dominante en aguas someras (Särkkä, 1987). Branchiura sowerbyi es un organismo propio de aguas superficiales (Martínez-Ansemil y Prat, op.cit.). Tanytus sp. es una especie dominante de aguas someras (Menzie, 1981; Heuschele, 1969 in Parkin y Stahl, 1981; Stahl, 1986). Chironomus sp. se ha encontrado a diferentes profundidades, pero su mayor densidad de población se ha registrado en aguas someras (Brown y Oldham, 1982; Newkka y Wijegoonawardana, 1987). Chaoborus sp. presenta una abundancia relacionada directamente con la profundidad (Thorp y Diggins, op.cit.; Cowell et.al., 1987).

Los intervalos de valores de biomasa determinados para los macroinvertebrados bénticos de los lagos de Chapultepec fueron similares a los registrados en lagos con el mismo estado trófico (Apéndice 5).

Un cuerpo acuático eutrófico presenta mayor productividad animal que uno oligotrófico debido a que se muestra una relación entre el alimento (producción primaria) y la producción de materia orgánica de la fauna béntica (Ruttner, 1963; Jónasson, 1964, 1965 in Jónasson, 1969; Wetzel, 1975). Por lo anterior, la biomasa de los organismos bénticos en general, aumenta conforme aumenta el grado trófico del lago.

Margalef (1983) considera que en la mayoría de los lagos eutróficos la biomasa animal varía entre uno y diez gramos de peso seco por m². En los lagos de Chapultepec la biomasa (expresada como gr de peso seco/m²) fluctuó entre 0.03 y 5.13 para la zona LV-A, 1.16 y 5.75 para la LV-B, 0.01 y 1.71 para la zona LMA y 0.16 a 0.55 para la LME, valores que, en su mayoría, quedaron ubicados en el intervalo citado.

Los valores de biomasa de oligoquetos y dípteros de los lagos de Chapultepec son comparables con los de otros lagos eutróficos (Apéndices 5 y 7). Así mismo, los organismos bénticos restantes (agrupados bajo la denominación de otros organismos) constituyeron una biomasa reducida en los lagos de Chapultepec (Apéndice 8). Lo anterior es debido a que el aporte de nutrimentos genera un sedimento uniforme similar al de ambientes profundos al cual organismos como Helobdella no se adaptan fácilmente (Pennak, 1978).

La biomasa y la abundancia de los organismos macroinvertebrados bénticos de los lagos de Chapultepec siguieron una tendencia decreciente durante el periodo de estudio, de abril a octubre (Gráficas 6 y 9), lo que estuvo asociado a las características de la biología de la reproducción de las especies.

Las mayores densidades de Chironomus sp. coincidieron con el periodo de reproducción de dicho organismo (principios de primavera), como lo registraron Stahl (1986) en el lago Baldwin (Estados Unidos) y Cowell y Vodopich (1981) en el lago Thonotosassa (Estados Unidos) para quironómidos en general, Beattie (1982) en el Tjeukemeer (Holanda) para Chironomus plumosus y Rasmussen (1984) en el Stephenson Pond (Canadá) para Chironomus riparius.

La emergencia de los quironómidos a adultos se lleva a cabo a finales del verano (Bass, 1986a; Stahl, 1986), como sucedió en los lagos de Chapultepec, por lo que las bajas abundancias y biomásas del mes de octubre se asociaron a esta emergencia.

La abundancia en el LME de Chaoborus sp. fue similar a la de Chironomus sp., como sucedió en el lago Thonotosassa (Estados Unidos) para Chaoborus punctipennis y Chironomus crassicaudatus (Cowell y Vodopich, 1981) y en el lago Esrom (Dinamarca) para Chaoborus flavicans y Chironomus anthracinus (Wetzel, 1985; Moss, 1980).

La época de reproducción de Limnodrilus hoffmeisteri se lleva a cabo a fines del invierno o principios de la primavera (Wetzel, *op.cit.*; Fennak, 1978). En el lago Zbechy (Polonia) que es pequeño, somero y eutrófico, como los lagos de Chapultepec, las mayores densidades de oligoquetos se registraron en primavera al igual que en los de Chapultepec.

La abundancia y la biomasa de los organismos béticos de los lagos de Chapultepec presentaron una alta correlación (LV-A, $r = 0.9973$; LV-B, $r = 0.9863$; LMA, $r = 0.9776$ y LME, $r = 0.8758$). Para los quironómidos esto ha sido registrado en otros lagos eutróficos como el Esrom, Dinamarca (Jónasson, 1969) y el Tjeukemmer, Holanda (Beattie, 1982).

Los otros organismos encontrados en los lagos de Chapultepec que también presentaron su mayor abundancia a principios de la primavera (abril) fueron Melobdella sp. y Hyalella azteca que, al igual que para los organismos dominantes, su época de reproducción se da en primavera y principios del verano (Wetzel, *op.cit.*).

La diversidad (H') es un parámetro en el que se conjuntan la riqueza específica (s) y la abundancia de cada especie [equitatividad (e)].

Las fluctuaciones de la diversidad media de los lagos de Chapultepec [0.77 (0.04 a 1.14) en la zona LV-A, 1.29 (1.10 a 1.52) en la LV-B, 1.79 (1.69 a 1.98) en la LMA y 1.85 (1.38-2.22) en la LME] (Gráfica 8) estuvieron dentro de lo establecido por Branco (1984) para ambientes muy contaminados ($H' < 1$) y de contaminación moderada (H' de 1 a 3). Los valores de diversidad especialmente reducidos, entre 0.3 y 2.4, son característicos de lagos eutróficos (Margalef, 1983).

