



179
224

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

***ESTUDIO DE LA FLORA Y LA VEGETACION
ACUATICA VASCULAR DEL LAGO DE
CUIZEO, MICHOACAN.***

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O**

P R E S E N T A
JOSE ROJAS MORENO

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D.F. 1991.



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 está 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.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad conocer la flora y la vegetación vascular acuática del Lago de Cuitzeo, así como las relaciones básicas entre éstas y la físico-química del agua y del sedimento. El trabajo fue realizado de abril de 1986 a abril de 1987 y consistió en el registro de datos *in situ*, en la colecta de material botánico y en la toma de muestras de aguas y sedimentos.

La gran extensión del Lago de Cuitzeo, su poca profundidad y el gran número de manantiales determinaron una gran diversidad de hábitats que fueron propicios para el desarrollo de diversas formas de vida de plantas acuáticas y subacuáticas; por lo que se obtuvo una alta riqueza florística que está representada por 40 familias, 70 géneros y 92 especies, de las cuales 25 fueron acuáticas estrictas y 30 subacuáticas. El resto fueron especies tolerantes. Las altas concentraciones de sales en el sedimentos y en las aguas, el largo periodo de sequía y la alta evaporación fueron los factores que limitaron el crecimiento de la vegetación acuática en casi todo el lago, especialmente en la parte occidental y el centro. Por el contrario, en la zona sureste la descarga continua de manantiales y ríos (con baja concentración de sales) mantuvieron el nivel del agua casi permanente durante todo el año y es aquí donde se encontraron las comunidades de hidrófitas más representativas por su diversidad y la extensión que cubrieron. Las comunidades predominantes fueron de hidrófitas enraizadas emergentes dominadas por *Typha domingensis*, *Scirpus* spp., *Cyperus* spp., *Eleocharis* spp. y *Phragmites australis*. De las hidrófitas enraizadas sumergidas, *Potamogeton pectinatus* fue el elemento que cubrió más de la mitad de la parte oriental del lago, asociado a una alga

del género Chara.

La progresiva pérdida en la captación del agua del lago ha producido la desaparición de grandes áreas inundadas, por lo que se puede concluir que el futuro del Lago de Cuitzeo y de la riqueza biótica que lo habita dependerá en principio de un oportuno y adecuado suministro de agua, que si no se lleva a cabo, en un futuro cercano se perderá para siempre. Los resultados del presente trabajo permiten establecer las áreas susceptibles de conservación y sientan las bases para la realización de estudios posteriores que pretendan conocer la productividad y el aprovechamiento de los recursos entre otros.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMIENTOS | |
| RESUMEN | <i>i</i> |
| INTRODUCCION | <i>1</i> |
| OBJETIVOS | <i>5</i> |
| DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO | <i>6</i> |
| <i>Antecedentes</i> | <i>6</i> |
| <i>Generalidades</i> | <i>7</i> |
| <i>Fisiografía</i> | <i>8</i> |
| <i>Geología</i> | <i>9</i> |
| <i>Edafología</i> | <i>10</i> |
| <i>Hidrología</i> | <i>10</i> |
| <i>Clima</i> | <i>11</i> |
| METODOLOGIA | <i>12</i> |
| RESULTADOS | <i>16</i> |
| <i>Vegetación</i> | <i>16</i> |
| <i>Hidrófitas enraizadas emergentes</i> | <i>18</i> |
| <i>H. libremente flotadoras</i> | <i>20</i> |
| <i>H. enraizadas sumergidas</i> | <i>21</i> |
| <i>H. de hojas flotantes</i> | <i>22</i> |
| <i>Flora</i> | <i>24</i> |
| <i>Uso y manejo de los recursos acuáticos</i> | <i>26</i> |

| | |
|--|----|
| <i>Características físicas del agua</i> | 29 |
| <i>Nivel de la columna de agua</i> | 29 |
| <i>Transparencia</i> | 30 |
| <i>Conductividad eléctrica</i> | 31 |
| <i>Características químicas del agua</i> | 32 |
| <i>PH</i> | 32 |
| <i>Composición iónica</i> | 32 |
| <i>Sodio</i> | 33 |
| <i>Potasio</i> | 34 |
| <i>Magnesio y Calcio</i> | 34 |
| <i>Cloruros</i> | 35 |
| <i>Bicarbonatos</i> | 35 |
| <i>Carbonatos y Sulfatos</i> | 35 |
| <i>Fósforo y Nitrógeno</i> | 36 |
| <i>Características físicas del sedimento</i> | 37 |
| <i>Textura</i> | 37 |
| <i>Humedad</i> | 38 |
| <i>Características químicas del sedimento</i> | 38 |
| <i>PH</i> | 38 |
| <i>Materia orgánica</i> | 39 |
| <i>Cationes intercambiables (Mg, Ca, Na y K)</i> | 40 |
| <i>Micronutrientes (Mn, Fe, Zn y Cu)</i> | 41 |

| | |
|--|----|
| <i>Fósforo y Nitrógeno</i> | 42 |
| DISCUSION | 44 |
| <i>Influencia de los factores ambientales sobre la vegetación acuática</i> | 44 |
| <i>Condiciones de la física y química del agua</i> | 46 |
| <i>Condiciones de la física y química del sedimento</i> | 55 |
| CONCLUSIONES | 61 |
| LISTADO FLORISTICO | 64 |
| REFERENCIAS | 71 |

INTRODUCCION

Son dos los principales motivos que llevaron a la realización del presente trabajo. El primero, debido a los escasos e incompletos estudios que sobre la vegetación acuática vascular se han realizado en el país. El segundo, de igual importancia, por el notable deterioro en que se encuentran los ecosistemas acuáticos producto de la desorganizada y creciente industrialización y urbanización que tienden a reducir y a suprimir los hábitats naturales de las plantas acuáticas.

*En varios de los trabajos de investigación que conocemos sobre la vegetación vascular de ambientes acuáticos nacionales, destacan dos zonas de estudio: el Valle de México y sus alrededores; y la parte sureste del país desde Veracruz a Quintana Roo. Cabe destacar que son los aspectos descriptivos de la vegetación y los listados florísticos los elementos relevantes de dichos estudios y en menor grado los aspectos ecológicos, etnobotánicos y taxonómicos. Por mencionar sólo algunos de estos trabajos tenemos: los estudios de Bravo (1930), Blackaller (1937), Ramírez-Cantú (1939 y 1942), Rioja (1942), Romero (1963), Orozco y Lot (1976), Miranda (1980), Quiróz (1980) y Quiróz *et al.* (1982), Ramírez (1983), Ramírez y Novelo (1984), Gutiérrez (1985), Chávez (1986), Lot y Novelo (1978, 1988 y 1989) y Olvera (1989). Otros trabajos de interés que se encuentran por publicarse o en preparación, son : Las afinidades florísticas de las monocotiledóneas acuáticas mesoamericanas de Lot- Helgueras y Novelo, A.; la vegetación y la flora vascular de las lagunas de Yuriria, Gto. y Coatetelco, Mor. por Ramos-Ventura y Mijangos-Carro respectivamente, y el estudio limnobotánico de seis lagos cráter de Puebla, de Ramírez.*

La importancia económica de este tipo de vegetación pareciera radicar tan sólo en los graves problemas que ocasiona en los sistemas hídricos, principalmente aquellas plantas de alto potencial reproductivo que llegan a constituirse en malezas, sin llegar a considerarse, salvo algunas excepciones, como recursos alternativos con altas potencialidades de uso (Morales, 1978; Arrignon, 1979; Jaime y Chapa, 1976 y Sculthorpe, 1967).

De sobra es conocida la utilización de la vegetación acuática por los antiguos mexicanos, que habitaron el sistema lacustre del Valle de México. Las utilizaban como alimento, como medicina o como almacigo en la preparación de tierras de cultivo (Leich, 1937; Ramírez-Cantu, 1939; Miranda, 1980 y Novelo & Gallegos, 1988).

Sin embargo la importancia de las hidrófitas no sólo radica en su aspecto económico sino también en su papel ecológico. Las plantas acuáticas vasculares son de fundamental importancia para la vida animal. Las hidrófitas como primer eslabón de la cadena alimenticia sirven de fuente de alimento orgánico como producto de su actividad fotosintética y proporcionan el oxígeno para la respiración. Las hidrófitas actúan además como bombas para poner nuevamente en circulación las materias minerales y orgánicas en el medio acuático; estabilizadores del sedimento evitando la erosión; ofrecen, además, protección a los animales acuáticos pequeños, a la población piscícola y a la avifauna; sus tallos, hojas y raíces sumergidas proveen espacios sobre los cuales otros organismos pueden nidificar, etc. (Arrignon, 1979; Mitchell, 1974; Brown, 1971; Novelo y Lot, 1989).

Para Muenscher (ver Sculthorpe, 1967) la vegetación acuática vascular se constituye de las especies que normalmente se encuentran creciendo en el agua completamente sumergidas, emergiendo, o bien en el suelo más o menos saturado de agua en alguna parte de su ciclo de vida.

Las características particulares que presentan los cuerpos lénticos presuponen modificaciones estructurales en la vegetación acordes con las necesidades que les impone una vida acuática. Estos cambios permiten la adaptación a los sistemas acuáticos de muy diversas maneras, y que se ven expresadas en las diferentes formas de vida que adquieren las plantas acuáticas. Estos cambios no son ni series continuas ni se expresan tampoco en todas las formas de vida. Pueden ser más severas en una forma de vida que en otra. Según Cronquist (1981) son las parte aéreas de las hidrófitas emergentes, las que por su condición ambiental, reflejan una estructura muy similar a la de la mesófitas. Mientras que en otras hidrófitas son tan severos los cambios que es difícil distinguir raíces, tallos y hojas (Sculthorpe, 1967; Hutchinson, 1975 y Whitton, 1975).

En su hábitat natural las hidrófitas se encuentran formando asociaciones vegetales en el margen e interior de los lagos y canales. Estas asociaciones se corresponden a zonas de colonización que se suceden a lo ancho de los lagos en zonas concéntricas relacionadas íntimamente con el nivel del agua y la topografía del medio léntico (Lot & Novelo, 1978). Una zona litoral cercana a la orilla, caracterizada por asociaciones de hidrófitas emergentes (enraizadas al sustrato sumergido, con hojas y órganos reproductivos aéreos); una segunda zona caracterizada por una mayor profundidad y asociaciones de hidrófitas sumergidas de hojas flotantes (enraizadas al sustrato sumergido con hojas flotando sobre la superficie del agua y órganos reproductivos flotando o aéreos); y finalmente, la zona más interna del lago habitada por hidrófitas totalmente sumergidas (enraizadas con órganos vegetativos totalmente sumergidos y órganos reproductivos aéreos, flotando o sumergidos). Las libres flotadoras (sin fijación al sustrato, flotan sobre la superficie del agua), dado que carecen de fijación al sustrato, pueden localizarse en cualesquiera de las tres zonas arriba mencionadas o bien en

una cuarta zona que correspondería a la parte más profunda y carente de vegetación enraizada o sumergida, y en donde su distribución depende de las corrientes del agua y de la dirección del viento (Arrignon, 1979; Lot & Novelo, 1978; Ramirez, 1939; Schwoerbel, 1975).

Los ambientes lénticos son transitorios. Conforme los sedimentos y restos orgánicos se acumulan en el medio acuático el agua se hace cada vez más somera y cada zona de vegetación se mueve hacia el centro convirtiendo algunos lechos de los canales y partes marginales del cuerpo léntico en terrenos cenagosos. Así, tarde o temprano, se verá llenado por sedimentos minerales y restos orgánicos que darán origen a tierra firme, y que a través del tiempo soportará etapas sucesionales de vegetación hasta llegar a la vegetación climax. Esta sucesión puede llevar desde unas cuantas décadas hasta miles de años dependiendo de la masa de agua, el clima, la velocidad de sedimentación, la profundidad, etcétera (Vallenynne, 1978; Arrignon, 1979).

Las actividades diversas realizadas por el hombre en los ambientes acuáticos (v.g. desviación y entubamiento de ríos, utilización de enormes volúmenes de agua en la agricultura y consumo humano, desecación de lagos y contaminación del agua), propician profundas alteraciones de los ambientes acuáticos e incluso su desaparición, aún en periodos cortos de tiempo.

Es evidente la incapacidad de nuestro sistema económico de obtener energía de los ecosistemas sin destruir o modificar su equilibrio. La sobreexplotación y el enorme flujo de productos de desecho que se le adicionan provocan alteraciones irreversibles y el agotamiento de los recursos. Los ecosistemas acuáticos no están exentos de esta irracionalidad. Por el contrario, su deterioro avanza en forma paralela al desarrollo de la industria, de la agricultura

y la urbanización. De aquí nace la necesidad urgente de estudiar la dinámica de estos ecosistemas a fin de plantear proyectos de preservación, manejo y utilización de sus recursos sin provocar alteraciones que provoquen su desaparición.

En consecuencia, dada la gran importancia ecológica y económica de la vegetación acuática y los escasos estudios en ambientes tan dinámicos y frágiles, como los ambientes lénticos, es que se presenta el siguiente trabajo intentando contribuir al conocimiento de la flora acuática, especialmente de los grandes lagos del país y describir algunas de las condiciones físico-químicas en las que se encuentran. Con este fin se proponen los siguientes:

OBJETIVOS

- 1.- Presentación de un listado de la flora acuática vascular del Lago de Cuitzeo, Michoacán.
- 2.- Descripción de la vegetación acuática.
- 3.- Elaborar un mapa de distribución de las comunidades de hidrófitas dominantes.
- 4.- Describir algunas de las relaciones existentes entre la distribución de la vegetación acuática con algunos factores físico- químicos del agua y del sedimento.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Antecedentes

Hay pocos trabajos de investigación sobre el lago de Cuitzeo, fundamentalmente es en trabajos acerca de viajes y descripciones geográficas en donde se le menciona ocasionalmente.

En las relaciones geográficas del siglo XVI se menciona la laguna como un cuerpo de agua salada con abundante hierba en sus riberas. Aquí se menciona la existencia de una planta acuática llamada por los nativos "curiraxagua" (Paso y Troncoso, 1958). Humboldt (1941) describe al lago de Cuitzeo como cargado de muriato de sosa y que exhala hidrógeno sulfurado; y a los manantiales termales como cuerpos con ácido muriático. En el siglo XVIII Paso y Troncoso (1945) expone una serie de medidas sobre el lago asignándole 14 leguas (78 km) de oriente a poniente y de 2 a 4 leguas (11.1 a 22.2 km) de norte a sur según los tiempos y con una profundidad no mayor de tres varas (2.5 m), a excepción de la zona al sureste por donde desemboca el río Valladolid (río Grande de Morelia), que puede alcanzar las tres varas. Zinconeivi (1923) menciona algunos manantiales al oriente que desagúan en el lago. Se menciona además un contrato para desecar el lago, el cual no se llevó a efecto. Orozco y Madinaveitia (1941) realizaron algunos análisis químicos del agua para determinar el contenido de carbonato sódico. Más recientemente se realizaron algunos trabajos más completos en los que se abordan más aspectos y con mayor detalle.

Corona (1946) da una descripción muy completa de los aspectos sociales y naturales de Cuitzeo. En este último estudio la laguna se describe como un cuerpo de agua salada con una superficie de 1260 km², de baja profundidad con elevadas pérdidas de agua por evaporación ocasionando que se seque en dirección norte a sur y de oeste a este, hasta en sus

dos terceras partes. Dentro de la flora menciona algunas plantas acuáticas y halófitas del lago.

Según Tamayo (1962) la cuenca del lago parece tener su origen en la actividad tectónica y volcánica del Eje Neovolcánico la cual dió origen a una cuenca originalmente cerrada y que se comunica artificialmente a la laguna de Yuriria por el dren La Cinta desde 1537 y completada hasta el presente siglo, según Deewey (ver Cortéz *et al.*, 1980).

Cortéz, Mendivil, Pérez y García (1980) realizaron un estudio en el cual se cuantifican los factores físicos y el contenido de algunos iones del agua del lago en relación con los recursos pesqueros. Presentan además, las principales características morfométricas y régimen hídrico del lago.

Recientemente Gurza (1988) menciona la construcción de un gasoducto en 1983, en la cuenca del lago, en el cual para probar su funcionamiento PEMEX drenó más de la mitad de las aguas del lago.

Generalidades

El lago de Cuitzeo se localiza a 34 km al norte de Morelia entre los paralelos 19° 53' 15" y 20° 04' 30" de latitud norte y entre los meridianos 100° 50' 20" y 101° 19' 30" de longitud oeste, a una altura de 1820 msnm (Fig. 1).

Se puede llegar por la carretera federal número 43 México-Morelia, que atraviesa sobre el lago en el municipio de Cuitzeo. O bien, por la carretera federal num. 120, de Acámbaro a Morelia, aproximadamente 5 km adelante de Zinapécuaro. Pero además, y dada la gran extensión superficial del lago, que puede llegar a ocupar siete municipios de Michoacán y uno de Guanajuato, se podría llegar a él por una gran número de caminos de terracería y por veredas (DETENAL cartas topográficas E14A13, E14A14, y F14C83).

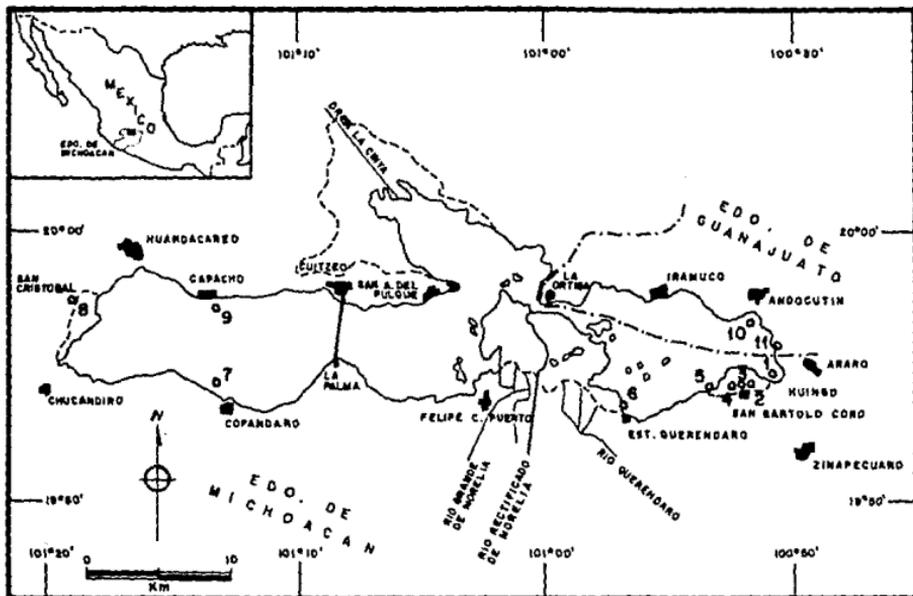


Fig. 1. Mapa de localización geográfica del Lago de Cuitzeo y ubicación de las zonas de muestreo (en números arábigos).

El lago de Cuitzeo es un gran cuerpo de agua de una longitud de orilla estimada según Romero (1931, 1960) en 188 km y más recientemente según Cortéz et al. (1980) de 170 km, que ocupa una gran extensión en la parte norte del estado de Michoacán y una porción (periódicamente seca) del estado de Guanajuato. Su longitud máxima según Cortéz et al. (1980) es de 51.3 km en dirección oeste-este y de 12.3 km de anchura máxima de norte a sur (Fig. 1).

El lago de Cuitzeo representa uno de los lagos de mayor extensión superficial del estado - e incluso del país - con una área estimada de 420 km² (Cortéz et al. 1980). En cuanto a su superficie, sería uno de los más importantes del país si no fuera por su poca profundidad que alcanza, según Paso y Troncoso (1945) 2.5 como promedio. O bien, los 1.15 m de profundidad media que más recientemente le asigna Cortéz et al. (1980).

Dada su poca profundidad en la parte norte y noroeste el lago se encuentra en franco proceso de desecación. En las épocas de sequía prolongada, la desecación se extiende cada vez más al sur e incluso más al sureste (Corona, 1946; Paso y Troncoso, 1945). Según Romero (1921, 1960) ha habido ocasiones en que el lago se ha secado por completo.

Fisiografía

El lago de Cuitzeo está localizado dentro de la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal y la subprovincia de las Sierras y Bajíos Michoacanos (DETENAL, cartas fisiográficas México y Guadalajara). Según Tamayo (1962) la cuenca endorréica de Cuitzeo se origina a finales del periodo Terciario, entre el Plioceno y el Pleistoceno, en los mismos fenómenos tectónicos y volcánicos que dieron origen al Sistema Volcánico Transversal. Algunos investigadores consideran que el lago formaba parte de un antiguo lago de grandes

dimensiones en un flujo continuo del gran río Lerma hacia el Océano Pacífico y que como consecuencia de la actividad tectónica y volcánica llegó a ser cuenca endorréica (Cortéz *et al.* 1980, Diario La Jornada 6 de mayo, 1988).

Geología

Esta subprovincia de Sierras y Bajos Michoacanos, presenta rocas ígneas y sedimentarias del Terciario superior alternando con rocas ígneas y aluviones del Cuaternario, estos últimos llenando valles y llanuras.

A excepción de una parte del lado oeste del lago, existe una ordenación más o menos concéntrica de los materiales geológicos. Del centro del lago hacia el exterior se tiene: a) material lacustre de edad Cuaternaria, material fino a gránulos, y de baja permeabilidad; b) material de origen aluvial de edad Cuaternaria, de fragmentos de tamaño de grava y arena, y alta permeabilidad; c) riolita o toba riolítica del Terciario superior asociada a material de edad Cuaternaria; y d) basalto principalmente del Terciario superior asociado a material de origen Cuaternario, como la toba riolítica que puede alternar con basalto en áreas bastante amplias.

Bordeando las amplias zonas lacustres y aluviales del norte existe un predominio de material ígneo, fundamentalmente de basalto y brecha volcánica. La parte oeste y sur presentan una conformación similar a la anterior sumando un elemento más en pequeñas manchas, la toba riolítica, mientras que en el este, presenta cambios alternados de toba riolítica y riolita a basalto (DETENAL, cartas geológicas E14A13, E14A14, y F14C83).

Edafología

Dominan los suelos vertisoles y los feozem. Los vertisoles de textura lítica y pedregosa por el norte y oeste y los de textura fina al sur, con más de un 15% de sodio intercambiable. En la zona del este y en las islas los suelos feozem de textura media son los dominantes. Las zonas expuestas a inundaciones periódicas presentan suelos del tipo solonchak gleyico y alcalinos (DETENAL cartas edáficas E14A13, E14A14 y F14C83).

Hidrología

La Secretaría de Recursos hidráulicos (1973) ubica a la cuenca del lago dentro de la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago (Región Hidrológica No. 12).

El lago se encuentra situado en la parte norte de la cuenca, en su parte más profunda. Se le atribuye un volumen de 484.539 ($\times 10^6$ m³) siendo su área de captación de 3757.5 km² (Cortéz et al. 1980).

El lago de Cuizteo se alimenta principalmente de los ríos Grande de Morelia y Queréndaro cuyas corrientes aportan al lago, según Tamayo (1962), 185 millones de metros cúbicos anuales.

El río Grande de Morelia nace al norte de Tacámbaro y al oriente de Páztcuaro, en la prolongación de la serranía de Mil Cumbres. Sus principales formadores son el río Tiripeto y el Terio que se unen aguas arriba de Santiago Undameo. Después de varios aprovechamientos, a la altura de Zacapendo, el río sigue una trayectoria hacia el poniente para después virar hacia el norte, rumbo a Carrillo Puerto en cuyas cercanías desemboca en el lago de Cuizteo (S.R.H.1973, Tamayo,1962).

El río Queréndaro es el segundo alimentador del lago de Cuizteo, se forma por la

unión de dos corrientes: el río Zinapécuaro y el río Queréndaro propiamente dicho. Nace en las faldas de la sierra de Mil Cumbres y sigue una dirección noroeste hacia Queréndaro. A la altura de la presa Malpats confluyen las aguas de su afluente más importante, el río Zinapécuaro. De aquí continúa hacia el noroeste hasta cerca del cauce artificial del río Grande de Morelia, para seguir con rumbo norte, hasta descargar en el sureste del lago de Cuitzeo. Su corriente transporta gran cantidad de materiales sólidos (Tamayo,1962).

El dren La Cinta es un conducto artificial, que abre la parte norte del lago de Cuitzeo (Fig.1), con la parte suroeste de la laguna de Yuriria, pasando por la laguna de Huehuemba. Tiene por objeto pasar los excedentes del lago de Cuitzeo a la laguna de Yuriria (Tamayo,1962).

Clima

En la periferia del área que nos ocupa existen cinco estaciones meteorológicas, repartidas alrededor del lago (Fig. 2.).

Cuatro de estas estaciones meteorológicas presentan un tipo de clima parecido. Todas ellas presentan un tipo de clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias de verano [(A) C (w) (w)]. Huingo y Copándaro presentan verano fresco con poca oscilación térmica anual. Copándaro presenta además cangula.

En Zinapécuaro el verano es fresco y largo pero la oscilación térmica es extremosa. Acambaro (Iramuco) presenta un verano cálido con poca oscilación térmica. En todas ellas el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano (García,1981).

El clima registrado en Cuitzeo del Porvenir (ibid.), al norte del lago, es clima seco, el menos seco de los secos, con régimen de lluvias de verano, con invierno fresco, poca

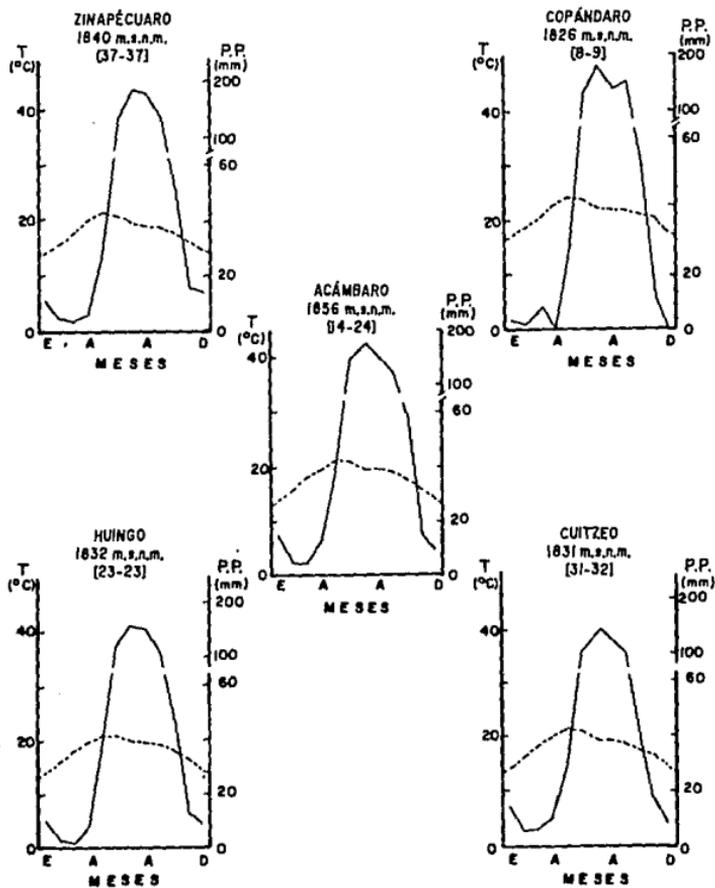


Fig. 2. Climogramas de las estaciones meteorológicas ubicadas en las cercanías del Lago de Cuitzeo (datos de García, 1981).

oscilación térmica y con el mes más caliente del año antes del solsticio de verano [B SI hw (w) (i) g].

METODOLOGIA

Se reunió el material bibliográfico y cartográfico que pudiera ser útil en la localización y acceso a la región de estudio. Posteriormente se realizó una visita de prospección con el objeto de seleccionar las zonas de muestreo adecuadas. La selección de las zonas de muestreo se determinó de acuerdo a la accesibilidad de la región y a la presencia de factores o actividades que pudieran influir sobre la estructura de la vegetación acuática del lago. Se consideraron principalmente la actividad humana en el lago, las regiones con aportes constantes de agua durante el año y aquellas regiones expuestas a desecación en alguna época. Se realizó una colecta preliminar de material botánico de especies de las comunidades dominantes.

El trabajo de campo consistió en visitas periódicas a la región del lago colectando material botánico y muestras de aguas y sedimentos para su posterior determinación y análisis. Se realizaron 9 visitas al Lago de Cuitzeo, con la siguiente periodicidad: 3 visitas mensuales de abril a junio de 1986; 5 bimensuales de agosto de 1986 a abril de 1987, y una última en noviembre de 1988.

La colecta del material botánico se realizó tanto en los puntos de muestreo de aguas

y sedimentos como en las regiones intermedias a los mismos. Los recorridos se efectuaron en lancha, en vehículo automotor y a pie (en las zonas menos accesibles). El material botánico se prensó y etiquetó para su posterior determinación. Los ejemplares determinados se depositaron en el Herbario Nacional (MEXU), U.N.A.M.

Para la elaboración de los mapas y perfiles de vegetación se tomaron datos de altura de las plantas, de profundidad de la columna de agua y medidas del área (largo y ancho) que ocupaban las poblaciones vegetales acuáticas.

Se tomaron muestras bimensuales de aguas y sedimentos - desde abril de 1986 a abril de 1987- para la determinación de las características físico- químicas. Las muestras de agua se tomaron a una profundidad media de la columna de agua (entre 5 y 70 cm); se colectaron en botellas de plástico de un litro de capacidad a las que se les añadió 1 ml de cloroformo para su conservación, manteniéndose en refrigeración hasta su posterior análisis. Para la determinación del contenido de fósforo y nitrógeno en aguas se tomaron muestras de medio litro en frascos de vidrio de color ambur y se añadieron inmediatamente 5 gotas de azida de sodio, conservándose también en refrigeración para su análisis posterior.

Los sedimentos se colectaron en la zona litoral con un nucleador de un kilogramo de capacidad y se transportaron en frascos de vidrio con tapa de plástico de aproximadamente un litro de capacidad conservándose en refrigeración. Posteriormente fueron secados a 105° C y tamizados en una malla del num. 10 para efectuar los análisis requeridos.

Se tomaron además registros bimensuales del nivel del agua en puntos fijos, con una cuerda marcada en cm, para cada una de las estaciones; la temperatura de la capa de agua intermedia (por la poca profundidad encontrada) con el aparato aquamate water quality modelo FWQC- 14 ; y finalmente, la transparencia con el disco de Secchi.

En el laboratorio de Análisis Químicos del Instituto de Biología (ahora en el Centro de Ecología) se realizaron los siguientes análisis químicos y físicos de las muestras:

Análisis de aguas.

- 1.- pH in situ, utilizando un potenciómetro de campo modelo FWQC- 14 Aquamate Water Quality Tester con electrodo integrado.*
- 2.- Conductividad in situ con el conductímetro modelo CL/8.*
- 3.- Calcio y magnesio por absorción atómica con el modelo 2380 Perkin Elmer Atomic Absorption Spectrophotometer.*
- 4.- Sodio y potasio por flammometría, por el método Barnes (1945) y Wander (1942), en flammómetro Coming 400.*
- 5.- Carbonatos y bicarbonatos por titulación con ácido sulfúrico, método Reitemeier (1943).*
- 6.- Cloruros por titulación con nitrato de plata y cromato de potasio al 5% como indicador, método Reitemeier (1943).*
- 7.- Sulfatos por determinación turbidimétrica, método Sheen (1935).*
- 8.- Nitrógeno total por el método automatizado no.98-70 W/A, en el automatizador II, previa digestión ácida (Technicon Industrial Systems, 1977a).*
- 9.- Fósforo total por el método colorimétrico de ácido ascórbico, previa digestión ácida a 120 C y 15 libras de presión, por periodo de una hora (APHA, AWWA & WPCF, 1980).*

Análisis de sedimentos

- 1.- *Textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos (1963).*
- 2.- *pH se determinó con agua destilada usando una suspensión de relación 1:5 y con un potenciómetro marca Corning, modelo 10.*
- 3.- *Porcentaje de materia orgánica, por la combustión húmeda según el método de Walkley y Black, Walkley (1947).*
- 4.- *Porcentaje de humedad según el método Robinson (1945).*
- 5.- *Fósforo y nitrógeno totales por el método automatizado no. 334-74 W/B en el autoanalizador technicon II, previa digestión ácida en el bloque digestor technicon Bd 20 a 375 C (Technicon Industrial Systems, 1977).*
- 6.- *Cationes intercambiables Ca, Mg, Na y K por el método de lavado y centrifugado con acetato de amonio y determinación en el extracto por absorción atómica, según el método de Jackson (1964) y Robinson (1941).*
- 7.- *Micronutrientes intercambiables Fe, Mn, Cu y Zn por el método de lavado y centrifugado con una solución doble ácida y la determinación en el extracto por absorción atómica.*

Los valores de cero y aquellos no detectados por encontrarse por debajo de los límites de detección o resolución de los aparatos y técnicas empleados serán considerados indistintamente como cero.

RESULTADOS

Vegetación.

La vegetación acuática mostró una gran complejidad estructural y marcada variación temporal que hizo difícil su descripción tanto en composición como en distribución. Esta complejidad puede explicarse, en parte, por la forma más severa con que actúan los factores ambientales sobre estos ecosistemas relativamente pequeños, por la influencia cada vez más creciente de las actividades humanas sobre estos ecosistemas acuáticos, por la temporalidad de muchas de sus formas de vida, por la movilidad de otras, y por las etapas sucesionales de la vegetación propias de la evolución natural del lago. Estos serían sólo algunos de los elementos que conducen cambios en la vegetación acuática, incluso en pequeños periodos de tiempo, y que finalmente, influyen sobre la distribución, composición y permanencia de la vegetación complicando enormemente la elaboración de una descripción definitiva de estas comunidades vegetales (Lot & Novelo, 1988). La elaboración del mapa de distribución, la descripción y los perfiles de la vegetación se hicieron con base en las características fisiológicas de las agrupaciones vegetales descubiertas principalmente en la época de lluvias e inundación, al final de las lluvias, que es cuando existe el mayor desarrollo de la comunidad vegetal (Fig. 3).

De manera totalmente artificial, con fines meramente explicativos, se puede separar el lago en tres zonas de vegetación contiguas con características propias:

1.- La zona sureste-este con una capa de agua permanente durante el año, la cual mantuvo

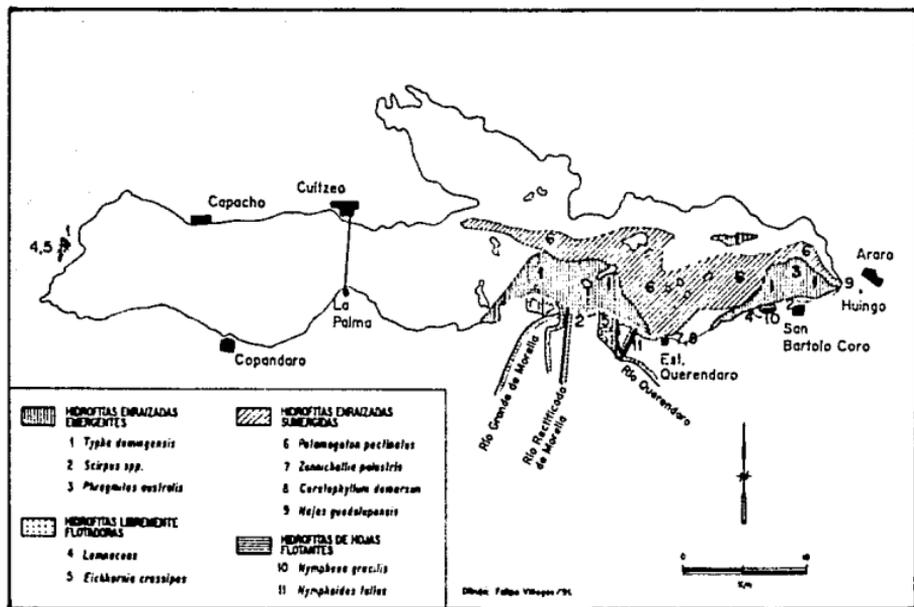


Fig. 3. Mapa de distribución de las asociaciones más importantes de plantas vasculares acuáticas del Lago de Cuitzeo.

las comunidades de hidrófitas más representativas tanto en diversidad como en extensión. Es tal la riqueza florística de esta zona, que contiene 11 familias acuáticas estrictas de las 12 encontradas en todo el lago. Además de su diversidad y extensión, la permanencia de muchas de sus comunidades a través del año es lo que hace de esta zona la región de estudio florístico más importante del lago (Fig. 3 y Fig. 4).

2.- La zona comprendida al norte, sur y oeste, a excepción del manantial San Cristóbal, con períodos marcados de sequía sin columna de agua de hasta ocho meses, limitaron el crecimiento de comunidades de hidrófitas. Estas regiones presentaron escasa vegetación acuática, y sus elementos fundamentalmente fueron individuos aislados o circunscritos a los pequeños manantiales que ahí existen o bien a las áreas que estos inundan. El borde del lago en estas regiones, durante la época de secas, fue totalmente invadido por vegetación halófitas.

3.- Por último, la zona anegada por las aguas del manantial San Cristóbal, en el extremo oeste del lago. Zona de poca extensión que llega a sostener gran diversidad de especies con representantes de 5 familias acuáticas estrictas del total de 12, existe la "desventaja" de que sus agrupaciones vegetales, a excepción del "tular", son de poca extensión y sin límites diferenciables, es decir, no llegan a formarse agrupaciones puras (Fig.3).

La descripción más detallada de la vegetación acuática se hizo considerando las formas de vida dominantes en las comunidades, de acuerdo al sistema de clasificación propuesto por Sculthorpe (1967), y modificado por Dalton & Novelo (1983) y Lot & Novelo (1978 y 1988), que son las siguientes:

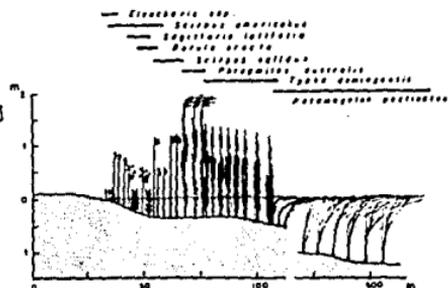
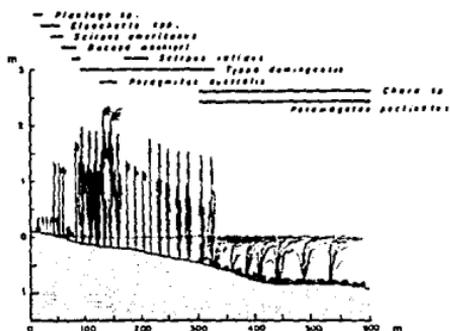
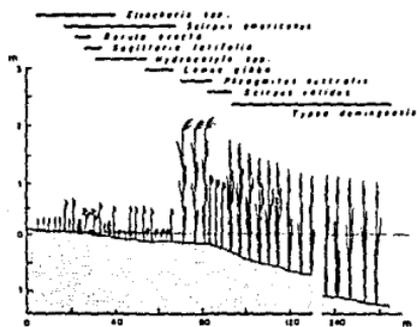


Fig. 4. Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en la parte oriental del lago de Cuitzeo, durante el periodo verano-otoño.

Hidrófitas enraizadas emergentes.

Plantas que están arraigadas al sustrato sumergido, pero sus hojas y órganos reproductivos son aéreos.

La vegetación característica del lago es la agrupación denominada "tular". Esta se localizó distribuida en toda la zona oriental y el extremo oeste como una asociación conspicua de gran extensión y talla. En algunas zonas del sur y del norte, este tular se encontró en forma muy dispersa o bien como elementos aislados. Sus elementos dominantes estuvieron representados por *Typha domingensis*, *Scirpus validus*, *Scirpus americanus* y *Scirpus californicus*, en orden de importancia (Fig. 3)

Estas especies del tular pueden encontrarse mezcladas o formando asociaciones puras con tallas superiores a los dos metros, a excepción de *S. americanus*. Esta planta se halló fundamentalmente en las zonas litorales del lago hasta aproximadamente 60 cm de profundidad y su altura por lo general no superó los 2 m. *S. validus* y *S. californicus* se encontraron mezclados en la zona litoral con *S. americanus*; o como manchones puros de mediana extensión que conforman parte del tular. Por último *T. domingensis*, la especie dominante del tular, se encontró desde el borde del lago hasta profundidades superiores al metro y cubriendo vastas extensiones en ocasiones a más de 1 km del borde del lago - esto en la margen sur y sureste (Fig. 4). Cabe destacar una franja al noreste y en San Cristóbal donde el tular formó una comunidad pura de *T. domingensis*.

Dentro del tular, fue frecuente observar islas o manchones puros de diversas dimensiones de *Phragmites australis*, que se destacan entre el tular por la forma y el color amarillo de sus órganos reproductivos y por sus grandes tallos que superan al tular. En observaciones de enero de 1986 a noviembre de 1988, se encontró un paulatino

desplazamiento de las especies dominantes del tular por P. australis, S. americanus y Eleocharis spp. que van ocupando los lugares en los que T. domingensis y S. validus habían sido "podados", principalmente en las zonas más perturbadas del sureste.

En la región de San Bartolo Coro, colindando con el tular, existen grandes llanuras inundadas invadidas de vegetación acuática en donde destacan las cyperáceas como elementos dominantes, principalmente: S. americanus, Eleocharis rostellata, Cyperus digitatus, Cyperus niger y Cyperus laevigatus. Se destacan así mismo, un gran número de especies asociadas, de la misma forma de vida, las cuales se encontraron formando pequeños y medianos manchones o como individuos dispersos que no llegaron a constituir agrupaciones importantes dentro del lago, algunas de las cuales fueron: Sagittaria latifolia, Arenaria bougaei, Polygonum hidropiperoides, P. punctatum, Ranunculus dichotomus, Solanum sp, Amaranthus sp, Echinochloa sp, Ludwigia peploides, Bacopa monnieri, Mimulus grabratus, Lilaeopsis schaffneriana, Bidens sp, Eclipta prostrata, Benula erecta, Eleocharis montevidensis, Hydrocotyle verticillata y H. ranunculoides, por mencionar sólo algunos. Cabe mencionar que este último (H. ranunculoides) fue un elemento dominante en la zona litoral, zonas de aguas someras protegidas y suelos saturados de agua; se destacó por su amplia distribución y abundancia en casi todo el lago, exceptuando la parte oeste.

Entre los espacios abiertos de las formas enraizadas emergentes se encontraron asociadas formas libremente flotadoras entre las que destacan: Lemna gibba, Eichhornia crassipes, Wolffstelia lingulata y Spirodela polyrhiza. No se detectaron representantes de hidrófitas de hojas flotantes o sumergidas.

En las zonas del norte, sur y oeste, en donde la sequía del lago dura varios meses, hubo individuos dispersos de Scirpus validus, Potamogeton pectinatus y en menor cantidad de

Typha domingensis; desplazadas localmente por una amplia cubierta de vegetación halófila capaz de soportar las condiciones ambientales extremas ahí existentes. La vegetación halófila estuvo ampliamente distribuida en aquellas zonas con altos contenidos de sales y con largos periodos de sequía, destacándose especies como: Distichlis spicata, Sesuvium verrucosum, Atriplex sp, Suaeda torreyana y Chenopodium murale, algunos de estos elementos también detectados en la Estación Queréndaro, al sureste (Fig. 5).

Las zonas de vegetación acuática en estas regiones (del oeste) estaban circunscritas a las pequeñas áreas inundadas por los manantiales que ahí existen. Dentro de estas zonas encontramos a Scirpus americanus como elemento dominante y a Benula erecta, Bacopa monnieri, Triglochin mexicanum e Hydrocotyle ranunculoides como elementos acompañantes.

Hidrófitas libremente flotadoras.

Las asociaciones de este tipo de vegetación no exhibieron numerosos miembros ni ocuparon grandes extensiones. Su distribución se encontró limitada a los bordes del lago exentos de grandes hidrófitas enraizadas, a los claros entre el "tular" y a las zonas de aguas someras y tranquilas de los canales y manantiales de la región sureste y en el manantial San Cristóbal al oeste (Fig. 3).