Como consecuencia de la eutrofización en los lagos de Chapultepec, hubo una disminución de hábitats y aunado a esto, mayor competencia entre las especies por ocuparlos. Con el tiempo, solamente unas cuantas especies lograron sobrevivir lo cual se reflejó en valores de diversidad bajos. La diversidad de especies menor se debe a una selección de nichos provocada por la contaminación (Branco, *op.cit.*).

Cuando hay una entrada de nutrimentos en un lago, la diversidad tiende a aumentar para tomar ventaja de la nueva fuente nutricional y después, cuando los organismos crecen y se reproducen más rápidamente dominando el sistema y desplazando a los demás, la diversidad disminuye (Margalef, 1961 in Hooper, 1969). La baja diversidad en lagos eutróficos

La disminución de nichos ecológicos en un sistema se da por la contaminación que elimina la fuente de luz (turbiedad), la reducción o agotamiento del oxígeno disuelto (a causa de la DBO), el soterramiento de las especies bénticas fijas y la introducción de alimento orgánico, entre otros factores, que conllevan a una reducción considerable de la capacidad de diversificación (Branco, 1984).

La disminución de la diversidad ante la entrada de nutrimentos debe ser causada por una competencia interespecífica. Hall y Cooper (in Hooper, 1969) realizaron experimentos en donde la diversidad de la fauna béntica disminuye con niveles elevados de nitrógeno y fósforo. En el río Pearl, China, Qi (1987) obtuvo valores máximos de diversidad de oligoquetos de 1.45, debido a la abundancia de Limnodrilus hoffmeisteri, lo que indicó aguas muy contaminadas.

Los valores reducidos de diversidad de los lagos de Chapultepec, se dieron por la baja riqueza específica y por la elevada abundancia relativa de algunas especies, Limnodrilus hoffmeisteri y Chironomus sp. en la zona LV-A, Limnodrilus hoffmeisteri y Tanypus sp. en la LV-B, Chironomus sp. y Tanypus sp. en la LMA y Chaoborus sp. en la LME. Estas especies desplazaron a otras por efecto de la eutrofización, entrada inmoderada de nutrimentos que llevó a la competencia interespecífica como lo sugieren Orclari y Hummon, 1975 (in Qi, op.cit.).

La equitatividad (e) es un parámetro ecológico más sensible que la diversidad en ambientes contaminados (Branco, op.cit.).

En los lagos de Chapultepec, los valores de equitatividad [0.36 (0.04 a 0.63) en la zona LMA, 0.50 (0.44 a 0.55) en la LV-B, 0.71 (0.60 a 0.77) en la LMA y 0.69 (0.49 a 0.86) en la LME] mostraron la misma tendencia que la diversidad, una fluctuación entre ambientes medianamente degradados a degradados.

CONCLUSIONES

- Cada uno de los lagos de Chapultepec presentaron características físico-químicas propias y funcionaron de manera independiente.
- El lago Viejo, por sus características físico-químicas bénticas y sedimentarias se dividió en dos zonas denominadas LV-A y LV-B diferentes entre sí y con características propias. Los lagos Mayor y Menor resultaron cuerpos acuáticos homogéneos espacialmente.
- La variación físico-química interlago fue mayor que la variación temporal intralago, lo que se asoció a que las características físico-químicas impuestas por el fenómeno de eutrofización dominaron a las producto del tiempo.
- Los lagos de Chapultepec se caracterizaron como sistemas eutroficos con ciertas características de hipertofia por sus elevadas concentraciones de fósforo total, nitrógeno, clorofila "a" y por su reducida transparencia (expresada por la profundidad del disco de Secchi).
- La proporción N/P en los lagos de Chapultepec sugirió que el elemento limitante de la producción primaria de sus aguas fue el nitrógeno.
- Por sus concentraciones de nutrimentos (fosforo y nitrógeno), cantidad de materia flotante, color y transparencia, los lagos de Chapultepec no cumplen con lo estipulado por la SARH para aguas de uso recreativo.
- La comunidad de macroinvertebrados bénticos de los lagos de Chapultepec estuvo constituida por diez especies. Los dos grupos dominantes pertenecieron a los taxa Oligochaeta y Diptera.
- Los parametros de diversidad, riqueza específica y abundancia reflejaron las condiciones de eutrofia de los lagos de Chapultepec.
- Los organismos dominantes de la macrofauna béntica de los lagos de Chapultepec fueron característicos de ambientes lacustres profundos eutrofizados.

- Limnodrilus hoffmeisteri, Chironomus sp., Tanytus sp. y Chaoborus sp. fueron las especies más abundantes de los lagos de Chapultepec.
- La elevada abundancia y baja diversidad de la macrofauna béntica se asociaron a los procesos de eutrofización que siguen estos lagos.
- La variación temporal de la abundancia y biomasa se atribuyó a las épocas de maduración, reproducción y crecimiento de los organismos.
- En el Lago Viejo de Chapultepec se observó una dominancia de oligoquetos sobre quironómidos que es característica de lagos eutróficos.
- En los lagos Mayor y Menor, los quironómidos desplazaron a los oligoquetos. En el lago Mayor se atribuyó a la gran cantidad y tipo de alimento disponible (fitoplancton). En el lago Menor se asoció al falso fondo constituido de sedimento flocculento alóctono.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALCOCER, D.J. (1988) Caracterización hidrobiológica de los lagos de Chapultepec, México. Tesis de Maestría, U.N.A.M. 88 pp.
- ALVAREZ, J. (1970) Peces mexicanos. Sria. Ind. Comer. Inst. Nal. Pesca (Ed.). México.
- ANCONA, H.L. (1930) Las lemnáceas y las larvas de mosquitos. An.Inst.Biol.UNAM. México. 1(1): 33-37.
- ANONIMO (1935-1936) Boletín del Departamento Forestal de caza y pesca. 1(2): 1-295.
- ANONIMO (1979). Mapa de la Ciudad de México. Escala 1:50,000. <detenal (Ed.) México.
- ANONIMO (1982) Monumentos, estatuas, fuentes, edificios y casonas. D.D.F., Delegación Miguel Hidalgo (Ed.) México. 92 pp.
- ANONIMO (1985-a) Programa de reintegración ecológica del Bosque de Chapultepec. D.D.F., Delegación Miguel Hidalgo, México. (inédito).
- ANONIMO (1985-b) Nuestro milenarío Bosque de Chapultepec víctima de los embates de la contaminación. En: Metropoli. Pag. 8.
- APHA, AWWA, WPCF (1980) Standard Methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association, Inc. (Ed.) Nueva York. 1193 pp.
- ARSHAD, A., K.R. REDDY y W.F. DEBUSK (1988) Seasonal Changes in sediment and water chemistry of a subtropical shallow eutrophic lake. Hydrobiologia. 159: 159-167.
- BANDUB, M.W. (1980) Nitrate overdose: effects and consequences. In: Barica, J. y Mur L.R. (Eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Dr. W. Junk. Publishers (Ed.). La Haya. 133-137.
- BARROIN, G. (1980) Why Hypertrophic ecosystems? In: Barica, J. y Mur L.R. (Eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Dr. W. Junk. Publishers (Ed.). La Haya. 287-294.
- BASS, D. y H.H. SWEET (1984) Do Chaoborus larvae migrate in temporary pools? Hydrobiologia. 108: 181-185.
- BASS, D. (1986a) Habitat ecology of quironomid larvae of the Big Thicket streams. Hydrobiologia. 134: 29-41.
- BASS, D. (1986b) Larval Chironomidae (Diptera) of the Big Thicket stream. Hydrobiologia. 135: 271-285.
- BEATTIE, D.M. (1982) Distribution and production of the larval chironomid populations in Tjeukemeer. Hydrobiologia. 95: 287-306.
- BENDELL, B.E. y D.K. McNICOL (1987) Fish predation, lake acidity and the composition of aquatic insect assemblages. Hydrobiologia. 150: 193-202.
- BRANCO, S.M. (1984) Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Ed.). 120 pp.
- BRAVO, H.H. (1930) Las lemnáceas del Valle de México. An.Inst.Biol.UNAM. México. 1(1): 7-32.
- BRIBIESCA, C.J.L. (1958) El agua potable en la República Mexicana. Ingeniería Hidráulica en México. XII (2): 69-82.

- BRINKHURST, R.O. Y D.G. COOK (1974) Aquatic earthworms (Annelida: Oligochaeta). In: Hart, C.W. y Fuller, S.L.H. (Eds.) Pollution ecology of freshwater invertebrates. Cap. 5 Academic Press (Ed.) Nueva York. 143-155.
- BROWN, A.E. y R.S. OLDHAM (1982) Bathymetric distribution of some Chironomidae (Diptera) in Rutland water. *Hydrobiologia*. 88: 157-169.
- BUCHANAN, T.J. y W.P. SOMMERS (1969) Techniques of water investigations of the United States. Geological Survey. Capitulo 8A, Discharge measurements at Gaging Stations, Libro 3, applications of hydraulics.
- BUTLER, M.G. (1982) Production dynamics of some arctic chironomus larvae. *Limnol. y Oceanogr.* 27(4): 728-736.
- CABALLERO, C.E. (1935) Hirudíneos de México. XI. Glossosiphonia fusca Castle, 1900. *An. Inst. Biol. UNAM. México.* 6: 49-52.
- CAMPBELL, R.S. y O.T. LIND (1969) Water quality and aging of strip-mine lakes. *Journal of Water Pollution Control Federation.* 41(11): 1943-1955.
- CASELLATO, S. (1984) Life-cycle and karyology of Branchiura sowerbyi Beddard (oligochaeta, Tubificidae). *Hydrobiologia.* 115: 65-69.
- CHAPMAN, M.A. (1980) The summer limnology of lake Waahi, New Zeland. In: Barica, J. y Mur L.R. (Eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Dr. W. Junk Publishers (Ed.) . La Haya. 1-12.
- CHAPMAN, P.M. y R.O. BRINKHURST (1984) Lethal and sublethal tolerances of aquatic oligochaetes with reference to their use as a biotic index of pollution. *Hydrobiologia.* 115: 139-144.
- COWELL, B.C. y D.S. VODOPICH (1981) Distribution and seasonal abundance of benthic macroinvertebrates in a subtropical Florida lake. *Hydrobiologia.* 78: 97-105.
- COWELL, B.C., C.J. DAWES, W.E. GARDINES Y S.M. SCHEDA (1987) The influence of whole lake aeration on the limnology of a hypereutrophic lake in central Florida. *Hydrobiologia.* 148: 3-24.
- CRISP, D.J. (1971) Energy flow measurements. In: Holme, N.D. y McIntre A.D. Methods for the study of marine benthos. I.B.F. Handbook No. 16. Blackwell Scientific Publications (Ed.). Oxford. 197-279.
- DOR, I., H. SCHECHTER Y H.J. BROMLEY (1987) Limnology of a hypertrophic reservoir storing wastewater effluent for agriculture at Kibbutz Na'an, Israel. *Hydrobiologia.* 150: 225-241.
- EDMONSON, W.T. y G.G. WINBERG (1971) A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. I.B.F. Handbook No. 17. Blackwell Scientific Publications (Ed.) Oxford. 350 pp.
- ENCICLOPEDIA DE MEXICO S.A. de C.V. (1985) Imagen de la gran capital. Enciclopedia de México (Ed.) México. 316 pp.
- GARCIA, E. (1973) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 254 pp.
- GOLTERMAN, H.L., R.S. CLYMO Y M.A. OHNSTED (1978) Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBF-Handbook B. Blackwell Scientific Publications (Ed.) Londres. 213 pp.