Dentro de las diversas agrupaciones de esta forma de vida destacó la familia de las lemneáceas con cuatro especies: Lemna aquinoctialis, L. gibba, Spirodela polyrrhiza y Wolffiella lingulata. Todas ellas formando agrupaciones puras de distribución restringida a las partes someras y protegidas entre el tular y a las aguas estancadas de los canales y charcos de Coro y Huíngo (Fig. 3). Sólo Lemna gibba se localizó también en las aguas relativamente profundas pero tranquilas del manantial San Cristóbal, y asociada a otra libre flotadora Pistia

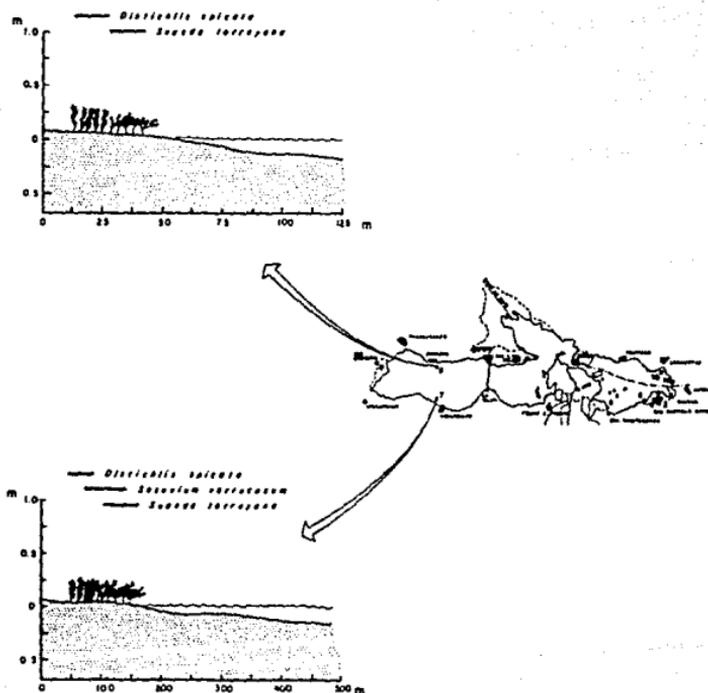


Fig. 5. Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en la parte occidental del Lago de Cuitzeo, durante el periodo verano-otoño.

stratiotes.

En los bordes del lago cercanos a la desembocadura de los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, Eichhornia crassipes formaba manchones puros ampliamente distribuidos en una extensa zona inundada, paralela al que ocupa el margen del lago o bien río adentro. En los suelos saturados de agua de esta misma región, E. crassipes se encontró como el elemento dominante de una asociación en la que coexiste con Heteranthera reniformis y Azolla sp. Otras formas de vida, en esta región, estrechamente asociadas a las libremente flotadoras fueron: Lilaeopsis schaffneriana, Bacopa monnieri y Benula erecta de las enraizadas emergente; Zannichellia palustris, Potamogeton pectinatus y Ceratophyllum demersum de las enraizadas sumergidas y Marsilia sp. Hacia afuera, en el borde más seco del lago, se encuentra una amplia zona susceptible de inundación con un elevado número de halófitas.

En el manantial de San Cristóbal y uno localizado en Coro (sin nombre) se encontraron poblaciones poco extendida de Pistia stratiotes.

Hidrofitas enraizadas sumergidas.

Esta forma de vida está enraizada pero sus hojas están enteramente sumergidas y sus órganos reproductivos pueden ser aéreos, flotantes o sumergidos. Estaban principalmente en las áreas más profundas y de mayor transparencia del sureste y el este del lago (Fig. 3).

Esta forma de vida se encontró representada por sólo cuatro especies de hidrofitas: Potamogeton pectinatus, Zannichellia palustris, Najas guadalupensis y Ceratophyllum demersum, aunque esta última está fija al sustrato por medio de los verticilos foliares inferiores, no presenta raíces que la mantengan anclada al sustrato.

La especie dominante de este tipo de asociación fue Potamogeton pectinatus, el cual

cubría casi la mitad de la parte oriental del lago, encontrándose desde las partes más someras del litoral, entre los espacios abiertos del tular, hasta las partes más profundas e internas del lago. Cabe destacar que, en el extremo este, en Huíngo, en las aguas someras del lago se presentó *P. pectinatus* asociado a una alga del género *Chara* tan abundante que en invierno llegó a ser la especie dominante sobre el sedimento del lago (Fig. 4).

En esta misma zona, en Araro, se localizó la hidrófita *Najas guadalupensis* distribuida en un estrecho canal de aguas tranquilas y estancadas en donde existía como elemento único de la vegetación acuática.

En la parte sureste, frente a la Estación Queréndaro, se encontró la hidrófita sumergida *Zannichellia polystris* acompañada de *E. crassipes*, *Benlia erecta*, *Bacopa monnieri* y *Lilaeopsis schaffneriana*, y de las peridófitas acuáticas *Marsilia* sp. y *Azolla* sp., en orden de importancia. Colindando hacia la parte más profunda la encontramos asociada con *Potamogeton pectinatus* y *Ceratophyllum demersum*. *C. demersum* se encontró abundantemente en la desembocadura del río Queréndaro precisamente en la Estación Queréndaro al sureste del lago, y ocasionalmente en el manantial de Los Baños.

Hidrófitas de hojas flotantes.

Son hidrófitas enraizadas al suelo sumergido, con sus hojas flotando sobre la superficie del agua y sus órganos reproductivos también flotando o completamente aéreos.

Las asociaciones dominantes que representan este tipo de vegetación, se encontraron distribuidas principalmente en los ríos, canales y áreas inundadas de la región sureste; fundamentalmente en la desembocadura de los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, así como en las zonas inundadas de los manantiales de San Bartolo Coro (Fig. 3). Su número

fue relativamente escaso.

En esta región en profundidades entre 0.3 y 2 m se encontraron a Nymphaea gracilis y Nymphoides fallax, las dos únicas macrófitas acuáticas de hojas flotantes colectadas.

Nymphaea gracilis es una hidrófita de hojas flotantes de vistosas flores blancas con amarillo, se localizó principalmente en los canales de aguas estancadas y zonas inundadas de aguas someras, con profundidades entre 30 y 60 cm, de San Bartolo Coro. Comúnmente se encontró asociada a otras hidrófitas de diferentes formas de vida, destacándose entre ellas: Bacopa monnieri, Berula erecta, Lemna gibba, Eichhornia crassipes, Scirpus americanus, S. validus, S. californicus, Typha domingensis y Potamogeton pectinatus, estas cinco últimas primordialmente en la zona litoral del lago en donde Nymphaea gracilis se encontró por lo general en condiciones "precarias" y no llegó a florecer.

Los canales de corriente moderada, originados en las rectificaciones y derivaciones de los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, y con profundidades de 2 o más metros, fueron los sitios en donde se encontró presente Nymphoides fallax, hidrófita de pequeñas flores amarillas y largos pecíolos que la mantienen fija al sustrato y con las láminas sobre la superficie del agua. Se encontró asociada a otras hidrófitas como: Eichhornia crassipes, Berula erecta y Ludwigia peploides.

Cabe mencionar la existencia en la Estación Queréndaro de Marsilia sp., una peridófito acuática con hojas flotantes que se encontró en aguas someras cercanas a los bordes del lago coexistiendo con Eichhornia crassipes, Lilaeopsis schaffneriana, Berula erecta y Azolla sp.

Flora

La gran extensión que ocupa el lago de Cuitzeo, así como las condiciones ambientales diversas (v. gr. poca profundidad, presencia de manantiales con diferentes aniones y cationes, permanencia o ausencia de una columna de agua y tipos diversos de sedimentos) originaron también una diversidad de hábitats que dió como resultante una composición florística bastante rica constituida por 40 familias, 70 géneros y 92 especies; número superior al de otros cuerpos lénticos hasta ahora conocidos de nuestro país, como lo son el lago de Pázuaro (Lot & Novelo, 1988), la laguna de Yuriria (Ramos, en prep.), el lago de Chapala (Borges et al. 1984) y los lagos cráter de Puebla (Ramírez & Novelo, 1984), los cuales son mucho más profundos y/o menos salinos.

Las familias mejor representadas fueron Gramineae, con nueve géneros y trece especies; Cyperaceae con cuatro géneros y trece especies; y Compositae con ocho géneros y ocho especies. Sin embargo, la mayor parte de estas especies son tolerantes al medio acuoso, siendo escasos sus elementos acuáticos estrictos. Las familias con especies acuáticas y subacuáticas mejor representadas fueron: Lemnaceae, con tres géneros y cuatro especies; Umbelliferae y Scrophulariaceae con tres géneros y tres especies, cada una; Pontederiaceae con dos géneros y cuatro especies; y, Ranunculaceae, con dos géneros y dos especies.

Las familias menos representadas en número de especies son: Amaranthaceae, Menyanthaceae, Nymphaeaceae, Najadaceae, Boraginaceae y Orchidaceae, con una especie. Otras familias con sólo una especie representante pero con una distribución más amplia en el lago y un mayor número de elementos fueron: Alismataceae, Araceae, Ceratophyllaceae, Hydrocharitaceae, Zannichelliaceae, Typhaceae y Potamogetonaceae, estas dos últimas

formando extensos manchones en el lago.

Las especies, acuáticas y subacuáticas, con distribución más limitada y escasos miembros fueron: *Triglochin mexicanum*, *Nymphoides fallax*, *Nymphaea gracilis* y *Najas guadalupensis*. Por otro lado, las especies mejor distribuidas espacial y numericamente fueron: *Typha domingensis*, *Potamogeton pectinatus*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Polygonum* spp, *Bacopa monnieri*, *Berula erecta* y *Scirpus validus*, en orden de importancia. Se encontró también a *Marsilia* sp y *Azolla* sp, pteridofitas acuáticas, y una especie bastante abundante de alga del género *Chara*.

Las herbáceas destacaron como las formas biológicas dominantes. Por otro lado, existió sólo un elemento arbóreo del género *Salix*, casi exclusivo de la región occidental del lago. Dentro de las formas herbáceas, las enraizadas emergentes fueron las hidrófitas preponderantes de la flora del lago con 41 especies (acuáticas y subacuáticas), seguidas muy de lejos por las libres flotadoras con 6 especies, las hidrófitas sumergidas con 4 especies, y finalmente, las hidrófitas de hojas flotantes con 2 especies (sin contar dos especies pteridofitas acuáticas y una alga verde).

Según el listado de angiospermas acuáticas mexicanas, presentado por Lot, Novelo y Ramírez (1986), el Lago de Cuizaco presenta 12 de las familias consideradas como familias acuáticas estrictas; 9 familias monocotiledóneas representadas por 12 géneros y 15 especies, y 3 familias dicotiledóneas con 3 géneros y 3 especies. Juntas contabilizan un total de 12 familias acuáticas con 15 géneros y 18 especies.

Uso y manejo de recursos acuáticos

La integración de este apartado, se hace necesaria en virtud de la aparente omisión sobre la utilización de recursos que hacen los nativos de las zonas cercanas al lago. Este también es un intento por señalar, aunque someramente, el uso inadecuado de algunos de los recursos y su gradual agotamiento.

La principal actividad económica en el lago, hasta hace algunos años, fue la pesca: entre las que destacaban las especies denominadas comúnmente como "charales" (Chirostoma spp), tilapias, mojarras, carpas y ocasionalmente ranas. Llegándose incluso a la construcción de estanques en un intento por cultivarlas de manera intensiva como sucedió en Huíngo, al parecer con no muy buenos resultados. La pesca había sido una actividad tradicional de los pueblos que habitan las márgenes del lago. Sin embargo, en la década de los 80's la actividad pesquera fue gradualmente desplazada, como consecuencia de la disminución en la profundidad de la columna de agua y a los largos periodos de sequía, principalmente de la región occidental. Según datos proporcionados por Cortéz et al. (1980) en el periodo 1976-1977 el producto pesquero del lago ascendía a valores de entre 1,330 -1,600 toneladas, considerándose aún con estas cifras un recurso subexplotado - siendo las regiones oeste y centro las más productivas. Más recientemente Gurza (1988) menciona en su nota periodística que la pesca se ha reducido a 280 toneladas, además de las cada vez más frecuentes enfermedades en los peces por causa de la contaminación. A la fecha, parecen ser pocas las medidas para frenar esta situación, por el contrario, parecen existir proyectos estatales de concesionar aguas, bosques y suelo para emplazar industrias en dicha región.

Otro de los recursos utilizados es la captura de almeja, principalmente en la

desembocadura de los ríos y canales del sureste, sin llegar a ser numerosa y sin existir datos de productividad. Cabe mencionar una enorme cantidad de alguna especie de molusco en estado larvario, en la parte occidental, los cuales no llegan a su estado adulto presumiblemente por los largos periodos de sequía a la que se ven expuestas estas regiones.

La caza del pato silvestre y otras aves pequeñas, es casi de carácter local. La recreación, por su parte, estaba limitada a escasos canales y manantiales burdamente acondicionados como balnearios o baños curativos.

Otra actividad tradicional que reditua cierto beneficio económico fue la recolección de algunas plantas acuáticas. Así, los géneros Typha, Scirpus y en menor grado Cyperus, denominados localmente como "tules", son utilizados en la elaboración de enseres domésticos, trabajo artesanal o con fines ornamentales. Cabe mencionar que no son precisamente los pobladores de la orilla del lago los que comercializaron mayormente con estos recursos y sus productos, sino aquellos pueblos de tierra adentro. Otra hidrófita de grandes tallas como el "carrizo" (Phragmites australis) es utilizada en la construcción de barandas, puertas, ventanas o en el acabado de muebles, como cañas de pescar o postes para sostener las pequeñas redes dentro del agua; en la margen sureste se utilizan además como "cercas vivas" que delimitan los predios cercanos al lago. La vegetación acuática de menor talla como Eleocharis spp, Scirpus americanus, Eichhornia crassipes y otras ciperáceas y gramíneas son empleadas como forraje. Lo mismo pasa con plantas de talla media como Cyperus spp y Amaranthus sp., principalmente en las zonas del sureste, este y en el manantial San Cristóbal (situado al oeste). Algunas halófitas como Sesuvium, Suaeda y Chenopodium, del margen suroeste y sureste, son utilizadas también con este fin. Según algunos pescadores (por comunicación verbal) los bulbos de Nymphaea gracilis son utilizados con fines comestibles, con un sabor

parecido al de la papa incluso su preparación es similar. Su utilización, sin embargo, ha decaído por su escaso número. Benúla erecta es otra planta comestible la cual puede prepararse en ensalada o bien en cocción e infusión por sus propiedades terapéuticas contra padecimientos estomacales y enfermedades del riñón. Finalmente, el denominado "berro" (Rorippa-Nasturtium aquaticum) fue otra especie comestible común en ensaladas.

Los crecientes asentamientos humanos - sobre todo de la parte sureste- han traído como consecuencia un cambio en el ecosistema léntico, con el consiguiente desplazamiento de las especies nativas por especies secundarias malezoides más resistentes a los trastornos que ocasiona la actividad humana, y a la contaminación que su presencia ha producido. La evidencia más clara se observa en que son las plantas acuáticas de tipo malezoide las que se encuentran prosperando en mayor número en aquellos sitios en donde la gente se baña y lava la ropa, entre otros.

Las características de poca profundidad y declive, permiten que las plantas hidrófitas emergentes de alto potencial reproductivo "ganen" terreno al lago y transformen la zona litoral en terrenos cenagosos y posteriormente en tierra consolidada la cual posibilita su posterior utilización como tierra de cultivo (con mayor frecuencia se siembra maíz, calabaza, chile y cebolla). Las sequías ocasionan un resultado algo similar. Según Gurza (1988) en 1978 se habilitaron 4 mil hectáreas de terreno del lago a la agricultura, algunas de ellas con sistemas de riego y otros insumos; como las tierras situadas al suroeste frente a Copándaro.

Características físicas de agua

El lago de Cuitzeo es un extenso cuerpo acuático que exhibió gran variedad de características físico- químicas y bióticas. Tiene en su parte oriental, principalmente en la región del sureste, numerosos manantiales (localizados en la zona litoral del lago) y ríos de diversas dimensiones que permitieron la existencia de una columna de agua permanente y de relativamente baja salinidad. Incluyó, además, las comunidades vegetales acuáticas más extensas. Otra zona que comprende el noreste, la parte central y la región oeste (algo así como las dos terceras partes del lago), presentó largos periodos de sequía, y sus máximas profundidades litorales no superaron los 50 cm.; sus aguas contenían una alta concentración de sales. La comunidad vegetal acuática fue exigua, siendo más numerosas las agrupaciones de halófitas. En virtud de la evidente diferencia entre las zonas este y oeste se presenta una comparación gráfica del contenido y variación temporal de cada parámetro. Aunque cabe aclarar, que entre estas dos grandes regiones se presentan zonas de transición con cambios graduales en los valores de dichos parámetros. La elaboración de las gráficas se realizó utilizando los valores promedio mensuales de todas las estaciones en cada zona. Debido a lo incompleto de los datos de la zona occidental y manantiales - por ausencia de columna de agua y por el tipo rocoso de los suelos de algunos manantiales- algunas gráficas no presentan datos completos.

Nivel de la columna de agua.

Los manantiales en su mayoría no presentaron grandes variaciones en su nivel de agua; se aprecia sin embargo un máximo en octubre y los mínimos en junio y abril (Fig. 6).

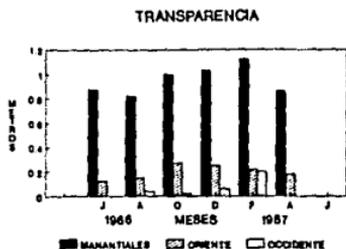
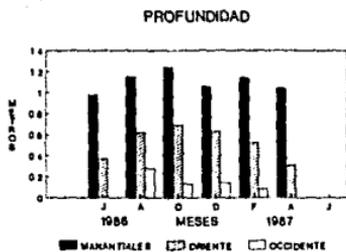
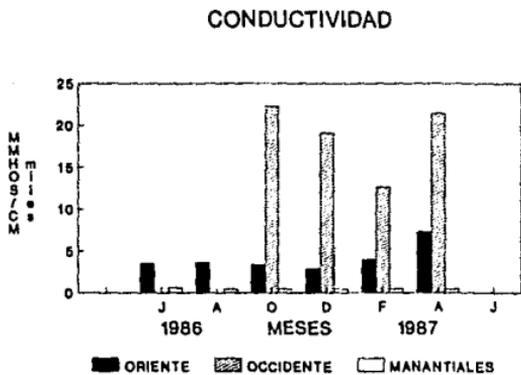


Fig. 6. Gráficas de variación anual en los valores de conductividad, profundidad y transparencia de las aguas del lago, cuantificados in situ.

El lago por el contrario, presentó variaciones muy marcadas tanto espacial como temporal del nivel de la columna de agua (Cuadro 1). El lado este (oriente) del lago, en su zona litoral, presentó profundidades cercanas y/o superiores a un metro en época de lluvias (octubre), y mínimas de entre 25 y 30 cm en los meses secos de junio y abril. La región norte mantuvo una capa de agua con una profundidad máxima en octubre de 50 cm y una mínima de 16 cm en febrero, con un período de sequía total en primavera. El caso extremo de sequía se encontró en la zona oeste del lago, en donde las profundidades máximas oscilaron alrededor de los 30 cm y las mínimas de 8 cm con períodos de sequía total de entre cinco y ocho meses, principalmente en la orilla suroeste frente a Copándaro. Los meses más afectados por la sequía fueron de mayo a septiembre de 1986 y de enero a abril de 1987- que fue el último mes muestreado (Fig. 6).

La profundidad del agua tuvo un marcado efecto sobre la vegetación, al grado que la zonación de las formas acuáticas sólo pudo ser detectada claramente al final de las lluvias, cuando el nivel del agua fue el superior. Las formas de vida más afectadas por los bajos niveles de agua y las secas fueron las hidrófitas enraizadas emergentes y las de hojas flotantes más cercanas a la zona litoral. Estas denotaban pérdida de vigor y una clara disminución en el número de individuos. Por el contrario, las menos afectadas fueron las formas sumergidas como *P. pectinatus* y *Chara* sp. que se encontraron más extendidas en las partes más profundas del lago.

Transparencia del agua.

En los manantiales de baja profundidad, menores de un metro, la transparencia fue igual o muy semejante a la profundidad. En el manantial San Cristóbal, el más profundo, se

encontraron transparencias superiores a los 2 m. de diciembre a febrero y de tan solo un metro en abril (Cuadro 1).

En términos generales, las aguas permanentes del lago tuvieron sus valores de transparencia más altos en el periodo de octubre a febrero, mientras que de junio a agosto fueron más turbias (Fig. 6).

En la cuadro 1, se observa que, fue al iniciar la época de lluvias cuando se incrementa la turbidez, como resultado de la entrada de partículas suspendidas en las aguas de los principales afluentes del lago. En general fueron más transparentes las aguas del este que las del oeste (Fig.6).

Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica es una medida que nos brinda información indirecta referente a las sales ionizables, y que por regla general aumenta con el incremento en el contenido de sales. Como se aprecia en la cuadro 1, las medidas de conductividad más altas, sobre los 20,000 micromohs/cm , se registraron en Capacho y Copándaro, lo que se traduce como las zonas del lago con mayor cantidad de sales ionizables (Fig.6). Su contraparte se localizó en la Estación Queréndaro, con valores un poco por encima de los 1,000 micromohs/cm . Las lecturas más altas se obtuvieron en el periodo lluvioso de junio a agosto y en el mes de abril; las más bajas en octubre y/o diciembre.

Los valores de conductividad en los manantiales, fue entre 360 y 820 micromohs/cm, siendo los valores muy homogéneos para cada una de las zonas de muestreo (Fig. 6).

Características químicas del agua.

Concentración de pH.

El pH de los manantiales se encontró cercano al neutro con ligeras variaciones hacia el ácido o básico. Las variaciones hacia el ácido las detectamos en los meses de diciembre y febrero y las variaciones hacia el básico en los meses de junio y abril (Fig. 7).

Respecto al agua del lago diremos que fue fuertemente alcalina con un valor promedio de pH de 8.7 y extremos de 7.0 a 10.8. Fue la zona comprendida entre Copándaro y Capacho, al oeste, la que ostentó los valores de pH más altos con valores entre 8.8 y 10.8, y una media anual de 9.9. En tanto, la Estación Queréndaro, en la parte sureste, fue el área que presentó los valores cercanos al neutro entre 7.0 y 9.3 y una media anual de 7.7 (Cuadro 1).