- GREEN, R.H. (1979) Sampling design and statistical methods for environmental biologist. John Wiley & Sons, Inc. (Ed.) Nueva York. 257 pp.
- GRIGELIS, A. (1984) Ecology and importance of oligochaeta in the biocenosis of zoobenthos in lakes of the National Park of the Lithuanian SSR. *Hydrobiologia*. 115: 211-214.
- GURRIA, L.J. (1978) El desague del Valle de México durante la época novohispana. U.N.A.M. (Ed.) México. 175 pp.
- HARPER, D.M. (1986) The effects of artificial enrichment upon the planktonic and benthic communities in a mesotrophic to hypertrophic loch series in lowland Scotland. *Hydrobiologia*. 137: 9-19
- HARPER, D.M. Y W.D.P. STEWART (1987) The effects of land use upon water chemistry, particularly nutrient enrichment, in shallow lowland lakes: comparative studies of three lochs in Scotland. *Hydrobiologia*. 148: 211-229.
- HOOPER, F.F. (1969) Eutrophication indices and their relation to other indices of ecosystem change. *In: National Academy of Science (Ed.). Eutrophication: causes, consequences, correctives.* Washington. 225-235.
- HUNGERFORD, H.B. (1948) The corixidae of the western hemisphere. The University of Kansas. *Science Bulletin* XXXII. 827 pp.
- HYNES, H.B.N. (1970) The ecology of running waters. Liverpool University Press.
- ISTVANOVICS, V., L.V VÖRÖS, S. HERODEK, L. TOTH, E I. TATRAI, (1986) Changes of phosphorus and nitrogen concentration and of phytoplankton in enriched lake enclosures. *Limnol. & Oceanogr.* 31(4): 798-811.
- JACZEWSKI, T. (1931) Studies on mexican corixidae. *Ann.Mus. Polonici*, IX(15): 188-229.
- JONNASON, P.M. (1969) Bottom fauna and eutrophication. *In: National Academy of Science (Ed.). Eutrophication: causes, consequences, correctives.* Washington. 274-305.
- JONNASON, P.M. (1984) Oxygen demand and long term changes of profundal zoobenthos. *Hydrobiologia*. 115: 121-126.
- KASPRZAK, K. (1984) The oligochaetes (Annelida, Oligochaeta) in a lake and a canal in the agricultural landscape of Poland. *Hydrobiologia*. 115: 171-174.
- KITRELL, F.W. (1969) A practical guide to water quality studies of streams. USDI, FWPCA, Washington, D.C.
- KUENTZEL, L.E. (1969) Bacteria, carbon dioxide and algal blooms. *Journal of water pollution control federation.* 41(10): 1737-1747.
- LAFONT, M. (1984) Oligochaete communities as biological descriptors of pollution in the fine sediments of rivers. *Hydrobiologia*. 115: 127-129.
- LANG, C. (1984) Eutrophication of lakes Léman and Neuchâtel (Switzerland) indicated by oligochaete communities. *Hydrobiologia*. 115: 131-138.
- LEMOINE, V.E. (1975) El desague del Valle de México durante la época independiente. U.N.A.M. (Ed.) México. 126 pp.
- LEVINTON, J.S., T.S. BIANCHI, Y S. STEWART (1984) What is the role of particulate organic matter in benthic invertebrate nutrition?. *Bulletin of Marine Science.* 35(3): 270-282.

- LIND, O. T. (1979) Handbook of common methods in limnology. C.V. Mosby Co. (Ed.) San Luis. 199 pp.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E. (1965) Ciliados mesosapróbicos de Chapultepec. (Sistemática, morfología, ecología). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XXVI: 115-247.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E. (1970) Historia de las investigaciones sobre protozoarios de vida libre de México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XXXI: 1-15.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E. y E. BARAJAS (1963) Protozoarios ciliados de México. IV. Morfología y sistemática de dos especies de protozoarios succionadores de Chapultepec. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XXIV: 89-96.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E. y E. BARAJAS (1964) Protozoarios ciliados de México. VIII. Morfología comparada de dos especies de Euplotes (Ciliata, Hypotrichida). Rev. Brasil Biol. 24: 139-146.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E. y MADRAZO-GARIBAY (1971) Protozoarios ciliados de México. XVIII. Ophrydium hazele sp. nov. (Perytrichidae, sesxilinae). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XXXII: 157-163.
- LOPEZ-UCHOTERENA, E. Y M.T. ROURE-CANE (1970) Lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre en México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XXXI: 23-68.
- MACKENTHUN, K.M. (1969) The practice of water pollution biology. USDI, FWPCA, Washington D.C.
- MADRAZO-GARIBAY, M. Y E. LOPEZ-UCHOTERENA (1971) Primer registro en México de una especie del Orden Bicosoecida (Protozoa, Zoomastigophorea). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XXXII: 165-169.
- MARCHESE, M.R. (1987) The ecology of some benthic oligochaeta from the Paraná river, Argentina. Hydrobiologia. 155: 209-214.
- MARGALEF, R. (1983) Limnología. Omega (Ed.). España. 1010 pp.
- MARTINEZ-ANSEMIL, E. y N. PRAT (1984) Oligochaeta from profundal zones of Spanish reservoirs. Hydrobiologia. 115: 223-230.
- MARTINEZ, P.A. (1952) Nota sobre la distribución de los mosquitos Culex en México (Diptera, Culicidae). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. XIII (1-4): 75-87.
- MASON Jr. W.T. (1973) An introduction to the identification of chironomid larvae. U.S.E.P.A. (Ed.) Cincinnati. 90 pp.
- MERCIL, S.B., C.M. CONWAY y L.E. SHUBERT (1980) Phosphorus stability in a hypereutrophic lake. In: Barica, J. y Mur, L.R. (Eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Dr. W. Junk Publishers (Ed.). La Haya. 179-190.
- MENZIE, CH.A. (1981) Production ecology of Cricotopus sylvestris (Fabricius) (Diptera: Chironomidae) in a shallow estuarine cove. Limnol. & Oceanogr. 26(3): 467-481.
- MOLINA-ENRIQUEZ M.J.F.F. (1979) Algunos aspectos del deterioro ambiental en el bosque de Chapultepec. Tesis. Fac. Ciencias UNAM. México. 58 pp.
- MOSS, B. (1980). Ecology of fresh waters. Blackwell Scientific Publications (Ed.). Oxford. 332 pp.
- NEWKLA, P. y N. WIJESONAWARDANA (1987) Vertical distribution and abundance of benthic invertebrates in profundal sediments of Mondsee, with special reference to oligochaetes. Hydrobiologia. 155: 227-234.

- OKA, A. (1932) Hirudínées extraeuropéennes du Musée Zoologique Pionais. Ann.Mus.Zool.Polon. 9(20): 313-328.
- OSORIO-TAFALL, B.F.(1942) Rotíferos planctónicos de México. I,II,III. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. México. III (1-4): 23-80.
- PASCAR-GLUZMAN, C. y C. DIMENTMAN (1984) Distribution and habitat characteristics of Naididae and Tubificidae in the inland waters of Israel and the Sinai Peninsula. Hydrobiologia. 115: 197-205.
- PASCAR-GLUZMAN, C. (1987) Aquatic oligochaeta in some tributaries of Río de la Plata, Buenos Aires, Argentina. Hydrobiologia. 144: 125-130.
- PAOLETTI, A. y B. SAMBUGAR (1984) Oligochaeta of the middle Po river (Italy): Principal Component Analysis of the benthic data. Hydrobiologia. 115: 145-152.
- PARKIN, R. y J. STAHL (1981) Chironomidae (Diptera) of Baldwin lake, Illinois, a cooling reservoir. Hydrobiologia 76: 119-128.
- PARRISH, F.K. (1975) Keys to water quality indicative organisms of the southeastern United States. U.S.E.P.A. (Ed.) Cincinnati. 195 pp.
- PENNAK, R.W. (1978) Freshwater invertebrates of the United States. John Wiley & Sons Inc. (Ed.) Nueva York. 803 pp.
- PESSON P. (1979) La contaminación de las aguas continentales. Ediciones Mundi-prensa (Ed.). 331 pp.
- PROBST, L. (1987) Sublittoral and profundal oligochaeta fauna of the lake Constance (Bodensee-Obsersee). Hydrobiologia. 155: 277-282.
- PUJIN, U., R. RUZICA, D. NADA, S. ZORICA Y P. KILIBARDA (1987) Seasonal variations in the composition of the plankton and soil population in the Carska Bara. Tiscia (Szeged) 22(0): 83-92.
- QI, S. (1987) Some ecological aspects of aquatic oligochaetes in the lower Pearl river (People's Republic of China). Hydrobiologia. 155: 199-208.
- RASMUSSEN, J.B. (1984) The life-history, distribution, and production of Chironomus riparius and Glyptotendipes paripes in a prairie pond. Hydrobiologia. 119: 65-72.
- REYNOLDSON, T.B. (1987) Interactions between sediment contaminants and benthic organisms. Hydrobiologia. 149: 53-66.
- ROMERO, F.J. (1947) Chapultepec en la historia de México. Biblioteca Enciclopedia popular No. 175. S.E.P. México. 91 pp.
- RIOJA, E.L. (1940a) Estudios carcinológicos V. Morfología de un ostracodo epizoario observado sobre Cambarus (Cambarellus) montezumae Sauss, de México. Entocythere heterodonta n.sp. y descripción de algunos de sus estados larvarios. An. Inst. Biol. UNAM. México. 11(2): 593-609.
- RIOJA, E.L. (1940b) Un caso de biocenosis observado sobre Cambarus (Cambarellus) montezumae (Saussure), de México. Rev. Chilena de Historia Natural. 44: 57-59.
- RIPPEY, I. y B. RIPPEY (1986) Chemical limnology of two artificial lakes used for both stormwater management and recreation. Hydrobiologia. 139: 201-235.
- ROBACK, S.S. (1974) Insects (Arthropoda: Insecta). In: Hart, C.W. y Fuller, L.H. (Eds.). Pollution ecology of freshwater invertebrates. Cap. 5. Academic Press. Nueva York. 313-376.