En cuanto a su variación temporal, el pH fue alto en junio, decrece de octubre a febrero para aumentar a su mayor nivel en el mes de abril (Fig. 7).

Composición iónica.

El análisis de la composición química del agua nos señala que el lago de Cuitzeo ostentó altas concentraciones de sales, y que en general, podemos definirlo como un lago de aguas salobres o atalasoalinas (que según Margalef, 1983 son aguas saladas no marinas). Presentó altas concentraciones de iones sodio, cloruros, bicarbonato, potasio y carbonato, como iones dominantes (Fig. 8, 9 y 10 y Cuadro 3). La composición de los manantiales varió poco con respecto a la del lago. Aquí los iones principales fueron el sodio, el bicarbonato y el cloruro. Estos iones sin embargo nunca llegaron a tener las concentraciones tan altas que se observaron en las aguas del lago (Cuadro 5).

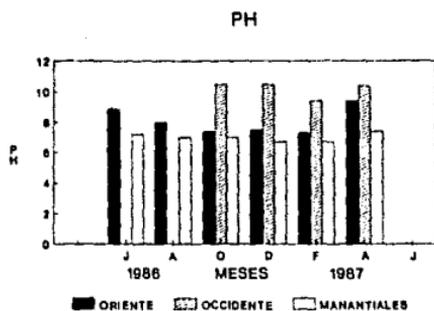
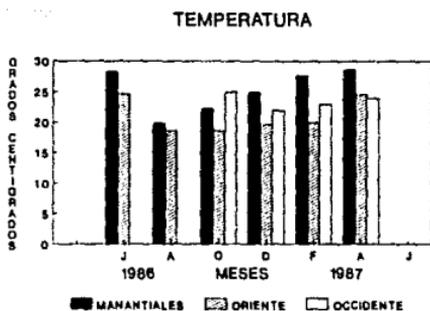


Fig. 7. Gráficas de variación anual de los valores de temperatura y pH de las aguas, cuantificados in situ.

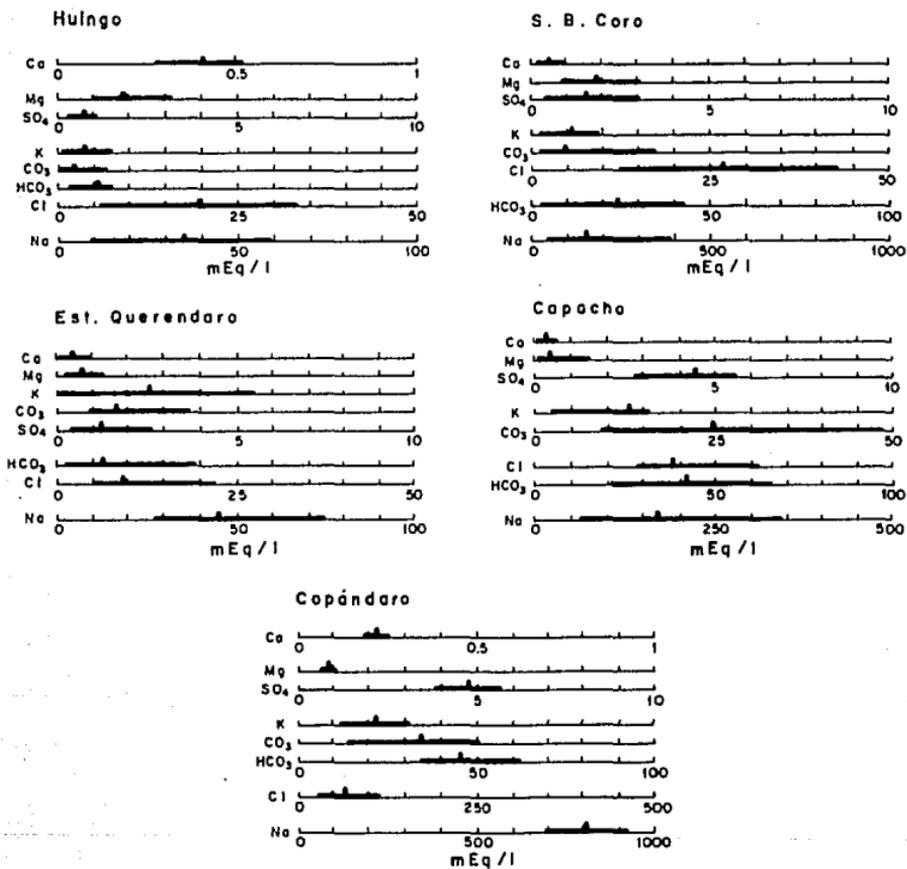


Fig. 8. Composición química del agua del lago, con valores máximos, mínimos y promedios por zonas de muestreo.

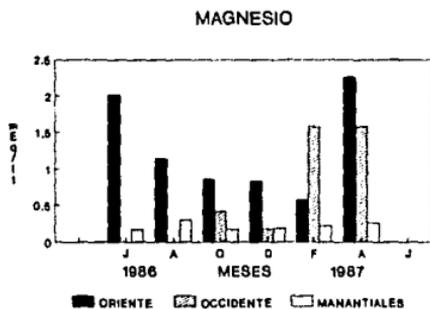
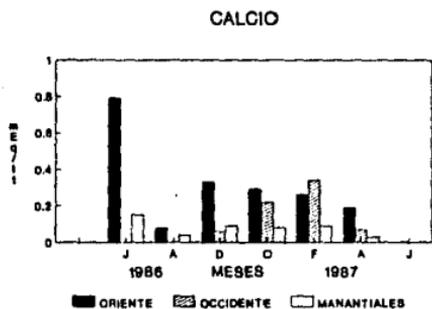
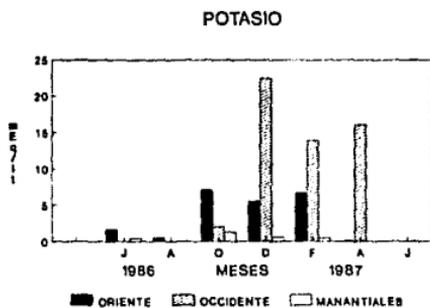
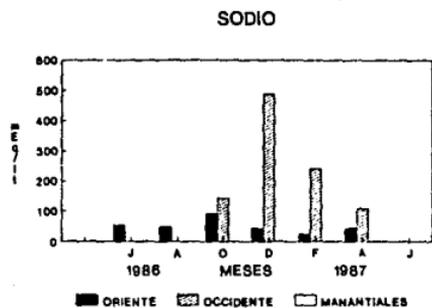


Fig. 9. Gráficas de la variación anual de los contenidos de cationes en las aguas del lago y de los manantiales.

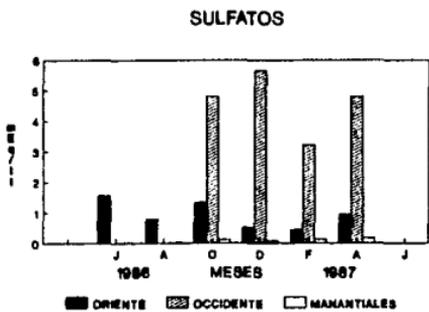
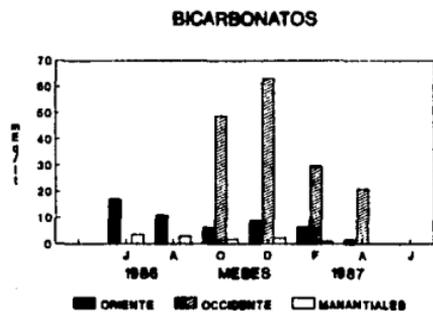
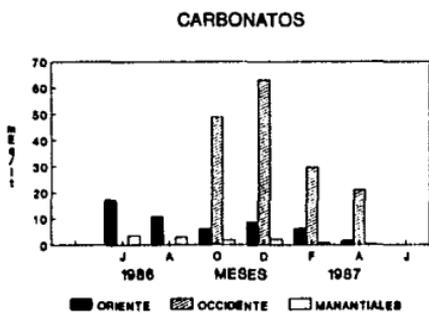
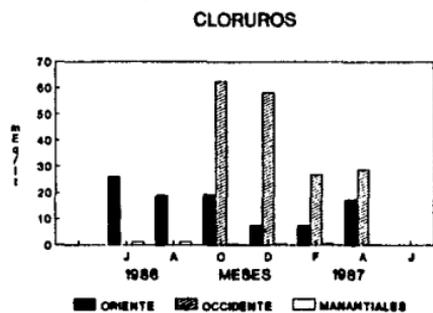


Fig. 10. Gráficas de la variación anual de los contenidos de aniones en las aguas del lago y de los manantiales.

Usualmente en las zonas con altas proporciones en sales, la vegetación acuática fue menos diversa y abundante, amén de ser sustituida por la vegetación halófila, sobre todo en zonas con largos periodos de sequía.

El grado de salinidad de las aguas según el Sistema de Venecia (ver Ringulet, 1962), considera limnéticas las aguas de los manantiales, con menos de 0.5 ‰ de salinidad. Únicamente las aguas de los Azufres sobrepasan ligeramente este rango formando parte de las aguas oligohalinas. Las aguas del lago presentaron un valor promedio de $5.6 + 4.81$ ‰ de salinidad, que las caracteriza como aguas mesohalinas (Cuadro 5). Sin embargo, esta condición "general" de salinidad no permite observar las claras diferencias que de hecho se presentaron en las zonas de muestreo. De tal modo que las aguas del lado este presentaron salinidades menores al 5 ‰ (oligohalinas), en tanto que las del oeste fueron superiores a 5 ‰ (mesohalinas).

Sodio

Entre los manantiales, Los Azufres fue el que tuvo mayor concentración en sodio con valores entre 2.8 y 6.3 mEq/l, cuadro 2. Por otro lado, fue el manantial San Cristóbal el más diluido con valores de contenido entre 0.53 y 0.9 mEq/l.

Dentro del lago observamos grandes variaciones en los contenidos de sodio; los máximos se localizaron en la parte suroeste del lago - en Copándaro, en una interfase agua-sedimento - con valores entre los 690.43 y 928.2 mEq/l, y los mínimos en la parte este, en Huíngo, entre 8.6 y 59.47 mEq/l.

Existieron también zonas intermedias de concentración, como la región de Coro, en el lado sureste, con valores extremos de 42.52 y 387.38 mEq/l (Cuadro 2).

El comportamiento temporal del contenido de sodio no es del todo claro. Sin embargo,

existe cierta similitud en las estaciones, al presentar casi todas, un incremento en el mes de octubre y un decremento de diciembre a febrero (Fig. 9 y Cuadro 2).

Potasio

El potasio, segundo catión en importancia en las aguas del lago, se encontró más concentrado en la interfase agua-sedimento de la región de Copándaro con valores de 31.64 mEq/l como máximo (octubre) y 11.5 mEq/l como mínimo (diciembre). La Estación Queréndaro y Huingo con contenidos del ion potasio entre 0.02 - 5.5 y 0.02 - 7.98 mEq/l, respectivamente, fueron los sitios más diluidos.

Los manantiales en general presentaron bajas concentraciones de potasio (Cuadro 2 y Fig. 9).

El contenido temporal de sodio fue muy variable de una zona de muestreo a otra; aunque parecen apreciarse contenidos bajos en los meses de junio, agosto y abril, y altos en el mes de diciembre (Fig. 9).

Otros cationes importantes presentes en bajas concentraciones fueron el calcio y el magnesio (Fig. 8).

El magnesio fue uno de los cationes del agua con el contenido más bajo, tanto en el lago como en los manantiales. Los valores máximos se detectaron en Coro en el mes de abril con tan sólo 3.6 mEq/l, y los mínimos por debajo de 1.58 mEq/l en Capacho, la Estación Queréndaro y en general todos los manantiales; estos últimos no llegaron a superar el miliequivalente por litro (Fig. 9).

El calcio fue el menos concentrado de todos los cationes. No se detectan valores superiores a 1 mEq/l, y su valor promedio para el lago como para los manantiales, fue de

0.37 mEq/l (Cuadro 2 y Fig. 9).

Cloruros.

El análisis del contenido de aniones demuestra que no existe claro predominio de algún anión; los cloruros, bicarbonatos y los carbonatos, estos últimos limitados a la zona oeste, fueron los iones principales del complejo aniónico del agua del lago (Fig. 10 y Cuadros 3 y 4).

Las mayores proporciones del ion cloruro, las encontramos en Copándaro y Capacho, con valores máximos de 114.08 y 62.532 mEq/l y mínimos de 25.13 y 28.6 mEq/l respectivamente. La Estación Queréndaro fue la región con la menor proporción, entre 3.4 y 22.2 mEq/l (Fig. 8).

Los contenidos más elevados de cloruro las encontramos en los meses lluviosos de junio y/o agosto para el lago, y en octubre y abril para los manantiales; los más bajos (para ambos) se detectaron de diciembre a febrero (Fig. 10).

Bicarbonatos

Los bicarbonatos siguen un patrón de concentración un tanto similar al de los cloruros.

Las concentraciones mayores de bicarbonatos se encontraron en Capacho, en la parte noroeste, con valores que oscilan entre 21 y 66.01 mEq/l, en febrero y octubre respectivamente. En tanto, con valores de 1.42 a 7.72 mEq/l la región de Huingo, en la parte este, se situó como la zona más diluida de bicarbonatos del lago (Fig. 8).

Los manantiales en su conjunto presentaron las concentraciones más bajas de bicarbonatos (Cuadro 2).

Otros aniones presentes de importancia fueron los carbonatos y los sulfatos.

A pesar de no haber sido cuantificables en los manantiales, por su extremadamente baja concentración, los carbonatos en las aguas del oeste del lago llegan a tener concentraciones tan altas que casi igualan los valores de cloruros y bicarbonatos. Tal es el caso de Copándaro y Capacho que presentaron valores del orden de los 51.0 y 48.75 mEq/l (Cuadros 2 y 3 y Fig. 10).

En contraste, fue la parte sureste y este las que presentaron los valores más bajos de carbonatos con una media de 3.2 mEq/l, siendo las zonas de Huingo y la Estación Queréndaro las más diluidas (Fig. 10).

Los sulfatos por su parte, tuvieron sus concentraciones máximas entre 2.75 y 5.72 mEq/l en el lado oeste del lago y las mínimas entre 0.25 y 3.1 mEq/l en el este. Los manantiales tuvieron en general un contenido muy bajo de sulfatos, entre 0.01 y 0.34 mEq/l (Cuadro 2 y Fig. 10).

Fósforo y Nitrógeno.

El ion fosfato en solución se encontró en proporciones apenas apreciables. En los manantiales el gradiente de variación del contenido fue de 30 a 150 microgramos, siendo Agua Buena el más concentrado con 80 microgramos promedio y Los Azufres el menos, con 60 microgramos.

El contenido del ion fosfato en las aguas del lago fue más variable. En las aguas del oeste se encontraron valores entre 0.65 y 2.41 p.p.m. con una media de 1.64 p.p.m., siendo esta la región más concentrada. En el este los valores son más diversos aún, pero todos por debajo de 1.07 p.p.m., con un valor medio de 0.2 p.p.m.

Como se puede apreciar en la figura 11 los contenidos más altos de fosfatos se encuentran en octubre y/o diciembre, y los mínimos e incluso no detectables, por su bajísimo contenido, en los meses de junio- agosto (Cuadro 4).

La proporción de nitrógeno total en solución es también bajo, aunque un poco mayor que los fosfatos. En los manantiales su contenido fue entre 0.06 y 3.5 p.p.m. teniendo Los azufres la mayor cantidad con 2.5 p.p.m., promedio, y Agua Buena la más baja con 0.45 p.p.m., promedio.

En el lago el nitrógeno se encontró menos concentrado en la parte oeste (0.7 p.p.m. promedio) y más concentrado en el este (1.5 p.p.m. promedio). Presentado ambos, un incremento en contenido en octubre- diciembre y decrementos en junio - agosto, principalmente (Fig. 11).

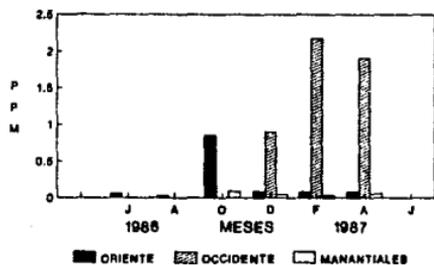
Características físicas del sedimento.

Textura.

De los manantiales considerados, el de Agua Buena y San Cristóbal exhibieron un fondo rocoso en donde no existió sedimento propiamente dicho. El análisis de la única muestra de sedimento, de este último, mostró un sedimento de textura arcillo limosa. Los manantiales Los Azufres y Los Baños, presentaron casi invariablemente una textura arena migajosa.

Por lo que respecta a los sedimentos del lago, estos presentaron una gran variación en

FOSFORO



NITROGENO

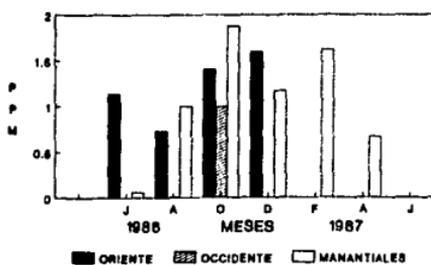


Fig. 11. Gráficas de la variación anual en los contenidos de fósforo y nitrógeno de las aguas del lago y de los manantiales.

sus tipos texturales. La región comprendida al oeste ostentó las texturas más finas encontradas de arcilla y migajón arcilloso, predominando este último. En la zona sureste: Coro presentó predominio de textura migajón arcillo arenosa; la Estación Queréndaro de textura migajón arcilloso; y finalmente, Huingo, en el extremo este, tuvo sedimentos que fueron desde texturas finas de arcilla hasta las relativamente gruesas de migajón arenosa (Cuadro 6).

Humedad.

La humedad porcentual de los sedimentos fue mayor en el lago que en los manantiales. En general, las zonas del lago con sedimentos finos, de arcilla y migajón arcilloso tuvieron valores porcentuales de humedad más o menos de 50% . En tanto, los sedimentos más gruesos, de arena migajosa, (como en los manantiales) ostentaron valores por debajo del 30 % (Fig. 12).

Características químicas del sedimento.

pH.

El pH de los sedimentos fue alcalino. La parte oeste, comprendida por Capacho y Copándaro, exhibió los valores más altos de pH que van de 10.45 a 10.95 y un valor promedio de 10.62. Por el contrario, la parte este, en Huingo, con valores de pH de 8.4 a 8.6 y promedio de 8.5 fue la zona con los sedimentos menos alcalinos. Se dieron también zonas intermedias de concentración en pH; localizadas al sureste, Coro y la Estación Queréndaro presentaron valores de pH entre 9.1 y 9.5, y promedio de 9.2 (Cuadro 6).

Por lo que respecta a los manantiales sus sedimentos fueron ligeramante alcalinos, en promedio 7.7 de pH, con muy ligeras variaciones en el año (Fig. 12).

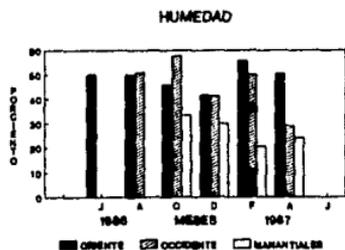
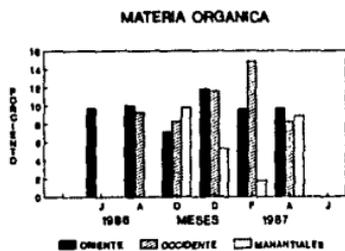
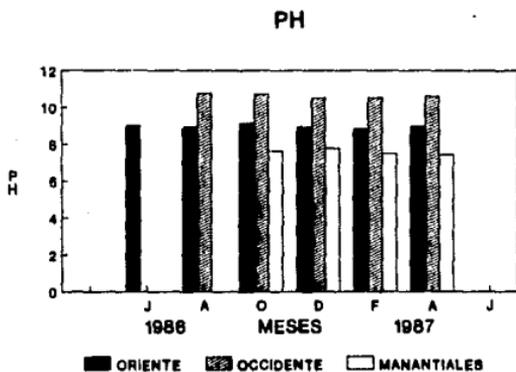


Fig. 12. Gráficas de variación de los valores de algunos parámetros físico-químicos de los sedimentos del lago y algunos manantiales.

Este claro gradiente horizontal del pH de los sedimentos del lago contrastó con los valores casi constantes de pH que presentó cada una de las zonas a través del año (Fig. 12).

Materia Orgánica.

La materia orgánica seguramente provino de los restos vegetales y en menor grado de los residuos y productos metabólicos de origen antropocéntrico arrastrados hasta el lago. Se pudo apreciar que fue en los meses fríos de diciembre y febrero cuando existió mayor cantidad de materia orgánica, coincidiendo con el desplome de varias agrupaciones vegetales (Fig. 12).

En general, fueron los manantiales los que presentaron las más bajas cantidades de materia orgánica; Los Azufres con una media de 3.89 % y Los Baños con 9 % . Cabría mencionar que el análisis de la única muestra de sedimento de San Cristóbal contuvo 22.12 % de materia orgánica.

La materia orgánica en los sedimentos del lago fue más variable. La estación con la mayor media de materia orgánica fue Huíngo, y le siguieron en orden decreciente: Capacho, Copándaro, Estación Queréndaro y Coro. En Huíngo se encontraron valores porcentuales entre 11.12 y 18.90 , en tanto que en Coro fueron de 4.84 y 8.0 % .

Para el lago, parece existir un incremento generalizado de materia orgánica en agosto, con una notable disminución para el mes de octubre, y finalmente un ascenso máximo en los meses de diciembre y febrero. Los manantiales presentan un patrón distinto de materia orgánica, siendo diciembre y febrero los meses menos concentrados, lo contrario pasa en el lago (Cuadro 6 y Fig. 12).

Cationes intercambiables.

Fueron los cationes Ca, Mg y Na los cationes dominantes del complejo de intercambio.

Calcio.

El calcio presentó el contenido más alto de los cationes intercambiables. Sus valores máximos se obtuvieron en la Estación Queréndaro, con 24.9 meq/100 grs sedimento promedio, y los mínimos en Capacho y Copándaro, con un promedio de 8.2 y 9.4 meq/100 grs sedimento respectivamente.

En los manantiales el contenido de calcio no fue tan alto (4.7 mEq/100 gr sed. en promedio) como en el lago, sin embargo sigue siendo el cation de intercambio dominante (Cuadro 7).

La variación temporal del contenido del calcio no parece ser clara, pero puede observarse que las concentraciones mayores se presentaron en los meses de octubre a febrero (Fig. 13).

Se puede apreciar comparativamente, que los contenidos más bajos del ión calcio se localizaron en las zonas que ostentaron las proporciones más altas de sodio en solución, y viceversa (Cuadro 7).

Magnesio.

El contenido del ion magnesio osciló entre valores de 0.83 y 5 meq/100 grs sed., siendo éstos muy constantes a través del año para cada una de las estaciones, a excepción de los manantiales (Fig. 13). El magnesio al igual que el calcio, se halló menos concentrado en las zonas con un mayor contenido de sales en solución.

Sodio.

Su contenido fue el más variable de los cationes intercambiables. En el sedimento de

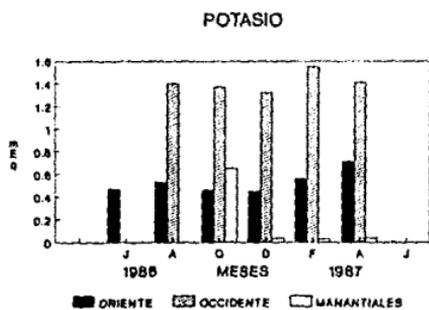
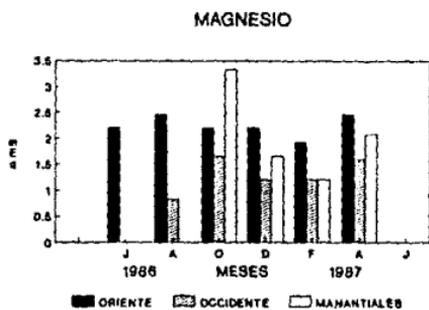
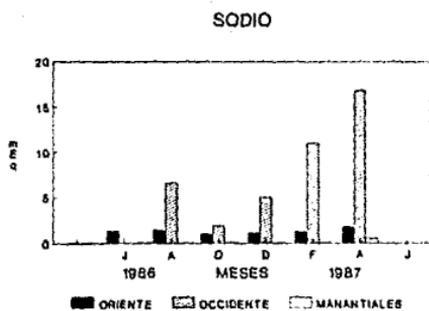
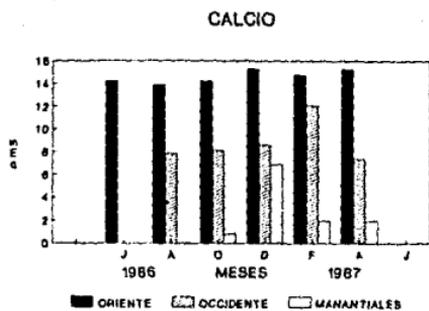


Fig. 13. Contenido anual de los cationes intercambiables de los sedimentos.

los manantiales, el sodio fue apenas apreciable con un contenido entre 0.03 y 0.07 meq/ 100grs sed. En el lago el sodio se encontró más concentrado en aquellas zonas con altas concentraciones de sales en solución. Así tenemos a Copándaro como la zona más concentrada con un promedio de 10.42 meq/ 100 grs sed, y a Estación Queréndaro como la más diluida, con un promedio de 1.02 meq/ 100 grs de sedimento (Cuadro 7).

Su contenido a través del tiempo es muy variable de una zona a otra. Sólo es claro un incremento general de sodio en abril y un decremento para el lago en octubre diciembre (Fig. 13).

Potasio.

El contenido de potasio intercambiable fue casi constante en el tiempo para cada una de las estaciones (Fig. 13). En los manantiales su contenido varió con valores tan bajos de 0.02 y 0.04 meq/ 100 grs sed.; y en el lago entre 0.31 y 1.79 meq/ 100 grs sed. Los valores más altos de este catión se encontraron en zonas con aguas salinas.

Micronutrientes.

La reacción alcalina del agua y del sedimento parecieron sobrepasar la solubilidad de algunos de los micronutrientes como Cu, Zn y Mn. Siendo el cobre y el zinc los más sensibles a la acción alcalina (Cuadro 7).

Hierro.

Fueron los manantiales Los Baños y Los Azufres quienes presentaron los máximos valores promedio de hierro, del orden de los 131.6 y 124.22 p.p.m. respectivamente.

En el lago, el contenido de hierro fue muy variable e inclusive en la mayoría de las estaciones de muestreo no se detectó en la mitad de los muestreos efectuados. Los valores

extremos se localizaron en Coro, con un contenido considerable de 204 p.p.m. en promedio, y la Estación Queréndaro con un valor promedio de 33.86 p.p.m. a la mitad del año, y no detectables en la otra mitad (Fig. 14).

Manganeso.

La presencia del ion manganeso en los sedimentos fue por mucho, la más constante de los micronutrientes.

Al contrario del hierro, el manganeso se halló menos concentrado en los manantiales. Los Baños y Los Azufres presentaron un promedio de 21.95 y 13.22 p.p.m. de manganeso respectivamente.

Los contenidos mínimos y máximos de manganeso en el lago se encontraron ambos en la parte oeste; el primero en Copándaro con un contenido medio de 50.62 p.p.m., el segundo en Capacho con una media de 97 p.p.m. (Fig. 14).

Zinc.

El zinc se detectó en cantidades del orden de los 2 a los 38.9 p.p.m. en los manantiales, y de 1.0 y 4.1 p.p.m. para el lago, sin poderse detectar, en este último casi durante medio año (Fig. 14).

Cobre.

La mayoría de la estaciones no presentaron contenidos cuantificables de cobre, y sólo la estación de Coro presentó un valor único de 5 p.p.m. en febrero (Cuadro 7).

Fósforo y nitrógeno totales en sedimentos.

El contenido de fósforo en los sedimentos, del lago como de los manantiales, varió entre 0.51 y 2.1 %. Los valores promedio de los sedimentos del oeste (0.74 %), del este (0.8 %)

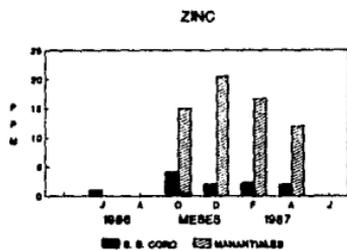
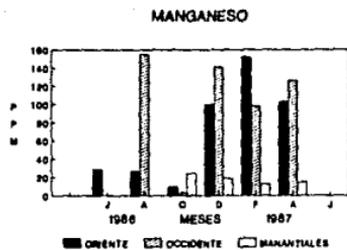
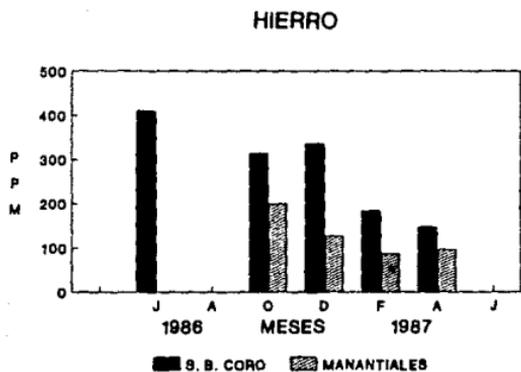


Fig. 14. Contenido anual de los micronutrientes en los sedimentos.

y manantiales (0.66 %) denotan relativamente poca variación en el contenido de fósforo. Aún comparando los valores promedio de las estaciones de muestreo, la variación es mínima, de 0.1 %, con excepción de la Estación Queréndaro (0.6 %).

En cuanto a la variación del contenido a través del año, se observa una tendencia a concentrarse en su nivel máximo en febrero, y a diluirse en los meses de junio, agosto y abril (Fig. 15).

Los contenidos de nitrógeno fueron del orden de 0.32 a 1.67 % , siendo los manantiales los de mayor proporción (0.95 %), seguida de la zona oeste (0.88 %) y finalmente, el este (0.68 %). Por estaciones, fueron Capacho y Los Baños las más concentradas y la Estación Queréndaro la más diluida (Cuadro 6).

La variación del contenido en el tiempo fue mínima en los manantiales. En el lago la variación fue mayor, existiendo dos máximos en agosto y febrero y un mínimo en octubre y/o diciembre (Fig. 15).

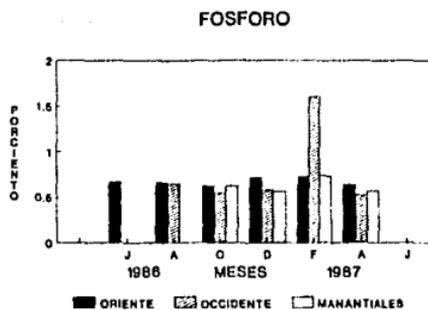
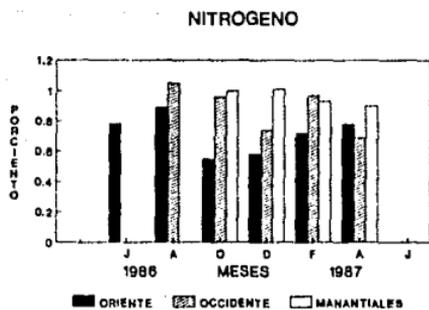


Fig. 15. Gráficas de los contenidos anuales de nitrógeno y de fósforo en los sedimentos.

| Est./mes | Temperatura °C | | | | | | Profundidad (m.) | | | | | |
|---------------|----------------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|
| | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. |
| Lago | | | | | | | | | | | | |
| Buñago | 21 | 18 | 18 | 19 | 19 | 21 | 0.40 | 0.65 | 0.50 | 0.70 | 0.54 | 0.35 |
| Sn. S. Coro | 27 | 20 | 20 | 18 | 19 | 26 | 0.40 | 0.80 | 0.90 | 1.05 | 0.93 | 0.35 |
| E. Guerrero | 26 | 14 | 14 | 22 | 22 | 20 | 0.42 | 0.47 | 0.40 | 0.35 | 0.26 | 0.25 |
| Copacabana | - | - | 24 | 24 | - | - | - | - | 0.10 | 0.08 | - | - |
| Capacho | - | 25 | 20 | 22 | 24 | - | - | 0.28 | 0.17 | 0.25 | 0.08 | - |
| Manantiales | | | | | | | | | | | | |
| Los Baños | 28 | 21 | 24 | 30 | 31 | 33 | 1.08 | 1.10 | 1.00 | 0.80 | 0.96 | 0.74 |
| Agua Buena | 28 | 20 | 22 | 28 | 28 | 29 | 1.56 | 1.20 | 1.40 | 1.23 | 1.64 | 1.32 |
| Los Azufres | 29 | 22 | 25 | 29 | 34 | 32 | 0.56 | 0.50 | 0.63 | 0.58 | 0.50 | 0.55 |
| Sn. Cristóbal | * | 17 | 16 | 16 | 20 | 22 | * | 2.68 | 2.70 | 2.20 | 2.18 | 2.22 |

Transparencia (m.)

| Est./mes | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Lago | | | | | | |
| Buñago | 0.19 | 0.25 | 0.30 | 0.30 | 0.50 | 0.54 |
| Sn. S. Coro | 0.10 | 0.10 | 0.23 | 0.25 | 0.35 | 0.35 |
| E. Guerrero | 0.10 | 0.15 | 0.30 | 0.22 | 0.06 | 0.05 |
| Copacabana | - | - | 0.00 | 0.02 | - | - |
| Capacho | - | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | - |
| Manantiales | | | | | | |
| Los Baños | 1.06 | 0.80 | 0.93 | 0.80 | 0.96 | 0.74 |
| Agua Buena | 1.05 | 0.80 | 1.10 | 1.21 | 1.60 | 1.32 |
| Los Azufres | 0.56 | 0.50 | 0.63 | 0.58 | 0.50 | 0.55 |
| Sn. Cristóbal | * | 1.42 | 1.58 | 2.00 | 2.05 | 1.00 |

Conductividad (µmhos/cm)

pH

| Est./mes | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lago | | | | | | | | | | | | |
| Buñago | 5200 | 4120 | 3524 | 2312 | 2956 | 6300 | 9.0 | 9.0 | 8.0 | 7.7 | 7.3 | 6.4 |
| Sn. S. Coro | 6950 | 8800 | 7040 | 7700 | 5806 | 8080 | 9.8 | 9.0 | 7.5 | 7.9 | 7.8 | 9.4 |
| E. Guerrero | 1200 | 1260 | 1500 | 1304 | 3584 | 1920 | 8.0 | 7.1 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 9.3 |
| Copacabana | - | - | 25800 | 12500 | - | - | - | - | 10.6 | 10.1 | - | - |
| Capacho | - | 21300 | 14100 | 12440 | 21400 | - | - | - | 10.5 | 10.3 | 8.8 | 10.4 |
| Manantiales | | | | | | | | | | | | |
| Los Baños | 709 | 400 | 380 | 406 | 444 | 420 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 6.9 | 6.3 | 7.4 |
| Agua Buena | 460 | 276 | 350 | 370 | 378 | 395 | 7.8 | 7.0 | 7.0 | 6.7 | 6.8 | 7.1 |
| Los Azufres | 560 | 796 | 794 | 776 | 784 | 826 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 6.4 | 6.9 | 7.3 |
| Sn. Cristóbal | * | 290 | 296 | 302 | 310 | 304 | * | 7.0 | 7.0 | 6.5 | 7.0 | 8.2 |

- Sin muestras por ausencia de columna de agua
 * No se tomo muestra

Cuadro 1. Analisis fisico-quimicos realizados in situ a las aguas del lago de Guizco y algunos manantiales cercanos, entre junio de 1966 y abril de 1967.

Cuadro 2. Resultado de los análisis químicos del agua por estación de muestreo

| Mes | Cationes (mg/lit.) | | | | Aniones (mg/lit.) | | | |
|----------------------|-----------------------------|------|--------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | Ca++ | Mg++ | Na+ | K+ | CO3-- | HCO3- | Cl- | SO4-- |
| MILINGO | | | | | | | | |
| Junio | 0.52 | 1.94 | 35.12 | 1.28 | 6.5 | 5.9 | 29.1 | 1.14 |
| Agosto | 0.21 | 1.25 | 31.65 | 0.69 | 0.0 | 6.8 | 28.5 | 0.63 |
| Octubre | 0.37 | 1.40 | 59.47 | 7.38 | 1.5 | 4.7 | 22.5 | 1.04 |
| Diciembre | 0.45 | 1.51 | 24.65 | 6.40 | 0.9 | 7.7 | 9.8 | 0.37 |
| Febrero | 0.52 | 1.00 | 6.60 | 5.69 | 0.0 | 4.1 | 8.7 | 0.33 |
| Abril | 0.31 | 1.20 | 39.26 | 0.02 | 0.6 | 1.4 | 22.3 | 0.38 |
| San. B. CORD | | | | | | | | |
| Junio | 0.96 | 3.33 | 82.61 | 2.05 | 17.8 | 12.8 | 26.2 | 1.92 |
| Agosto | 0.11 | 1.34 | 121.10 | 1.15 | 6.0 | 29.7 | 63.1 | 1.60 |
| Octubre | 0.14 | 0.82 | 387.18 | 9.80 | 1.4 | 18.3 | 33.8 | 1.10 |
| Diciembre | 0.24 | 1.05 | " | 8.30 | 0.9 | 24.4 | 22.4 | 1.02 |
| Febrero | 0.21 | 0.95 | 42.52 | 9.50 | 0.0 | 14.4 | 12.3 | 0.23 |
| Abril | 0.76 | 1.60 | 58.02 | 1.10 | 1.7 | 2.8 | 17.8 | 0.75 |
| E. QUEBENDARO | | | | | | | | |
| Junio | 0.59 | 1.25 | 47.80 | 1.19 | 2.7 | 20.0 | 22.2 | 1.69 |
| Agosto | 0.02 | 0.84 | 21.20 | 0.18 | 1.2 | 4.7 | 5.9 | 0.84 |
| Octubre | 0.48 | 0.56 | 24.00 | 4.50 | 1.0 | 2.8 | 6.5 | 0.74 |
| Diciembre | 0.20 | 0.38 | 74.52 | 3.18 | 0.3 | 1.5 | 3.4 | 0.31 |
| Febrero | 0.15 | 0.21 | 42.16 | 5.50 | 1.2 | 4.4 | 5.9 | 1.02 |
| Abril | 0.40 | 0.60 | 41.26 | 0.02 | 1.1 | 1.0 | 12.5 | 2.70 |
| CAPANGARO | | | | | | | | |
| Jun-Ago. | ausencia de columna de agua | | | | | | | |
| Octubre | 0.26 | 0.82 | 650.43 | 31.84 | 51.0 | 60.3 | 114.1 | 5.72 |
| Diciembre | 0.18 | 1.10 | 328.20 | 11.57 | 13.7 | 30.4 | 25.1 | 3.78 |
| Feb-Abr. | ausencia de columna de agua | | | | | | | |
| CAPACRO | | | | | | | | |
| Junio | ausencia de columna de agua | | | | | | | |
| Agosto | 0.06 | 0.30 | 144.80 | 2.02 | 27.8 | 69.9 | 61.5 | 4.20 |
| Octubre | 0.18 | 0.29 | 345.21 | 18.87 | 48.8 | 66.0 | 23.3 | 5.60 |
| Diciembre | 0.66 | 0.02 | 82.63 | 16.87 | 13.5 | 26.7 | 26.6 | 2.75 |
| Febrero | 0.07 | 1.58 | 109.10 | 16.07 | 9.3 | 21.0 | 28.9 | 4.80 |
| Abril | ausencia de columna de agua | | | | | | | |
| LOS BANOS | | | | | | | | |
| Junio | 0.12 | 0.11 | 2.17 | 0.42 | 0.0 | 2.8 | 1.4 | 0.01 |
| Agosto | 0.02 | 0.24 | 1.64 | 0.07 | 0.0 | 2.3 | 1.6 | 0.05 |
| Octubre | 0.02 | 0.14 | 1.74 | 1.14 | 0.0 | 1.7 | 0.4 | 0.05 |
| Diciembre | 0.04 | 0.12 | 2.03 | 1.50 | 0.0 | 1.9 | 0.5 | 0.07 |
| Febrero | 0.07 | 0.14 | 1.74 | 0.24 | 0.0 | 1.1 | 0.7 | 0.06 |
| Abril | 0 | 0.02 | 1.50 | 0.02 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.17 |

Cuadro 2. Continuación.

| | Cationes (mg/lit.) | | | | CO3- | Aniones (mg/lit.) | | | |
|---------------|--------------------|------|------|------|------|-------------------|-----|------|--|
| | Ca++ | Mg++ | Na+ | K+ | | HCO3- | Cl- | SO4- | |
| AGUA BIENA | | | | | | | | | |
| Junio | 0.14 | 0.28 | 2.60 | 0.36 | 0.0 | 2.8 | 1.0 | 0.02 | |
| Agosto | 0.04 | 0.26 | 1.33 | 0.02 | 0.0 | 3.0 | 0.8 | 0.02 | |
| Octubre | 0.05 | 0.12 | 1.22 | 0.37 | 0.0 | 1.7 | 0.3 | 0.10 | |
| Diciembre | 0.07 | 0.18 | 0.93 | 1.43 | 0.0 | 1.9 | 0.6 | 0.11 | |
| Febrero | 0.05 | 0.24 | 1.46 | 0.82 | 0.0 | 1.5 | 0.4 | 0.12 | |
| Abril | 0.03 | 2.10 | 0.76 | 0.00 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.17 | |
| LOS AZUFRES | | | | | | | | | |
| Junio | 0.19 | 0.16 | 4.80 | 0.46 | 0.0 | 5.3 | 1.1 | 0.00 | |
| Agosto | 0.04 | 0.24 | 2.40 | 0.12 | 0.0 | 4.2 | 1.2 | 0.02 | |
| Octubre | 0.05 | 0.19 | 6.30 | 2.50 | 0.0 | 3.0 | 2.3 | 0.06 | |
| Diciembre | 0.09 | 0.19 | 3.20 | 1.76 | 0.0 | 4.2 | 2.9 | 0.11 | |
| Febrero | 0.14 | 0.25 | 2.80 | 2.60 | 0.0 | 2.9 | 0.4 | 0.24 | |
| Abril | 0.04 | 0.15 | 2.80 | 0.00 | 0.0 | 0.6 | 0.3 | 0.17 | |
| SA. CRISTOBAL | | | | | | | | | |
| Junio | no se tomo lectura | | | | | | | | |
| Agosto | 0.06 | 0.60 | 0.70 | 0.03 | 0.0 | 2.6 | 2.0 | 0.03 | |
| Octubre | 0.74 | 0.38 | 0.73 | 0.35 | 0.0 | 1.3 | 0.1 | 0.53 | |
| Diciembre | 0.13 | 0.31 | 0.90 | 0.03 | 0.0 | 1.5 | 0.4 | 0.03 | |
| Febrero | 0.13 | 0.31 | 0.90 | 0.03 | 0.0 | 1.2 | 0.7 | 0.12 | |
| Abril | 0.01 | 0.02 | 0.53 | 0.00 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.17 | |

* dato extraviado

Cuadro 3. Cationes y aniones dominantes presentados en orden decreciente, por zonas de muestreo.

| Estacion | Cationes | | | | Aniones | | | |
|-------------|----------|------|------|------|---------|-------|------|------|
| | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | Cl- | HCO3- | CO3- | SO4- |
| Huango | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | Cl- | HCO3- | CO3- | SO4- |
| S. B. Toro | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | Cl- | HCO3- | CO3- | SO4- |
| Querenllano | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | Cl- | HCO3- | CO3- | SO4- |
| Copandaro | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | Cl- | HCO3- | CO3- | SO4- |
| Capacho | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | Cl- | HCO3- | CO3- | SO4- |
| L. Baños | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | HCO3- | Cl- | SO4- | -- |
| A. Buena | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | HCO3- | Cl- | SO4- | -- |
| L. Fruttes | Na+ | Ca++ | Mg++ | Ca++ | HCO3- | Cl- | SO4- | -- |
| Cristobal | Na+ | Mg++ | Ca++ | Ca++ | HCO3- | Cl- | SO4- | SO4- |

Cuadro 4. Concentración de fósforo y nitrógeno totales en las aguas del Lago de Cuitzeo y algunos manantiales adyacentes, en p.p.m.