- ROCHA, A.A. (1975) A limnologia, os aspectos ecológicos, sanitários e a microfauuna bentónica da Represa de Guarapiranga, na Região Metropolitana de São Paulo (Tese), Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências de la Universidad de São Paulo, S.P. 174 pp.
- RODRIGUEZ, A. de B. (1944) Guia para conocer las plantas más comunes en el Bosque de Chapultepec. Folleto de divulgación científica. 39. Inst. Biol. UNAM. México. 54 pp.
- RUTTNER, F. (1963) Fundamentals of limnology. University of Toronto Press (Ed.). Toronto. 307 pp.
- RYDING, S. (1982). Lake Trehörningen restoration project. Changes in water quality after sediment dredging. In: Sly, F.G. (Ed.). Sediment/Freshwater interaction. Hydrobiologia. 92: 549-558.
- SAMANO, B.A. (1934) Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México. AN. Inst. Biol. UNAM. México. 5: 149-160.
- SAMANO, B.A. (1935) Algunas zygomatáceas de Chapultepec. An. Inst. Biol. UNAM. México. 6: 167-171.
- SAMANO, B.A. (1940) Algas del Valle de México. Parte II. An. Inst. Biol. UNAM. México. XI: 41-50.
- SÄRKKÄ, J. (1987) The occurrence of oligochaetes in lake chains receiving pulp mill waste and their relation to eutrophication on the trophic scale. Hydrobiologia. 155: 259-266.
- SAUSSURE, H. (1857a) Note carcinologique sur la famille des Thalassides et sur celle des Astacides. Rev. et. mag. zool. Pure et appliquée, ser 2,9: 99-102.
- SAUSSURE, H. (1857b) Diagnoses de quelques crustacés nouveaux de l'Amérique tropicale. Rev. et. mag. zool. Pure et appliquée, ser 2,9: 501-505.
- SAUSSURE, H. (1858) Memoire sur divers crustacés nouveaux del Antilles et du Mexique. p. 43-44, pl. III, 22 figs. In: memoires pour servir a l'histoire naturelle du Mexique et des Antilles.
- SAWYER, R.T. (1974) Leeches (Annelida: Hirudinea). In: Hart, C.W. y Fuller S.L.H. (Eds.). Pollution ecology of freshwater invertebrates. Cap.4. Academic Press (Ed.), Nueva York. 81-142.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (1984) Legislación relativa al agua y su contaminación. Subsecretaria de planeación. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica.
- SLEPUKHINA, T.D. (1984) Comparison of different methods of water quality evaluation by means of oligochaetes. Hydrobiologia. 115: 183-186.
- SMET, W.H.O. (1982) Observations on the immature Chironomidae of a polluted lowland brook-pond system (Antwerp, Belgium), aereated by the Phallus process. Hydrobiologia. 87: 171-189.
- SOKOLOFF, D. (1931) Algunas observaciones sobre Mallomonas mirabilis Conrad. An. Inst. Biol. UNAM. México. 2: 231-234.
- SOKOLOFF, D. (1932) Una forma de Eandorina morum con células somáticas rudimentarias. An. Inst. Biol. UNAM. México. 3: 65-69.
- SOKOLOVA, N.Y. y E.I. IZVEKOVA (1986) Benthos of lake Glubokoe. Hydrobiologia. 141: 89-93.

- STAHN, J.B. (1986) A six-year study of abundance and voltinism of Chironomidae (Diptera) in an Illinois cooling reservoir. *Hydrobiologia*. 134: 67-79.
- STIMPSON, K.S., D.J. KLENM Y J.K. HILTUNEN (1982) A guide to freshwater tubificidae (Annelida: Clitellata: Oligochaeta) of North America. U.S.E.P.A. (Ed.) Cincinnati. 41 pp.
- TEJA-ZABRE, A. (1938) Chapultepec: Guía histórica y descriptiva con un plano pictórico del Bosque. México. Talleres de Impresión de Estampillas y Valores.
- THORP, J.H. y M.R. DIGGINS (1982) Factors affecting depth distribution of dragonflies and other benthic insects in a thermally destabilized reservoir. *Hydrobiologia*. 87: 33-44.
- TUDORANCEA, C. y A.D. HARRISON (1988) The benthic communities of the saline lakes Abijata and Shala (Ethiopia). *Hydrobiologia*. 158: 117-123.
- VAUGHN, C.C. (1982) Distribution of chironomids in the littoral zone of lake Texoma, Oklahoma and Texas. *Hydrobiologia*. 89: 177-188.
- VALLENTYNE, J.R. (1978) Introducción a la limnología. Los lagos y el hombre. Ed. Omega (Ed.). Barcelona. 169 pp.
- VERDONSCHOT, P.F.M. (1984) The distribution of aquatic oligochaetes in the fenland area of N.W. Overijssel (The Netherlands). *Hydrobiologia*. 115: 215-222.
- VILLALOBOS-FIGUEROA A. (1983) Crayfishes of Mexico (Crustacea, Decapoda). American Publishing Co. (Ed.) Nueva York. 276 pp.
- VILLALOBOS, G.G. et.al. (1982) El sistema hidráulico del Distrito Federal. D.D.F. (Ed.) México.
- WALLSTEN, M. (1980) Vegetation changes in the nutrient-rich shallow lake Hjalstaviken. In: Barica, J. y Mur L.R. (Eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Dr. W. Junk Publishers (Ed.). La Haya. 117-121.
- WEBER, C.I. (1973) Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents. U.S.E.P.A. (Ed.) Cincinnati. 38 pp.
- WELCH, P.S. (1984) Limnological methods. The Blakiston Co. (Ed.). Philadelphia. 381 pp.
- WETZEL, R.G. (1975) Limnology. Saunders (Ed.) Filadelfia.
- YANLING, L. (1987) Preliminary study of the aquatic oligochaeta of the Changjiang (Yangtze) river. *Hydrobiologia*. 155: 195-198.
- ZEVENBOOM, W. y L.R. MUR (1980) N-fixing cyanobacteria: why they do not become dominant in Dutch, hypertrophic lakes?. In: Barica, J. y Mur L.R. (Eds.) Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2. Dr. W. Junk Publishers (Ed.). La Haya. 123-130.