| | Fósforo | | | | | | Nitrógeno | | | | | |
|--------------|---------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|
| | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. | Jun. | Ago. | Oct. | Dic. | Feb. | Abr. |
| Huajuco | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.16 | 0.00 | 0.03 | 0.7 | 0.0 | 1.1 | 2.3 | 0.0 | 0.0 |
| S. B. Cora | 0.00 | 0.00 | 1.07 | 0.03 | 0.00 | 0.04 | 2.0 | 2.3 | 1.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| Queréfadero | 0.00 | 0.02 | 1.02 | 0.16 | 0.02 | 0.44 | 0.7 | 0.0 | 1.6 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| Copándero | - | - | 1.26 | 2.41 | - | - | - | - | 0.7 | 0.0 | - | - |
| Capacno | - | 0.00 | 0.65 | 1.34 | 1.91 | - | - | 0.1 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | - |
| Los Baños | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.04 | 0.00 | 0.03 | 0.6 | 0.0 | 1.4 | 0.4 | 0.0 | 0.1 |
| A. Buena | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 0.13 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 0.0 |
| L. Asufren | 0.00 | 0.00 | 0.67 | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 0.8 | 3.1 | 3.5 | 2.6 | 3.0 | 1.6 |
| S. Cristóbal | * 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.10 | 0.07 | | * 0.0 | 1.7 | 1.0 | 2.3 | 0.0 | |

- Ausencia de columna de agua
 * No se tomó muestra

Cuadro 5. Condiciones generales de la química de las muestras de agua del Lago de Cuitzeo y de algunos manantiales que lo alimentan, en mg/l a menos que se indique otra cosa.

| F. Química | Manantiales | | | | |
|-------------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| | Lago Cuitzeo | L. Baños | A. Buena | L. Asufren | S. Cristóbal |
| CO ₃ ²⁻ | 8.90+14.11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HCO ₃ ⁻ | 18.35+19.3 | 1.60+0.78 | 1.87+0.89 | 3.74+1.52 | 1.35+0.77 |
| Cl ⁻ | 25.5+22.51 | 0.82+0.47 | 0.55+0.26 | 1.01+0.64 | 0.45+0.69 |
| SO ₄ ²⁻ | 1.92+1.75 | 0.06+0.04 | 0.09+0.06 | 0.12+0.07 | 0.17+0.16 |
| Ca ⁺⁺ | 0.34+0.27 | 0.06+0.05 | 0.06+0.03 | 0.09+0.03 | 0.21+0.16 |
| Mg ⁺⁺ | 1.14+0.58 | 0.26+0.25 | 0.53+0.7 | 0.19+0.03 | 0.32+0.18 |
| Na+ | 146.59+226 | 1.8+2.20 | 1.34+0.59 | 3.7+1.38 | 0.75+0.13 |
| K+ | 6.91+7.33 | 0.68+0.55 | 0.71+0.48 | 1.48+1.02 | 0.26+0.29 |
| P (tlp. p.m.) | 0.5+0.74 | 0.04+0.05 | 0.55+0.05 | 0.05+0.04 | 0.05+0.04 |
| N (tlp. p.m.) | 0.67+0.83 | 0.07+0.69 | 0.52+0.05 | 2.6+0.94 | 0.36+0.9 |
| Salinidad | 5.66+4.81 | 0.31+0.04 | 0.27+0.02 | 0.51+0.06 | 0.21+0.01 |
| pH | 8.6+1.24 | 6.93+0.35 | 3.07+0.38 | 7.1+0.38 | 7.4+0.6 |

Cuadro 6. Resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de sedimento.

| Mes | Arcilla | Limo | Arenas | Clasificación | pH | N.Org. % | M t % | P t % | Humedad |
|------------------------|---------|------|--------|----------------------|------|----------|-------|-------|---------|
| BUEINGO | | | | | | | | | |
| Junio | 40 | 20 | 40 | Migajon arcilloso | 8.5 | 11.6 | 0.65 | 0.58 | 57.2 |
| Agosto | 30 | 21 | 47 | Mig. arcillo arenoso | 8.6 | 15.9 | 1.06 | 0.72 | 57.8 |
| Octubre | 37 | 22 | 41 | Migajon arcilloso | 8.5 | 11.2 | 0.55 | 0.62 | 55.4 |
| Diciembre | 22 | 68 | 30 | Migajon | 8.4 | 18.8 | 0.44 | 0.52 | 47.8 |
| Febrero | 23 | 48 | 30 | Migajon | 8.4 | 12.9 | 1.21 | 0.87 | 56.2 |
| Abril | 42 | 24 | 32 | Arcilla | 8.5 | 18.9 | 0.50 | 0.59 | 46.1 |
| Sa. B. COGO | | | | | | | | | |
| Junio | 20 | 10 | 70 | Mig. arcillo arenoso | 9.1 | 6.2 | 0.91 | 0.71 | 44.6 |
| Agosto | 20 | 17 | 63 | Mig. arcillo arenoso | 9.1 | 7.3 | 1.07 | 0.61 | 59.7 |
| Octubre | 20 | 10 | 70 | Mig. arcillo arenoso | 9.5 | 4.8 | 0.72 | 0.64 | 33.9 |
| Diciembre | 22 | 18 | 60 | Mix. arcillo arenoso | 9.2 | 7.4 | 0.75 | 0.93 | 44.4 |
| Febrero | 34 | 24 | 42 | Migajon arcilloso | 9.1 | 8.0 | 0.49 | 0.60 | 59.1 |
| Abril | 30 | 22 | 48 | Mig. arcillo arenoso | 9.2 | 6.8 | 0.68 | 0.68 | 63.1 |
| EST. QUERENDARO | | | | | | | | | |
| Junio | 32 | 22 | 46 | Migajon arcilloso | 9.4 | 11.0 | 0.44 | 2.10 | 47.3 |
| Agosto | 28 | 31 | 41 | Migajon arcilloso | 9.2 | 6.8 | 0.56 | 0.95 | 50.6 |
| Octubre | 16 | 10 | 74 | Migajon arenoso | 9.4 | 5.4 | 0.58 | 0.81 | 48.0 |
| Diciembre | 20 | 14 | 66 | Mig. arcillo arenoso | 9.2 | 9.2 | 0.56 | 1.07 | 32.1 |
| Febrero | 30 | 32 | 38 | Migajon arcilloso | 9.0 | 7.6 | 0.46 | 0.68 | 51.3 |
| Abril | 36 | 28 | 36 | Migajon arcilloso | 9.3 | 6.6 | 0.88 | 0.52 | 51.8 |
| COPANDARO | | | | | | | | | |
| Agosto | 38 | 27 | 35 | Migajon arcilloso | 10.9 | 9.8 | 1.67 | 0.71 | 45.7 |
| Octubre | 40 | 32 | 28 | Arcilla | 10.7 | 9.3 | 0.76 | 0.59 | 67.2 |
| Diciembre | 34 | 38 | 30 | Mixajon arcilloso | 10.6 | 9.0 | 0.68 | 0.62 | 46.2 |
| Febrero | 42 | 20 | 38 | Arcilla | 10.6 | 12.4 | 0.56 | 0.80 | 53.7 |
| Abril | 40 | 24 | 32 | Arcilla | 10.7 | 9.5 | 0.32 | 0.51 | 22.8 |
| CAPACBO | | | | | | | | | |
| Agosto | 34 | 31 | 35 | Migajon arcilloso | 10.6 | 8.8 | 0.44 | 0.60 | 56.0 |
| Octubre | 26 | 34 | 40 | Migajon | 10.7 | 7.2 | 1.17 | 0.51 | 58.3 |
| Diciembre | 28 | 42 | 30 | Migajon arcilloso | 10.4 | 14.2 | 0.80 | 0.54 | 36.0 |
| Febrero | 36 | 40 | 24 | Migajon arcilloso | 10.5 | 11.2 | 1.28 | 2.00 | 44.8 |
| Abril | 34 | 28 | 48 | Migajon arcilloso | 10.5 | 7.0 | 1.06 | 0.55 | 34.8 |
| LOS BANOS | | | | | | | | | |
| Octubre | 10 | 18 | 72 | Migajon arenoso | 7.8 | 14.0 | 1.33 | 0.62 | 47.0 |
| Diciembre | 12 | 2 | 86 | Arena migajon | 8.0 | 2.3 | 0.36 | 0.50 | 20.8 |
| Febrero | 10 | 2 | 88 | Arena migajon | 8.1 | 1.3 | 1.14 | 0.46 | 21.1 |
| Abril | 14 | 2 | 86 | Arena migajon | 7.6 | 14.5 | 0.44 | 0.50 | 25.2 |
| LOS AZUFRES | | | | | | | | | |
| Octubre | 12 | 0 | 88 | Arena migajon | 7.5 | 1.6 | 0.67 | 0.54 | 18.8 |
| Diciembre | 10 | 2 | 88 | Arena migajon | 7.8 | 5.4 | 1.06 | 0.63 | 28.7 |
| Febrero | 10 | 2 | 88 | Arena migajon | 7.4 | 1.7 | 0.93 | 0.62 | 20.1 |
| Abril | 10 | 2 | 88 | Arena migajon | 7.3 | 2.4 | 1.27 | 0.64 | 22.5 |
| SAN CRISTOBAL | | | | | | | | | |
| Febrero | 46 | 46 | 12 | Arcilla limosa | 7.0 | 22.1 | 4.70 | 1.62 | 86.9 |

Cuadro 7. Resultados de los análisis químicos de los macro y micronutrientes de los sedimentos, por zona de muestreo.

| Mes | Cationes intercambiables (aEq/100grs) | | | | Micronutrientes (p.p.m.) | | | |
|-------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------------|-------|----|------|
| | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | Pb | Mn | Cu | Zn |
| BUENOS | | | | | | | | |
| Junio | 0.58 | 1.40 | 0.83 | 1.52 | 0 | 39.0 | 0 | 0.0 |
| Agosto | 0.43 | 12.05 | 3.33 | 1.30 | 0 | 31.1 | 0 | 0.0 |
| Octubre | 0.58 | 11.40 | 2.50 | 1.09 | 0 | 16.2 | 0 | 0.0 |
| Diciembre | 0.59 | 10.10 | 3.30 | 1.21 | 152 | 160.0 | 0 | 2.1 |
| Febrero | 0.59 | 11.40 | 1.60 | 0.87 | 204 | 192.0 | 0 | 2.2 |
| Abril | 0.72 | 12.10 | 1.60 | 1.33 | 0 | 53.0 | 0 | 0.0 |
| S.B. CORD | | | | | | | | |
| Junio | 0.31 | 10.10 | 3.30 | 1.39 | 410 | 40.0 | 0 | 1.0 |
| Agosto | 0.35 | 5.65 | 1.60 | 2.10 | 0 | 41.2 | 0 | 0.0 |
| Octubre | 0.35 | 2.65 | 1.60 | 1.40 | 314 | 11.2 | 0 | 4.1 |
| Diciembre | 0.38 | 4.15 | 0.83 | 1.32 | 336 | 50.0 | 0 | 2.1 |
| Febrero | 0.61 | 12.40 | 1.60 | 1.70 | 185 | 132.0 | 5 | 2.2 |
| Abril | 0.80 | 15.60 | 3.30 | 2.49 | 143 | 90.0 | 0 | 2.0 |
| QUEBENSARG | | | | | | | | |
| Junio | 0.53 | 24.90 | 2.50 | 1.13 | 0 | 7.0 | 0 | 0.0 |
| Agosto | 0.63 | 23.90 | 2.50 | 1.04 | 0 | 14.1 | 0 | 0.0 |
| Octubre | 0.35 | 28.40 | 2.50 | 0.61 | 0 | 1.1 | 0 | 0.0 |
| Diciembre | 0.40 | 31.40 | 2.50 | 0.74 | 19 | 91.0 | 0 | 1.1 |
| Febrero | 0.49 | 20.00 | 2.50 | 1.02 | 11 | 133.0 | 0 | 1.2 |
| Abril | 0.62 | 18.00 | 2.50 | 1.60 | 12 | 165.0 | 0 | 0.0 |
| COPANDARO | | | | | | | | |
| Agosto | 1.62 | 8.10 | 0.83 | 8.03 | 0 | 2.0 | 0 | 0.0 |
| Octubre | 1.75 | 8.40 | 2.50 | 7.27 | 0 | 1.1 | 0 | 0.0 |
| Diciembre | 1.60 | 8.60 | 1.60 | 5.32 | 47 | 91.0 | 0 | 1.1 |
| Febrero | 1.80 | 15.00 | 1.70 | 16.50 | 111 | 93.0 | 0 | 1.2 |
| Abril | 1.53 | 6.65 | 1.60 | 14.40 | 0 | 66.0 | 0 | 0.0 |
| CAPACRO | | | | | | | | |
| Agosto | 1.15 | 7.60 | 0.83 | 5.27 | 0 | 1.0 | 0 | 0.0 |
| Octubre | 1.00 | 7.20 | 0.83 | 3.62 | 0 | 5.1 | 0 | 0.0 |
| Diciembre | 1.00 | 8.60 | 0.83 | 4.20 | 80 | 192.0 | 0 | 2.2 |
| Febrero | 1.24 | 9.10 | 0.83 | 5.54 | 49 | 103.0 | 0 | 1.3 |
| Abril | 1.30 | 8.10 | 1.60 | 19.60 | 0 | 166.0 | 0 | 0.0 |
| LOS BARRS | | | | | | | | |
| Octubre | 0.04 | 14.40 | 5.00 | 0.05 | 252 | 17.2 | 0 | 20.1 |
| Diciembre | 0.04 | 7.85 | 1.60 | 0.05 | 118 | 24.4 | 0 | 1.1 |
| Febrero | 0.02 | 2.15 | 0.83 | 0.01 | 45 | 4.1 | 0 | 31.4 |
| Abril | 0.04 | 1.60 | 1.60 | 0.04 | 61 | 1.2 | 0 | 10.5 |
| L. AZUPRAS | | | | | | | | |
| Octubre | 0.04 | 1.70 | 1.60 | 0.04 | 148 | 32.4 | 0 | 2.0 |
| Diciembre | 0.04 | 12.10 | 1.60 | 0.06 | 121 | 13.0 | 0 | 31.9 |
| Febrero | 0.04 | 1.45 | 1.60 | 0.03 | 109 | 20.5 | 0 | 2.2 |
| Abril | 0.04 | 2.15 | 2.50 | 0.07 | 133 | 21.6 | 0 | 3.4 |

DISCUSION

Influencia de los factores ambientales sobre la vegetación acuática.

Aún con los escasos datos que se tienen sobre la naturaleza del lago de Cuizeo, parece que desde su origen fue un lago de poca profundidad y con periodos cíclicos de sequía. La naturaleza de este cuerpo salino obedece a que la entrada de agua es la mínima requerida para sostener (aunque sólo en parte) la condición de cuerpo de agua, a la salida restringida de sus aguas, a la naturaleza de la roca y el suelo de la cuenca de drenaje, y sobre todo a que la evaporación excede a la precipitación y a los escurremientos. Podemos suponer que debido a las bajas precipitaciones y al drenaje poco desarrollado, propios de las zonas áridas y semiáridas, el lavado del suelo fuera de naturaleza casi local, y las sales solubles no fueran transportadas muy lejos propiciando su acumulación en las partes inundadas de la cuenca, siendo de mayor magnitud en cuencas endorréicas (Richards,1980).

Actualmente el lago presenta un estado de senectud muy particular caracterizado por: una amplia zona litoral con abundante vegetación acuática y subacuática, excepto en zonas altamente salinas y sin agua donde predominan las halófitas; escasa profundidad e incluso en algunas partes la pérdida total de la columna de agua hasta en dos terceras partes de lago, en la época caliente y seca del año; en donde hay agua, alta turbidez como consecuencia de un aporte constante de materia en suspensión; y finalmente, un elevado contenido de sales en aguas y sedimentos.

En parte, este panorama físico del lago es determinado por el desequilibrio existente entre una evaporación elevada por un lado y una precipitación y aporte muy bajo de agua por

el otro. Para Weizel(1983) en zonas calientes y áridas, este desequilibrio es uno de los mecanismos más importantes de acumulación de sales en las aguas del lago. El desequilibrio entre la evaporación y la precipitación parece resultar de la diferencia entre cinco meses húmedos, con precipitación promedio de 120 mm, por siete meses secos, con precipitación mensual menor a 36 mm (Fig. 2).

Según Cortéz *et al.* (1980) este desequilibrio se presenta con una periodicidad cíclica en donde por un período de anegamiento existe uno posterior de evaporación y viceversa. Sin embargo, si consideramos los datos de profundidad, previamente señalados, parecería que existe una dominancia de la evaporación que es manifiesta en la pérdida gradual de la profundidad y extensión del lago a través del tiempo (Paso y Troncoso,1945 y 1958; Corona,1946; S.R.H., 1973 y Cortéz *et al.*1980).

La situación geográfica de la cuenca dentro de una topografía montañosa con grandes pendientes y suelos escasamente estructurados, los cuales están expuestos a la erosión por la creciente deforestación de los bosques de las sierras cercanas, son aspectos importantes de mencionar, al preguntarse el porqué de las elevadas cantidades de material en suspensión transportadas por las turbias aguas de los dos principales afluentes del lago. La importancia de estos materiales en suspensión radica en que se origina un rápido azolvamiento del fondo lacustre.

Los escasos aporte fluviales y pluviales captados por el lago en las zonas situadas al oeste y norte son apenas propicios para formar una columna de agua inferior a los 50 cm durante la época de lluvias. Mientras que en la primavera, esta columna prácticamente desaparece ocasionando la concentración de sales en las aguas residuales y en los sedimentos, al igual que el incremento en pH y la precipitación de algunos nutrientes importantes, entre

otros. En consecuencia, la vegetación acuática es escasa o inexistente.

Situación distinta ocurre en la región este - sureste. Aquí los manantiales y los ríos (Grande de Morelia y Queréndaro) al desaguar continuamente en el lago, permiten la existencia de una columna de agua permanente y menos concentrada en sales, gracias a la acción diluyente de estas aguas; así como la presencia de las más extensas y variadas agrupaciones de vegetación acuática y subacuática.

La temperatura no parece afectar directamente la distribución de las hidrófitas en el lago, su acción parece efectuarse indirectamente al ocasionar un exceso de evaporación en el periodo primavera- verano. La temperatura y los vientos aumentan la evaporación y por lo tanto la salinidad, por el contrario, el aporte fluvial y pluvial disminuyen la salinidad (Wetzel, 1983).

La extensión del lago y la diversidad de ambientes, han permitido un establecimiento diferencial de la vegetación el cual está determinado por la afinidad y/o la tolerancia a estos factores ambientales. En parte, es debido a esto, que el lago de Cuitzeo se puede caracterizar como un cuerpo léntico excepcionalmente rico florísticamente. Su diversidad es actualmente la más alta de los lagos hasta ahora conocidos florísticamente del país.

Condición de la física y la química del agua.

Son muchos y muy variados los factores físicos que pueden modificar las características físico-químicas del agua, y por consiguiente la distribución de los organismos vivos que en ella se encuentran. La profundidad es uno de éstos.

La profundidad o nivel de la columna de agua, guarda relación con el régimen de lluvias de la zona en cuestión. De esta manera, se observa que el nivel máximo de la columna

de agua en el lago, se encontró precisamente a fines de la época de lluvias de octubre a diciembre, ver figura 6. Pero además es el final de la época de lluvias la que coincide con el periodo de mayor proliferación de las comunidades de vegetales acuáticos y subacuáticos. Esta situación es contrastante con la de los meses secos en donde las profundidades son las más bajas registradas, llegando inclusive a desaparecer la columna de agua por varios meses, con la relativamente alta proliferación de la vegetación halófito.

La profundidad del lago con un máximo de 2.75 m. (Cortéz *et al.* 1980) no sería un factor que por sí sólo trascendiera como limitante del establecimiento y crecimiento vegetal. Por el contrario, según Wetzel (1983) los lagos someros con más área de sedimento por unidad de volumen de agua son generalmente más productivos que los lagos profundos - ya que la mayor proporción de productividad es debida a las comunidades emergentes.

Por otra parte, es en la época de lluvias cuando se ponen de manifiesto o se agudiza la acción de algunos de los elementos que afectan el crecimiento vegetal. Según Hutchinson (1975) la luz es quizá uno de los factores que más afecta la producción de las hidrófitas. Las plantas sumergidas reciben menos luz que las plantas emergentes por la reflexión de la luz en la superficie (aproximadamente el 10 % de la luz incidente). Otro porcentaje es absorbido por el agua misma o por las partículas suspendidas y en solución. La luz sería pues, un factor limitante para el crecimiento de las plantas sobre todo en estos cuerpos eutróficos con alta turbidez. La mínima intensidad de luz que permite la fotosíntesis ha sido situada alrededor del 1% de la luz incidente. La desaparición a la vista del disco de Sechhi se efectúa cuando la energía se reduce al 5% con respecto a la superficie. Es así que en zonas con escasos centímetros de transparencia, la vegetación sumergida es prácticamente nula, además de otros factores (Cole, 1979).

En lagos de aguas más profundas y claras, a profundidades mayores a los 10 m. (1 atm. de presión) las plantas superiores no se desarrollan, sin embargo parece ser la presión hidrostática el factor limitante más importante que la propia luz (Cole, 1979; Hucrichinson, 1975 y Wetzel, 1983).

Analizando con detalle la turbidez encontramos que es precisamente al principio de la época de lluvias cuando es mayor. La turbidez parece deberse en gran medida a la materia en suspensión transportada por las aguas crecidas de los afluentes y por la acción conjunta de la temperatura y el viento que forman corrientes superficiales de agua. Estos movimientos del agua, ocasionan a su vez movimientos en la capa superior del sedimento, sobre todo de las zonas menos profundas. De hecho se encontró que las regiones menos profundas del oeste son las más turbias. Otra causa probable es que el volumen de agua que llega a esta última zona, proviene de la parte oriental; son aguas que contienen una elevada cantidad de materia en suspensión y sales solubles. Se corrobora que es precisamente en tiempos de lluvias, más específicamente de junio a octubre, cuando se presentó la mayor turbidez, profundidad y conductividad eléctrica de las zonas de Capacho y Copándaro. Mientras que en Huíngo, Estación Queréndaro y Coro la profundidad y la turbidez del agua fueron también máximas, al contrario de la conductividad que fue menor, lo que indica una baja en la concentración de iones disueltos por la acción diluyente de las aguas y por el muy probable efecto de transporte de iones al oeste.

Toda esta materia en suspensión, ocasiona una disminución en la cantidad y calidad de la luz que penetra a profundidad, la disminución de la tasa fotosintética, el depósito de cieno sobre las hojas y finalmente, el azolvamiento del lago. Este último factor a largo y mediano plazo origina nuevos espacios aptos en profundidad para el desarrollo de hidrófitas

emergentes. Al ampliarse la zona litoral con suaves pendientes y facilitarse la entrada de luz a sitios más amplios y cada vez menos profundos las plantas acuáticas pueden invadir estos hábitat con más facilidad - aunque quedarían potencialmente más expuestas a la desecación. Esta parece ser la forma que contribuye mayormente a la expansión temporal de algunas sumergidas y de las hidrófitas emergentes formadoras del tular y de algunas gramíneas.

Las fluctuaciones térmicas en los ambientes acuáticos son menos violentas que en el ambiente aéreo, y aparentemente tienen mucho menos influencia sobre la distribución de muchas hidrófitas. Según algunos autores como Sculthorpe (1967) y Whitton (1975), es en la época caliente de la primavera cuando la vegetación acuática crece rápidamente, hasta alcanzar su máxima biomasa en el verano. Tal como parece ocurrir en el lago de Cuitzeo con sus poblaciones vegetales más amplias y exuberantes. Lo que es aún más evidente es la pérdida de biomasa en la época invernal.

La uniformidad del régimen térmico en el agua, comparado con el aire, es quizá el responsable del vasto rango geográfico de numerosas hidrófitas de todas las formas de vida semejantes a Ceratophyllum demersum, Lemna minor y Phragmites australis (Sculthorpe, 1967).

Como consecuencia de su baja profundidad y la acción mezcladora del viento no se establece estratificación térmica en las aguas del lago. Siguiendo el trabajo de Cortés et al. (1980) en donde se consideran mediciones específicas para la determinación térmica del lago, se corrobora la falta de estratificación térmica y que según la clasificación de Hutchinson (1975) el lago de Cuitzeo se tipificaría como un lago polimíctico de tercera clase.

Estas condiciones ecológicas extremas, solamente permiten a las especies de amplios rangos de tolerancia (que coinciden con aquellas de amplia distribución mundial) se puedan

establecer y crecer en el lago. Algunas especies con estas características se encuentran representadas por Typha domingensis, Potamogeton pectinatus, Lemna gibba y Cerathophyllum demersum como ha sido mencionado por Sculthorpe (1967), Correll & Correll (1972) Ramírez (1983) y Ramírez & Novelo (1984).

Utilizando la composición química del agua como criterio de clasificación, basada en tipos y contenidos de los elementos nutricios del agua, se forman grupos o clases tróficas en las cuales se encajonan a las especies vegetales de acuerdo a su distribución y a las condiciones nutritivas naturales en las que normalmente se encuentran (Moyle 1945, Seddon 1972, Haslam 1978 y Margalef 1983).

Uno de estos sistemas de clasificación (más acorde con los objetivos y la metodología de este trabajo) es el de Moyle (1945) utilizado para diferenciar los lagos de Minnesota y modificado por Quiróz (1981 b).

De acuerdo a este sistema y a las condiciones propias de cada zona de muestreo, separamos a éstas en varios grupos. Si bien este procedimiento pareciera arriesgado, sería más arriesgado el considerar datos promedio del lago, lo cual sí llevaría a generalizar erróneamente, sobre todo cuando las condiciones en cada zona son en realidad muy particulares. Prosiguiendo de esta manera, se encontró que las zonas de muestreo se repartieron dentro de los tres grandes grupos que propone Moyle (1945), confirmando en parte sus diferencias locales.

Los manantiales en general, presentan bajos valores de alcalinidad y sulfatos (por debajo de 40 y 5 p.p.m. respectivamente, su pH oscila ligeramente alrededor del neutro), condiciones propias del grupo de las aguas blandas. En la flora de estas aguas según el mismo

Moyle, es común la ausencia de libre flotadoras y el poco crecimiento de las sumergidas. Cabe mencionar la existencia, sin embargo, de formas como: Eichhornia, Pistia y Lemnáceas que no son propias de las aguas blandas, pero que se ven altamente favorecidas por el disturbio.

El grupo de las aguas duras (con una alcalinidad entre 90 a 150 p.p.m., el ion sulfato entre 5 y 40 p.p.m. y pH entre 8 y 8.8) es característico de las aguas de San Bartolo Coro, Estación Queréndaro y Huíngo. Su flora de tallos alargados, como Potamogeton, es abundante y con crecimiento robusto. Si bien las especies de la flora de estas aguas tienen su mayor crecimiento en estas aguas, las especies individuales presentan diferentes grados de tolerancia a sales carbonatadas y sulfatadas.

Dentro de la flora de aguas duras que menciona Moyle para Minnesota, encontramos un gran número de especies que coinciden con la que se encontraron en el lago de Cuitzeo. Las sumergidas como: el alga Chara sp, Potamogeton pectinatus, Ceratophyllum demersum, Zannichellia palustris y Najas guadalupensis; las enraizadas emergentes Scirpus americanus, S. validus, Phragmites australis, Sagittaria latifolia, Mimulus glabratus, Typha domingensis; y finalmente las libres flotadoras Lemna gibba y Spirodela polirrhiza.

El tercer grupo de las aguas alcalinas (con alcalinidades mayores a 150 p.p.m., sulfatos superiores a 50 p.p.m. y pH entre 8.4 y 9.2) son características de las aguas de Capacho y Copándaro. La vegetación acuática asociada a estas aguas como P. pectinatus, Z. palustris y S. validus no son propios de la flora de estas aguas, más bien pertenecen a la flora de las aguas duras.

Sin embargo, aunque las especies tuvieran diferentes rangos de utilización de nutrientes con los cuales están correlacionados, éstos comprenden en realidad, una serie continua donde los grupos sobrelapan sus extremos, dificultando su separación estricta en clases. Dándose

además, casos de especies de amplia tolerancia excluidos de sitios de estados tróficos superiores e inferiores por competencia antes que por limitación fisiológica (Seddon. 1972). La competencia vendría a jugar una parte importante en el conjunto florístico de algunos lagos. Seddon (1972) observó que especies sumergidas de formas de crecimiento comparables, tienden a ocurrir solo raramente en el mismo lago. Encontró que dos o más potamogetonáceas ocurrían en lagos de áreas mayores a 18 ha y que en los lagos pequeños parecía estimularse la tendencia a una mutua exclusión.

Si bien es cierta la gran importancia de la química del agua, no se debe perder de vista que ésta, es sólo una parte del complejo, y que su interrelación con otros factores físicos, bióticos e históricos son los que determinan finalmente la distribución vegetal.

Haller (1974) en un estudio de laboratorio, encontró a grosso modo que las grandes flotadoras eran más susceptibles a la salinidad, seguidas por las sumergidas y finalmente las pequeñas flotadoras. Considerando entonces que la morfología de las plantas acuáticas podría ser un factor en la determinación de la tolerancia a la sal.

Otro factor de importancia fue la alcalinidad. En las aguas la alcalinidad fue debida a los carbonatos de calcio, magnesio y sodio. Según Wetzel (1983) estos iones junto con los cloruros, sulfatos y bicarbonatos son los principales constituyentes que determinan la salinidad. De esta manera se entiende el porque las parte oeste y norte con altos contenidos iónicos, son las que presentan la mayor salinidad y alcalinidad registrada.

En Copándaro y Capacho, donde las aguas presentaron un exceso de metales alcalinos, potasio y sodio, el agua se evapora (en primavera), aumentando su concentración al grado de alterar las relaciones iónicas por precipitación parcial de una serie de sales e hidróxidos. La acumulación de sales en esta zona origina un incremento en el pH por encima de 8.5,

fundamentalmente por el sodio. Este alto pH podría tener dos efectos negativos para el crecimiento vegetal: 1) por un lado se superan los límites de solubilidad del Ca, Mg, y micronutrientes, los cuales al precipitarse ocasionarían deficiencia de los mismos; y b) el aumento en la proporción relativa de los iones ya predominantes como Cl, Na y CO₃, constituyéndose en elementos tóxicos (Haslam, 1978). Aunque las plantas sean selectivas, tienden a absorberlos por su forma asimilable sin ser capaces de regularlos debido a sus elevadas proporciones (Thompson, 1974).

Las bajas proporciones de los cationes Ca y Mg en solución, son debidas en parte también, por su gran capacidad de adsorción y fijación a las arcillas y compuestos orgánicos. No así el Na que presenta gran movilidad y baja energía de enlace con las arcillas, lo que provoca su fácil desplazamiento y su concentración en solución (Thompson, 1974 y Cole, 1979).

Los aniones se presentan por lo general en forma de radicales, a excepción del cloruro. Este último, el más concentrado, parece provenir principalmente de la contaminación de drenajes domésticos y de origen edáfico por lixiviación. Los contenidos de sulfatos, nitratos y fosfatos están relacionados con las proporciones de materia orgánica en el sistema. Siendo los sulfatos y nitratos formas tan móviles que les confieren la característica de ser fácilmente eliminados por lixiviación o al igual que el fosfato, rápidamente asimilados por los organismos (Cole, 1979).

El carbono puede presentarse en varias formas inorgánicas todas ellas intercambiables y cuyas cantidades están en función del pH.

La adición de bases desplazaría el carbono inorgánico hacia la formación del ion carbonato, dominando en pH superior a 10. La extracción de CO₂ desplazaría el flujo de carbono hacia los extremos (CO₂, CO₃), en tanto que su adición la orientaría a formar

bicarbonatos , entre 6 y 8 de pH (Vallentyne, 1978).

En congruencia con lo anterior, encontramos que las aguas de Capacho y Copándaro presentan altos valores de carbonatos en condiciones de elevada acumulación de bases y pH por encima de 10. En las aguas del lado oriental el efecto es amortiguado un poco por la mayor concentración de bicarbonatos. El predominio del carbono en forma de bicarbonato, como en los manantiales, es congruente también con la baja proporción de bases y pH cercano al neutro.

Los valores de las bases y pH de las aguas del este, tenderán a la formación de iones de bicarbonato, con el consiguiente incremento de especies sumergidas que utilizan el bicarbonato como fuente exclusiva de carbono; como es el caso de Ceratophyllum, Potamogeton, Chara, algunas lemnáceas y las algas verdes. De tal forma que este grupo de plantas se ven beneficiadas en las condiciones de alcalinidad que tienen las aguas del lago. En consecuencia, el papel del pH sería el de regular la competencia entre especies que pueden usar el bicarbonato como fuente de carbono y las que no lo pueden utilizar (Hutchinson 1975, Ramírez 1983, Wetzel 1983 y Margalef 1983).

Con lo que respecta a la falta de correspondencia entre los valores de aniones y cationes, del agua (expresados en mEq l.), parece ser consecuencia de la participación de algunos iones que jugaron un papel determinante dentro del complejo aniónico y los cuales no se cuantificaron. Un caso podría ser el de los silicatos, que en condiciones alcalinas y suelos sódicos se pueden encontrar a elevadas concentraciones solubles, de más de 100 mg/l (Margalef, 1983 y Richard, 1980).

Condición de la física y química del sedimento

La textura de los materiales que forman el sedimentos parecen ser relevantes en el establecimiento de las diversas formas de las hidrófitas. Pearson (ver Whitton, 1975) menciona que en los lagos de igual composición química del agua la distribución de las especies de plantas se encuentra relacionada con la naturaleza del sustrato. Para Sculthorpe (1967) la principal influencia del sedimento sobre la distribución de las comunidades enraizadas es debida a su textura física antes que a su composición química. Más aún, Sculthorpe (1967) y Haslam (1978) mencionan que existe una mayor afinidad de las hidrófitas a colonizar hábitats con sedimentos de textura fina, que aquellos con sedimentos gruesos o arenosos. Esta relación parece comprobarse al observar que es precisamente en los sedimentos finos del lago del este-sureste donde se aprecia el mejor establecimiento de especies caracterizadas como colonizadoras de sedimentos fangosos como: Typha domingensis, Phragmites australis, Potamogeton pectinatus y Ceratophyllum demersum (Sculthorpe, 1967; Haslam, 1978 y Ramírez, 1983).

Esto puede explicarse, en parte, por la gran actividad química y biológica que juegan las fracciones finas de arcilla y limo (cieno) debido a su enorme superficie por unidad de masa, que les proporciona gran capacidad de intercambio de elementos nutricios adsorbidos sobre su superficie como Ca, Mg y K (Jackson & Raw, 1974 y Thompson, 1974).

En el caso de los manantiales no es notoria la presencia de comunidades extensas de hidrófitas, salvo en Agua Buena con un margen ocupado totalmente por Phragmites. Su ausencia podría deberse a la poca disponibilidad de nutrientes por la escasa retención del sedimento rocoso, al obstáculo físico que opone la textura gruesa al enraizamiento, a la baja capacidad de intercambio catiónico y a la constante perturbación humana. Por otro lado, la

existencia de las hidrófitas flotadoras podría suponer la posibilidad de un mayor enriquecimiento de las aguas de los manantiales por el continuo aseo doméstico que se realiza en ellos, motivando un estado de constante perturbación y enriquecimiento por la adición de nutrientes de origen antropocéntrico.

Un caso muy particular es el que se presenta en los sedimentos arcillosos de la parte oeste, particularmente en Capacho y Copándaro. Aquí se encontraron las texturas más finas del lago y sin embargo no existen representantes de vegetación acuática. Esta situación es resultante de las condiciones ambientales de sequía y salinidad - en donde la vegetación acuática se ve desplazada por organismos mejor adaptados a este medio como las halófitas. De hecho, me atrevería a considerar estos tres factores; sequía, salinidad y falta de columna de agua como los principales limitantes de la distribución y el desarrollo de las plantas acuáticas, más que la textura del sedimento - el cual también sería modificado bajo tales condiciones. Según Thompson (1974) y Richards (1980) los sedimentos de textura fina con saturación de sodio intercambiable superior al 15% provoca dispersión de las arcillas ocasionando una capa densa de baja permeabilidad bajo una capa superior de textura relativamente gruesa y quebradiza de varios centímetros.

La disposición general de los tipos de vegetación acuática en el sedimento parecen estar determinados en primer instancia por la profundidad y permanencia de la columna de agua, la turbulencia y el tipo de textura. Sin embargo Margalef (1983) menciona que la importancia de los materiales que constituyen el sustrato crecen de las aguas profundas en dirección al litoral, a tal grado que las formas emergentes podrían definir su distribución hasta en géneros por la composición del sedimento.

Siendo el suelo una mezcla de material mineral y orgánico, la presentación de sus

elementos nutritivos es de vital importancia para el desarrollo de las plantas.

Algunos autores como Thompson (1974) y Richards (1980) mencionan que no existe información completa sobre la manera en que se efectúa el intercambio aniónico. Sin embargo coinciden en señalar que debido a la presencia de un número mayor de cargas negativas sobre la superficie de las arcillas y compuestos orgánicos el intercambio catiónico sobre de ellas es mayor al aniónico.

Los elevados contenidos del ion Ca^{++} se comprenden considerando la mayor velocidad de meteorización y lixiviación que tienen los minerales de Ca, además, y quizá más importante, por su mayor fuerza de adsorción a las arcillas y compuestos orgánicos, muy superior a la de otros cationes incluso bivalentes como el Mg^{++} . Los contenidos de Mg^{++} se explican de manera similar a lo que ocurre con el Ca^{++} sólo que su velocidad de meteorización (intemperismo) y capacidad de adsorción son menores a las del Ca^{++} pero superiores a las de Na^{+} y K^{+} .

Aunque en general los cationes Ca^{++} y Mg^{++} son los más concentrados, bajo ciertas circunstancias, el Na^{+} puede incrementarse ocasionado cambios en dicha relación. Los resultados indican que los mayores contenidos de Ca^{++} y Mg^{++} se localizan en las zonas con bajas concentraciones de sales cloradas y carbonatadas, y que en las zonas relativamente más salinas sus contenidos decrecen significativamente incrementando la concentración relativa de Na^{+} y K^{+} . Es en estas últimas zonas donde domina la vegetación halófila. Bajo tales condiciones de exceso de sodio soluble, los sedimentos tienden a acumular sodio ocasionando la precipitación de cationes como Ca, Mg, Zn, Cu, Mn y Fe. Este efecto se origina fundamentalmente por el incremento en pH. En sedimentos relativamente ricos en calcio, como en los manantiales, el pH rara vez supera el 7.5; la Estación Querendaro y Coro, sin

embargo, parecen ser de estos casos raros. En los sedimentos con pH superior a 8.5, como en Capacho y Copándaro, es síntoma inequívoco de exceso en el contenido de sodio.

Al igual que con los macronutrientes, las plantas con deficiencia o contenido en exceso de micronutrientes, pueden manifestar efectos tóxicos como incapacidad de completar su ciclo o bien reducir su tasa de crecimiento y absorción de nutrientes.

El contenido de micronutrientes (Mn, Zn, Cu y Fe) es tanto mayor cuanto mayor es el grado de acidez. En consecuencia, la condición alcalina de los sedimentos del lago supondría la disminución en solubilidad de los micronutrientes. Confirmado sólo en parte, encontramos que los sedimentos de los manantiales con pH cercano al neutro son los que presentan la mayor proporción de micronutrientes. Siendo el cobre y el zinc los más sensibles a la reacción alcalina. En las condiciones alcalinas de los sedimentos del lago, el contenido de Cu y Zn son mínimos e incluso indetectables. Según Whitton (1985) en estudios sobre contaminación por cobre y zinc se mostró que las hidrófitas sumergidas son más sensibles que algunas emergentes, y que entre estas últimas las monocotiledóneas fueron más resistentes que las dicotiledóneas.

Los altos contenidos de hierro detectados en los sedimentos del lago (Cuadro 7), pueden explicarse, en parte, por la facilidad que tiene el hierro para formar complejos con los compuestos orgánicos, alterando de esta manera la cantidad de hierro asimilable esperado en función del pH (Mangalef, 1983).

Si se observa el cuadro 6 y la figura 12, se verá que fue en el invierno cuando se nota el mayor incremento de materia orgánica, coincidiendo con el desplome de numerosas poblaciones vegetales acuáticas y subacuáticas. Según Wetzel (1983) casi la totalidad de los

nutrientes de los restos orgánicos vegetales son reincorporados al sistema vía detritus, y sólo un pequeño porcentaje es utilizado en la formación de tejido animal.

El contenido de materia orgánica en la parte occidental en gran medida es debido a los restos de la abundante vegetación halófila que muere tan pronto sube el nivel del agua y quedan inundadas. Su acumulación parece ser favorecida por las condiciones de salinidad que según Hewood (ver Quiróz, 1980) presenta una relación inversa con la tasa de descomposición.

Las extensas poblaciones de hidrófitas emergentes y sumergidas parecen ser las responsables de la materia orgánica en el oriente. La lenta degradación de los tejidos "duros" de las hidrófitas emergentes confiere cierta uniformidad en la tasa de descomposición de la materia orgánica. Por el contrario donde dominan las sumergidas o flotadoras su descomposición es rápida, aportando materia orgánica al sistema en corto tiempo.

Se puede observar que el incremento en la materia orgánica, en invierno, trae emparejados decrementos en el pH de la solución y en las proporciones de iones solubles dominantes; así como el incremento de algunos cationes intercambiables y de fierro asimilable. Suministra además, fósforo y nitrógeno, cuyos contenidos en el sistema estarán en gran medida dependiendo de la descomposición de la materia orgánica. En suma, la adición de materia orgánica al sedimento desminuyó el pH, la saturación por bases e incrementó la capacidad de intercambio de nutrientes.

En los manantiales no es claro definir algún patrón de los contenidos de materia orgánica, sin embargo, la perturbación humana parece ser un factor determinante de los valores relativamente altos en algunos de ellos.

La distribución y el contenido de nitrógeno parece seguir el mismo patrón de

distribución y contenido de la materia orgánica, ya que casi la totalidad del nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica. El fósforo al igual que el nitrógeno se relaciona con el contenido de materia orgánica pero no está en función de la acumulación de ésta.

Según Vallyntyne (1978) el nitrógeno y el fósforo son los dos elementos que más comúnmente limitan el crecimiento vegetal.

La condición alcalina puede producir nitrógeno en forma amoniacal, con resultados tóxicos. Otra parte, en forma de nitratos, sería fácilmente lixiviada o rápidamente asimilada por los organismos vegetales y animales al grado de alterar los valores de nitrógeno incluso de un día a otro (Thompson, 1974). El abundante calcio de los sedimentos, de la región oriental, podrían reaccionar con el fósforo formando fosfato dicálcico insoluble y no asimilable por las plantas. En la región occidental, el sodio estimula la formación de sales sódicas de fósforo, más solubles pero poco asimilables. Considerando además, el enriquecimiento del fósforo por la utilización de fertilizantes en las tierras de cultivo, del suroeste, se entiende en parte, porqué son mayores los valores de fósforo en la región occidental que en la oriental.

La captación biológica del fósforo y del nitrógeno es extremadamente rápida, de aquí que los organismos juegan un papel fundamental en la regulación de sus contenidos en la naturaleza.

Los vegetales absorben fósforo metabolizándolo rápidamente y almacenando el excedente para utilizarlo posteriormente bajo condiciones de deficiencia. Según Quiróz *et al.* (1982) la presencia de la vegetación sumergida y libre flotadora trae consigo un marcado decremento en fósforo, siendo las lemnaáceas una de las hidrófitas con mejor capacidad de absorber fósforo. Las nympháceas es otro grupo de hidrófitas cuyo número esta en relación con el contenido de fósforo (Quiróz, 1981 a).

CONCLUSIONES

El lago de cuizteo es un lago en vías de extinción, proceso caracterizado por largos periodos de sequía hasta en las dos terceras partes del lago y un marcado desequilibrio entre la alta evaporación y la baja precipitación y aportes de sus principales afluentes. Otros síntomas manifiestos, producto de la alta evaporación, es el proceso de salinización acelerado y la cada vez más evidente columna de agua poco profunda.

La sequía que afecta a la parte central y occidental, con la consiguiente ausencia de una columna de agua, parece ser la causa principal que limita la distribución y el desarrollo de la vegetación acuática y subacuática en más de la mitad del lago.

Los aportes de agua dulce que recibe el lago en su parte sur-sureste favorece la relativa dilución de las sales y la presencia de una capa de agua permanente; condiciones que posibilitan la presencia en estas regiones, de numerosas agrupaciones vegetales acuáticas y subacuáticas consideradas como las más importantes por su diversidad y extensión que cubren.