APENDICE 1. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA TOTAL PROMEDIO DE ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO ACUATICO	ABUNDANCIA (ind./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Méx.			
LV-A	6826	eutrófico	
LV-B	31658	eutrófico	
LMA	6846	eutrófico	
LME	2286	eutrófico	
Simcoe, Can.	868	no mencionado	Weich, 1952
Borrevan, Nor.	1921	eutrófico	Okland, 1964 *
Eshom, Din.	20000	hipertrofico	Jonasson, 1967
Leven, GB.	30000	hipertrofico	Maitland y Hudspith, 1974
Thonotosassa, EUA	7424	hipertrofico	Cowell y Vodopich, 1981
Belgavies, GB.	22500	eutrófico	Harper, 1986
Forfar, GB.	25000	hipertrofico	Harper, 1986
Great Grebe, Din.	2037	eutrófico	Rawson **

* Citado en Wetzel, 1975

** Citado en Weich, 1952

° Citados en Harper, 1986

APENDICE 2. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE OLIGOQUETOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO ACUATICO	ABUNDANCIA (ind./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Méx..			
LV-A	6202	eutrófico	
LV-B	24428	eutrófico	
LMA	2834	eutrófico	
LME	637	eutrófico	
Chud-peskov, URSS	885	no mencionado	Timms, 1962a *
Borrevan, Nor.	622	eutrófico	Okland, 1964 *
Esrom, Din.	15630	eutrófico	Jönasson, 1969
Toronto, Can.	81000	eutrófico	Brinkhurst y Cook, 1974
Esrom, Din.	25000	eutrófico	Willoghby, 1976 **
Inonotosassa, EUA	4202	hipertrofico	Cowell y Vodopich, 1981
Zboczv. Pol.	769	eutrófico	Kasprzak, 1984
Ladoga, URSS	4000	oligotrófico	Slepukhina, 1984
Mondsee, Aus.	a) 5820	eutrófico	Newrkla y
	b) 1750	oligo-mesotrófico	Wijegoonawardana, 1987
Punnamo, Fin.	10000	eutrofico	Sarkka, 1987
Changjiang, China	936	no mencionado	Yanling, 1987

* Citados en Wetzel, 1975

° solamente Limnodrilus hoffmeisteri

** Citado en Alcocer, 1988

APENDICE 3. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE
DIPTEROS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO ACUATICO	ABUNDANCIA (ind./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Mex.			
LV-A	612	eutrófico	
LV-B	7034	eutrófico	
LMA	3821	eutrófico	
LME	1599	eutrófico	
Borrevan, Nor.	721	eutrófico	Okland, 1964*
Dojran, Yug.	6370	eutrófico	Sapkarev, 1975 **
Eshom, Din.	± 7000	eutrófico	Willoghby, 1976
Thonotosassa, EUA	3180	hipertrofico	Cowell y Vodopich, 1981
Amberes, Bel.	4429	no mencionado	Smet, 1982
Mendota, EUA	4918	eutrófico	Brock, 1985 **
Giubokoe, URSS	1540	eutrófico	Sokolova e Izvekova, 1986
Mondsee, Aus.	a) 1092	eutrófico	Newrkla y
	b) 210	oligo-mesotrófico	Wijegoonawardana, 1987
Gezhouba, China	936	no mencionado	Yanling, 1987
Sanxia, China	231	no mencionado	Yanling, 1987
Yinyang-Chongqing, China	343	no mencionado	Yanling, 1987
Wujiang, China	116	no mencionado	Yanling, 1987

* Citado en Wetzel, 1975

** Citados en Alcocer, 1988

^ Solamente Chaoborus flavicans

APENDICE 4. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE OTROS ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO ACUATICO	ABUNDANCIA (ind./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
<hr/>			
Chapultepec, Méx.			
LV-A	25	eutrófico	
-	<u>Helobdella</u> (Hirudinea):25		
-	<u>Hyalella azteca</u> (Amphipoda):0		
-	<u>Fiona Dispersifiona</u> sp. (Hydracarina):0		
LV-B	843	eutrófico	
-	<u>Helobdella</u> (Hirudinea):837		
-	<u>Hyalella azteca</u> (Amphipoda):6		
-	<u>Fiona Dispersifiona</u> sp. (Hydracarina):0		
LMA	979	eutrófico	
-	<u>Helobdella</u> (Hirudinea):0		
-	<u>Hyalella azteca</u> (Amphipoda):973		
-	<u>Fiona Dispersifiona</u> sp. (Hydracarina):6		
LME	0	eutrófico	
Third sister, EUA	158	no mencionado	Eggleton, 1931 **
-	Hydracarina:158		
Simcoe, Can.	40	no mencionado	Welch, 1952
-	Amphipoda:40		
Borrevan, Nor.	111	eutrófico	Okland, 1964 *
-	Hirudinea:111		

**APENDICE 4. COMPARACION DE LOS VALORES DE ABUNDANCIA PROMEDIO DE
OTROS ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS
LAGOS (continuacion).**

CUERPO ACUATICO	ABUNDANCIA (ind./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Esrom, Din.	215	eutrófico	Macañ, 1974*
- <u>Helobdella stagnalis</u> (Hirudinea):	44		
- <u>Gammarus pulex</u> y <u>Pallasea quadrispinosa</u> (Amphipoda):	170		
- <u>Piona rotunda</u> y <u>Piona coccinea</u> (Hydracarina):	1		
Velence, Hun.	10	eutrófico	Andrikovics, 1975 *
- Hydracarina:	10		
Dóbran, Yug.	963	eutrófico	Sapkarev, 1980 *
- <u>Helobdella stagnalis</u> (Hirudinea):	27		
- <u>Hirulogammarus triacanthus</u> (Amphipoda):	626		
- Hydracarina indet.:	40		
Thonotosassa, EUA	3	hipertrofico	Cowell y Vodopich, 1981
- Hirudinea:	1		
- <u>Hyaletta azteca</u> (Amphipoda):	2		