Las especies de amplio rango de tolerancia (que coinciden con aquellas de amplia distribución mundial), son las que mejor se establecen y desarrollan bajo condiciones ecológicas de alta salinidad y perturbación (y gr. Typha, Potamogeton, Lemna y Chara, Polygonum spp, Plantago spp, así como algunas gramíneas, cyperáceas y compuestas).

Sin embargo, debido a su enorme extensión y a la diversidad de microhábitats que presenta el lago, la riqueza florística es sorprendentemente superior entre dos y cinco veces a la de otros ambientes lénticos de México hasta ahora conocidos.

La época lluviosa inicia la proliferación de la vegetación acuática y subacuática, aunque trae aparejados problemas de turbidez y azolvamiento.

Las formas de vida más ampliamente distribuidas, numérica y espacialmente, fueron las hidrófitas enraizadas emergentes, remarcando el estado avanzado en la hidroserie del lago y su eutroficación.

Comparativamente, son las zonas con una composición química, del agua y sedimentos, intermedia (aguas duras según Moyle, 1945) las que soportan la mayor riqueza de especies y las mayores extensiones de vegetación. Las aguas "blandas" y las fuertemente "alcalinas" presentan escasos elementos acuáticos y subacuáticos, siendo éstos principalmente de especies consideradas típicas de aguas "duras".

En las zonas con altas concentraciones de sales (principalmente sódicas) la correlación iónica es alterada por la precipitación de una serie de sales, por el incremento de pH y por el aumento en la proporción relativa de los iones ya predominantes. Es en estas zonas de alta alcalinidad y salinidad, donde las plantas acuáticas "halófitas" (en las zonas inundadas) y las halófitas tolerantes ocupan o cubren grandes áreas en el borde del lago.

En la mayoría de los manantiales, la presencia o ausencia de vegetación y el dinamismo de los nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) están altamente influenciados por la actividad humana que en ellos se realiza (v. gr. aseo doméstico y aseo personal).

Los crecientes asentamientos humanos, la deforestación de los bosques cercanos y los crecientes requerimientos de recursos (particularmente de agua) de las grandes ciudades como Morelia, o los distritos de riego de la zona, han acelerado de manera inusitada el desbalance hidrológico de la cuenca, que se pone de manifiesto en la considerablemente disminuida descarga de agua que recibe el lago. Como consecuencia de lo anterior, la pérdida en profundidad y en extensión que se inunda, paralela a la supresión de hábitas acuáticos y de comunidades acuáticas que en ellos habitan.

La velocidad de pérdida de los recursos acuáticos en esta cuenca es en verdad acelerada. A fines de la década de los setentas, todavía se hablaba de un lago de grandes dimensiones con numerosa vegetación acuática, aún en la parte occidental. Actualmente la pérdida de superficie inundada del lago se puede considerar en más de la mitad de la extensión que tenía una década y media atrás. Basta sólo con ver los extensos pastizales halófitos de la parte norte y suroeste y de las cada vez más numerosas zonas habilitadas como tierras de cultivo; antaño zonas inundadas en la región suroccidental del lago.

De seguir la tendencia, se corre el riesgo de que en pocos años (posiblemente en esta misma década) se hable de la desaparición del que fuera el segundo lago más grande de México y de la pérdida de los recursos bióticos, en algunos casos de manera irreversible.

Las políticas de protección, encaminadas a la conservación íntegra del ecosistema parecen ser poco viables y prácticas, por el estado de madurez y perturbación tan avanzadas que guardan grandes regiones del lago. Sin embargo, se podrían tomar medidas que ayudaran en la conservación de las zonas menos perturbadas y de las de interés botánico retardando en alguna medida su desaparición. En tal sentido se propone una cuidadosa selección de las áreas, objeto de protección, procurando que abarquen el mayor número de agrupaciones vegetales presentes en el lago y la urgente necesidad de realizar estudios básicos sobre su dinamismo, a fin de planear el óptimo aprovechamiento y conservación de sus recursos.

Queda pues este trabajo, como testimonio de la riqueza de la vegetación acuática y subacuática del Lago de Cuitzeo.

LISTADO FLORISTICO DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACAN

ALISMATACEAE

Sagittaria latifolia Willd. (A- 1)

AMARANTHACEAE

Amaranthus sp. (S-1)

ARACEAE

Pistia stratiotes L. (A- 3)

AIZOACEA

Sesuvium verrucosum Raf. (T)

AZOLLACEAE

Azolla sp. (A)

BORAGINACEAE

Heliotropium curassavicum L. var. *curassavicum* (T)

CAPPARIDACEAE

Cleome multicaulis Moc. & Sessé ex DC. (T)

CARYOPHYLLACEAE

Arenaria bourgaei Hemsl. (S-1)

CHARACEAE

Chara sp (A)

CHENOPODIACEAE

Suaeda torreyana Wats. (T)

Chenopodium murare L. (T)

Atriplex sp. (T)

CERATOPHYLLACEAE

Ceratophyllum demersum L. (A- 2)

COMMELINACEAE

Commelina sp. (T)

COMPOSITAE

Ambrosia sp. (T)

Bidens laevis L. B.S.P. (T)

Eclipta prostrata L. (S- 1)

Flaveria trinervia (Spreng.) C. Mohr (T)

Jaegeria bellidiflora (Moc. & Sessé) Torres & Beaman (A-1)

Sanvitalia procumbens Lam. (T)

Spilanthes oppositifolia (Lam.) D'Arcy (S- 1)

Senecio sp (T)

CRUCIFERAE

Rorippa-Nasturtium aquaticum (L.) Shinz & Thell. (S- 1)

CYPERACEAE

Cyperus digitatus Roxb. (S- 1)

C. imbricatus Retz. (S- 1)

C. laevigatus L. (S- 1)

C. niger R. & P. (T)

C. reflexus Vahl var. *fraternus* (Kunth & Kunze) (T)

Eleocharis densa Benth. (S- 1)

- E. montevidensis* Kunth (S a T)
E. rostellata Torrey (T)
Fimbristylis argillicola Kral (f) (T)
Scirpus americanus Pers. (S-1)
S. californicus (C. Meyer) Steud (A- 1)
S. robustus Pursh (A- 1)
S. validus Vahl (A- 1)

EUPHORBIACEAE

- Euphorbia* sp (T)

GRAMINEAE

- Chloris virgata* Sw. (T)
Distichlis spicata L. (T)
Echinochloa colonum (L.) Link (S- 1)
E. crus-galli (L.) Beauv. (S- 1)
E. polystachya (H.B.K.) Hitchc. (S- 1)
Leersia hexandra Sw. (A- 1)
Leptochloa domingensis (Taq.) Trin. (T)
Panicum stoloniferum Poir. (T)
P. sucosum Hitch. & Chase (A- 1)
Phragmites australis (Cav.) Trin. y Stend. (A- 1)
Polygogon monspeliensis (L.) Desf. (T)
P. interruptus (H.B.K.) Hitchc. (T)
Sporobolus aff funceus (Michx.) Kunth (T)

S. poretii (Roan & Schult) Hitchc. (T)

HYDROCHARITACEAE

Hydromystria laevigata (Willd.) Hunz. (A-1 a veces 3)

JUNCACEAE

Juncus sp1 (S- 1)

Juncus sp2. (S- 1)

JUNCAGINACEAE

Triglochin mexicanum Kunth (S- 1)

LEGUMINOSAE

Indigofera sp (T)

Trifolium sp (T)

LEMNACEAE

Lemna aequinoctialis Welw. (A- 3)

L. gibba L. (A- 3)

Spirodela polyrrhiza (L.) Schleid. (A- 3)

Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm. (A- 3)

LYTHRACEAE

Cuphea sp. (T)

MARSILEACEAE

Marsilea sp. (A)

MENYANTHIACEAE

Nymphoides fallax Omd. (A- 4)

NAJADACEAE

(A-2)

Najas guadalupensis (Sprengel) Magtus var. *guadalupensis* }

NYMPHAEACEAE

Nymphaea gracilis Zucc. (A- 4)

ONAGRACEAE

Ludwigia peploides (H. B. K.) Raven (S- 1)

Oenothera sp. (T)

ORCHIDACEAE

Spiranthes sp (S- 1)

PLANTAGINACEAE

Plantago mayor L. (T)

Plantago aff lanceolata L. (T)

POLYGONACEAE

Polygonum hydropiperoides Michx. (S- 1)

P. punctatum Ell. (A a S)

PONTEDERIACEAE

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (A- 3)

Heteranthera limosa (Sw.) Willd. (A- 1)

H. peduncularis Benth. (A- 1)

H. reniformis R. & P. (A- 1)

POTAMOGETONACEAE

Potamogeton pectinatus L. (A- 2)

RANUNCULACEAE

Ranunculus dichotomus Moc. & Sessé (S- 1)

R. cymbalaria Pursh (S- 1)

SALICACEAE

Salix aff bonplandiana. Kunth (T)

SCROPHULARIACEAE

Bacopa monnieri (L.) Wettst. (S- 1)

Escobedia leavis Schl. & Cham. (S- 1)

Mimulus glabratus H. B. K. (S- 1)

SOLANACEAE

Solanum sp. (S- 1)

Physalis sp (T)

TYPHACEAE

Typha domingensis Pers. (A- 1)

UMBELLIFERAE

Benula erecta (Huds.) Cov. (S- 1)

Hydrocotyle ranunculoides L. f. (S- 1 a veces 4)

H. verticillata Thumb. var. *triradiata* (Rich.) Fern.(S-1)

Lilaeopsis schaffneriana (Schl.) Coult & Rose. (A a S)

ZANNICHELLIACEAE

Zannichellia palustris L. (A- 2)

SIMBOLOGIA

A.- Acuáticas

S.- Subacuáticas

T.- Tolerantes

1.- H. Enraizadas Emergentes

2.- H. Sumergidas

3.- H. Libres Flotadoras

4.- H. Hojas Flotantes

REFERENCIAS

- Adams, C.D. 1972. *Flowering plants of Jamaica*. Univ. West Indies, Mona, Jamaica. 848 p.
- Alvaréz, R. 1978. *Enciclopedia de México*. Tomo III.
- APHA, AWWA & WPCF. 1980. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15 ed. Whashington.
- Arignon, J. 1979. *Ecología y piscicultura de aguas dulces*. Mundi-Prensa España. 365 p.
- Aston, H.I. 1973. *Aquatic plants of Australia*. Milbourne Univ. Press. 338 p.
- Barnes, R.B. et al. 1945. *Flame photometry: a rapid analytical method*. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 17:605.
- Blackaller, M. 1937. *Contribución al estudio de las ninfeas de los lagos y ciénegas del sur y centro del Valle de México*. *An. Inst. Biol., U.N.A.M. México* 7: 415-455.
- Borges, A. M., Gómez, H. S., Gutiérrez C. A., Hinojosa, R.M. & Villareal, A. 1984. *Macrófitas acuáticas en el lago de Chapala, Jalisco*. Servicio Social U.A.M. Unidad Iztapalapa. México. 83 p.
- Bouyoucos, G.J. 1963. *Directions for marking mechanical analysis of soil by hydrometer*. *Method Soil Sci.* 42: 25-30
- Bravo, H. 1930. *Las Lemnáceas del Valle de México*. *An. Inst. Biol., U.N.A.M. México* 1: 7-32 p.
- Brown, A.L. 1971. *Ecology fresh water*. Harvard University Press. Massachusetts U.S.A. 129 p.
- Chávez, H. L. 1986. *Estudio de las dicotiledóneas acuáticas y subacuáticas de los estados de Tabasco y Quintana Roo*. Servicio Social U.A.M. Unidad Iztapalapa. México. 220 p.
- Cole, G.A. 1979. *Textbook of limnology*. The C.V. Mosby Comp. Sci. 426 p.

- Cook, C.D.K., B.J. Gut, E.M. Rix, J. Schneller and M. Seitz. 1974. *Water plants of the world. A manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes*. Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague 561 pp.
- Corona, J. 1946. *Cuitzeo: Estudio antropogeográfico*. Acta anthropologica II: 1 Soc. de alumnos de la E.N.A.H. México.
- Correll, H.B. & Correll, D.S. 1972. *Aquatic and wetland plants of Southwestern United States*. Stanford Univ. Press, Stanford, California. 1777 p.
- Cortéz, A.R., Mendivil, R., Cuevas, G. & García, C. 1980. *Algunos aspectos físicos y químicos y consideraciones sobre la pesca en el lago de Cuitzeo, Mich. (Estudio trimestral 1976-1977)*. En: *Memorias de segundo Simposio Latinoamericano de Acuicultura*. Departamento de Pesca. México. Tomo III. 1979-2020 p.
- Cronquist, A. 1981. *Introducción a la botánica*. 2a. ed. C.E.C.S.A. México. 848 p.
- Dalton, P. & Novelo, A. 1983. *Aquatic and wetland plants of Arnold Arboretum*. *Arnoldia* 43 (2): 7-44.
- García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía U.N.A.M. México. 252 p.
- Godfrey, R.K. and J.W. Wooten. 1981. *Aquatic and wetland plants of Southeastern United States*. Vol. I Monocotyledons, y Vol. II Dicotyledons. The Univ. Georgia Press, Athens.
- Gutiérrez, B.C. 1985. *Descripción de la vegetación de la zona inundable de Nevería Veracruz*. Tesis Licenciatura Universidad Veracruzana. 96 p.
- Guza, T. 1988. *Amenaza la contaminación la pesca en el lago de Cuitzeo: Diario La Jornada* 28 de octubre, México D.F.
- Haller, W.T. 1974. *Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes*. *Ecology* 55:891-

- Haslam, S.M. 1978. *River plants. The macrophytic vegetation of watercourse.* Cambridge University Press. USA.
- Heywood, V.H. 1978. *Flowering plants of the World.* Oxford Univ. Press. 335 p.
- Howard, R.A. 1974. *Flora the Lesser Antilles. Vol. III Monocotyledoneae.* Harvard University, Jamaica Plains, Massachusetts. 586 p.
- Humboldt, A. 1941. *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España.* Ed. Pedro Robledo. México. Vol. II. 460 p.
- Hutchinson, G.E. 1975. *A treatise on Limnology. III Limnology botany.* John Wiley & Sons. New York. 460 p.
- Jackson, R. & Raw, F. 1974. *La vida en el suelo.* Ed. Omega, Barcelona. 70 p.
- Jaime, G.A. & Chapa, S. 1976. *Lirio acuático en México problemas y soluciones.* Ponencia presentada en el XII Congreso Internacional de Grandes Presas. El Campo.
- Leicht, H. 1937. *Chinampas y almacigos flotantes.* An. Inst. Biol. México. 8(3): 374- 380 p.
- Little, 1979. *Handbook of utilization of aquatic plants.* F.A.O. Roma. 176 p.
- Lot, A. & Novelo, A. 1978. *Laguna de Tecocomulco, Hgo. Guías botánicas de excursiones de México.* Soc. Bot. de Méx. A.C. 19 p.
- & Novelo, A. 1988. *Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro Michoacán.* The Southwester Naturalist 33(2):167- 175.
- & Novelo, A. 1989. *El pantano de Tabasco y Campeche: La reserva ecológica más importante de plantas acuáticas de mesoamérica.* En: *memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación de delta de los ríos Grijalva y Usumacinta.*

- & Novelo, A. *Afinidades florísticas de las monocotiledóneas acuáticas mesoamericanas.*
En : *Memorias del Simposio sobre la Biogeografía de Mesoamérica.* (En Prensa).
- , Novelo, A. & Ramírez, P. 1986. *Listados Florísticos de México. V. Angiospermas Acuáticas Mexicanas 1.* Instituto de Biología, U.N.A.M. México. 60 p.
- Margalef, R. 1983. *Limnología Omega, Barcelona.* 1010 p.
- Mijangos, M. (en preparación) *La vegetación y flora acuática vascular de la laguna de Coatepec, Morelos.*
- Miranda, M.G. 1980. *Plantas acuáticas útiles del Valle de México. Tesis Licenciatura Facultad de Ciencias U.N.A.M. México.* 88 p.
- Mitchell, S.D. 1974. *Aquatic vegetation and its use and control.* UNESCO. París. 135 p.
- Morales, H.L. 1978. *La revolución azul. Acuicultura y ecodesarrollo.* Editorial Nueva Imagen. 158 p.
- Moyle, B.J. 1945. *Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota.* Amer. Midl. Nat. Vol. 34:402-420.
- Novelo, A. & Gallegos, M. 1988. *Estudio de la flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas del sureste del Valle de México.* *Biótica* 13(1-2):121-139.
- & Lot, A. 1983. *Esclarecimiento taxonómico de Nymphaea gracilis Zucc., planta acuática endémica de México.* *Bol. Soc. Bot. Mex.* 45: 85 - 95.
- & Lot, A. 1989. *Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales.* En: *Memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del delta de los ríos Grijalva y Usumacinta.* 5-14.
- Olvera, M. 1989. *Manual de identificación de semillas de plantas vasculares acuáticas del*

- Valle de México. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias U.N.A.M.*
- Orozco, A.L. & Lot, A. 1976. *La vegetación de las zonas inundables del sureste de Veracruz. Biotica 1(1): 1-44.*
- Orozco, F. & Medinaveitia, A. 1941. *Estudio químico de los lagos alcalinos. El origen del carbonato sódico. An. Inst. Biol. Mex. XII: 429-438.*
- Paso y Troncoso, Del. 1958. *Relaciones geográficas de la diócesis de Michoacán 1579-1580. Colección Siglo XVI. Guadalajara, Jalisco. 85 p.*
- 1945. *Relaciones geográficas del siglo XVIII. Biblioteca Aportaciones Históricas. Ed. Vargas Rea. 143- 162 pp.*
- Quiróz, A. 1980. *Papel de algunas hidrófitas en la fertilidad del sistema chinampero. Biotica 5(4): 169-179.*
- 1981a. *Nyfeaceas indicadoras de fósforo asimilable en los sedimentos. Biotica 6 (1): 99-100.*
- 1981b. *Notas sobre la clasificación de hidrófitas en relación a la química del agua. Biotica 6 (1): 101- 102.*
- , Miranda, M. & Lot, A. 1982. *Uso potencial de algunas hidrófitas como abono en la zona chinampera de Xochimilco. Biotica 7 (4): 631-633.*
- Ramírez-Cantú, D. 1939. *Contribución al conocimiento de la flora acuática del Valle de México. An. Inst. Biol. U.N.A.M. Mex. 10: 33-64.*
- , 1942. *Observaciones sobre la vegetación de la laguna de Epatlán, Puebla. An. Inst. Biol. Mex. 13: 405-415.*
- Ramírez, P. 1983. *Estudio de la distribución y producción de las plantas acuáticas en seis lagos cráter de Puebla. Tesis Licenciatura Escuela Nacional de Estudios Profesionales*

- Zaragoza U.N.A.M. México 29 p.
- & Novelo, A. 1984. *La vegetación acuática vascular de seis lagos cráter del estado de Puebla. Soc. Bot. México. 46: 75-88.*
- Ramos, L.J. (en preparación) *La vegetación y flora acuática vascular de la laguna de Yuriria, Guanajuato.*
- Reitemeier, R.F. 1943. *Semimicroanalysis of saline soil solution. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 15: 393-402.*
- Ringuelet, R.A. 1962. *Ecología acuática continental. Eudeba. Argentina. 138 p.*
- Richards, L.A. 1980. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa. México. 172 p.*
- Rioja, E. 1942. *Estudio hidrobiológico VII. Apuntes para el estudio de la laguna San Felipe Xochiltepec, Puebla. An.Inst. Biol. Mex. 13: 503-517.*
- Romero, V. 1963. *Contribución al estudio de la flora de los manantiales de Chandio, Michoacán y sus alrededores. Tesis Licenciatura Facultad de Ciencias U.N.A.M. México. 61 p.*
- Romero, F.J. 1921. *El estado de Michoacán. Librería de la viuda de Ch. Bouret. México. 86p.*
- 1931. *Geografía del estado de Michoacán. Soc. de Edit. y Libr. Franco Americana S.A. México. 173 p.*
- 1960. *Diccionario Michoacano de Historia y Geografía. Ed. del Gobierno del Estado. Morelia, Mich. 530 p.*
- Rzedowski, J. & G.C. Rzedowski. 1979. *Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. I Gymnospermae-Dicotyledoneae. C.E.C.S.A. México. 403 p.*
- 1985. *Flora fanerogámica del Valle de México. Vol II Dicotyledoneae. Instituto de*

- Ecología. México* 674 p.
- Seldon, B. 1972. *Aquatic macrophytes as limnological indicators. Freshwater Biol.* 2:107-130.
- Sculthorpe, C.D. 1967. *The biology of aquatic plants. Edward Arnold Ltd. London.* 610 p.
- Schwoebel, J. 1975. *Métodos de hidrobiología. Biología del agua dulce. Ediciones Blume. Madrid.* 262 p.
- Sheen, R.T. H. Kahler & E.M. Ross. 1935. *Turbidimetric determination of sulfate in water. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 7:262
- S.R.H. 1973. *Boletín Hidrológico no.50. Región hidrológica no. 12 (Parcial T. I). México D.F.*
- Tamayo, J.L. 1962. *Geografía general de México. Inst. Mex. Inv. Econ. México. Vol. I y II.*
- Technicon Industries Systems. 1977a. *Método automatizado no. 98-70 W/A en autoanalizador II. Tech. Ind. Syst. Tarrytown, New York.*
- 1977 b. *Método automatizado no. 334- 74 W/B en autoanalizador II. Tech. Ind. Syst. Tarrytown, New York.*
- Thompson, L.M. 1974. *El suelo y su fertilidad. Ed. Reverte. México.* 530 p.
- Valletynne, J. 1978. *Introducción a la limnología. Omega. Barcelona.* 169 p.
- Walkley, A. 1947. *A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soils effect of variations in digestion conditions and of soil constituents. Soil Sci.* 63:251-264.
- Wander, I. W. 1942. *Photometric determination of potassium. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 14:471

Wetzel, R. 1983. *Limnology*. 2a. ed. Saunders. Philadelphia. 743 p.

Whitton, B.A. 1975. *River ecology*. Studies in ecology vol. II. Univ. of Calif. Press.

Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford Univ. Press. Palo Alto California. 1025

p.

Zincunegvi, L. 1923. *Zinapécuaro: su riqueza, su historia y su porvenir*. México. 103 p.