* Citado en Wetzel, 1975

** Citado en Welch, 1952

° Citados en Alcocer, 1988

**APENDICE 5. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO TOTAL
DE ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS
LAGOS.**

CUERPO ACUATICO	BIOMASA peso seco (gr./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Mex.			
LV-A	0.96	eutrófico	
LV-B	2.27	eutrófico	
LMA	0.58	eutrófico	
LME	0.29	eutrófico	
Mendota, EUA	6.52	eutrófico	Juday, 1921 *
10 lagos en URSS	0.52	no mencionado	Deevey, 1941 y Hayes, 1957*
38 lagos en EUA	1.09	no mencionado	Deevey, 1941 y Hayes, 1957*
13 lagos al N. Can.	1.11	no mencionado	Deevey, 1941 y Hayes, 1957*
Green, EUA	1.98	no mencionado	Juday, 1942 *
Nebish, EUA	1.50	no mencionado	Juday, 1942 *
Last Mountain, Can.	8.60	no mencionado	Rawson y Moore, 1944 **
Minnewanka, Can.	0.45	no mencionado	Rawson, 1955 *
Gribso, Din.	1.18	distrófico	Berg y Peterson, 1956 *
Parvin, EUA	9.98	no mencionado	Buscemi, 1961 *
Estanques Checoslovacos para piscicultura			
Wyland, EUA	3.10	eutrófico	Lellak, 1961 *
	0.83	no mencionado	Gerking, 1962 *

**APENDICE 5. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO TOTAL
DE ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS
LAGOS (continuacion).**

CUERPO ACUATICO	BIOMASA peso seco (gr./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
19 lagos Polacos	0.35	eutrófico	Pieczynska <u>et. al.</u> , 1963*
Borrevar, Nor.	11.09	eutrófico	Okland, 1964 *
Velence, Hun.	1.57	eutrófico	Andrikovics, 1975 ^
Glubokoe, URSS	0.21	eutrófico	Sokolova e Izvekova, 1986

* Citados en Wetzel, 1975

** Citado en Cole, 1979

^ Citado en Alcocer, 1988

APENDICE 6. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO DE OLIGOQUETOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO ACUATICO	BIOMASA peso seco (gr./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Méx.			
LV-A	0.81	eutrófico	
LV-B	1.50	eutrófico	
LMA	0.13	eutrófico	
LME	0.02	eutrófico	
Borrevan, Nor.	3.33	eutrófico	Okland, 1964 *
Esrom, Din.	1.28	eutrófico	Wetzel, 1975
Zbechv, Pol.	0.15	eutrófico	Kasprzak, 1984
Wielkopolska, Pol.	0.62	eutrófico	Kasprzak, 1984
Glubokoe, URSS	0.48	eutrófico	Sokolova e Izvekova, 1986
Gethouba, China	1.11	no mencionado	Yanling, 1987
Sannia, China	0.97	no mencionado	Yanling, 1987
Yinyang-Chongqing, China	0.73	no mencionado	Yanling, 1987
Wujiang, China	0.23	no mencionado	Yanling, 1987

* Citado en Wetzel, 1975

APENDICE 7. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO DE DIPTEROS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO ACUÁTICO	BIOMASA peso seco (gr./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Méx.			
LV-A	0.15	eutrofico	
LV-B	0.72	eutrófico	
LMA	0.44	eutrofico	
LME	0.26	eutrófico	
Borrevan, Nor.	3.29	eutrofico	Okland, 1964 *
Estanque en Gales, GB	3.50	eutrófico	Potter y Learner, 1974 *
Velence, Hun.	0.86	eutrófico	Andrikovics, 1975 **
Memphremagog, Can.	2.35 ^b	no mencionado	Dermott <u>et. al.</u> , 1977 *
Tjeukemeer, Hol.	2.05	no mencionado	Beattie, 1982
Fond J Tundra, Alaska	4.10	eutrofico	Buttler, 1982
Glubokoe, URSS	0.81	eutrófico	Sokolova e Izvekova, 1986
Glubokoe, URSS	0.64 ^c	eutrófico	Sokolova e Izvekova, 1986

* Citado en Wetzel, 1975

** Citado en Alcocer, 1988

^a Citados en Buttler, 1982

^b Solamente Chironomus plumosus

^c Solamente Chironomus antracinus

^d Solamente quironómidos

^e Solamente Chaoborus sp.

APENDICE B. COMPARACION DE LOS VALORES DE BIOMASA PROMEDIO DE OTROS ORGANISMOS BENTICOS DE LOS LAGOS DE CHAPULTEPEC CON OTROS LAGOS.

CUERPO	BIOMASA peso seco (gr./m ²)	STATUS TROFICO	REFERENCIA
Chapultepec, Mex.			
LV-A	0.0034	eutrófico	
LV-B	0.0600	eutrófico	
LMA	0.0200	eutrófico	
LME	0	eutrófico	
Bonnevan. Nor.	0.96	eutrófico	Okland. 1964 *
Glubokoe. URSS	0.21	eutrófico	Sokolova e Izvekova, 1986

* Citado en Wetzel, 1975

IZT.



U.N.A.M. CAMPUS
TLAXIACO