



3
2ej.
00361

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**FLORA Y VEGETACION ACUATICA VASCULAR DE
LAS LAGUNAS DE ZEMPOALA, MORELOS, MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGIA)**

PRESENTA

BIOL. JAIME RAUL BONILLA BARBOSA



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.

CONTENIDO

	Pag.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 General	4
3.2 Particulares	5
4. ANTECEDENTES	5
4.1 Flora y vegetación acuática vascular en México	5
4.2 Estudios realizados en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala	6
5. AREA DE ESTUDIO	6
5.1 Situación geográfica y límites del Parque Nacional Lagunas de Zempoala	7
5.1.1 Fisiografía	7
5.1.2 Relieve y topografía	8
5.1.3 Geología	8
5.1.4 Edafología	9
5.1.5 Clima	10
5.1.6 Vegetación	10
5.1.7 Hidrología	10
5.2 Localización de los lagos del Parque	11
5.2.1 Lago Zempoala	11
5.2.2 Lago Compila	12
5.2.3 Lago Tonatiahua	12
5.2.4 Lago Acomantla	12
5.2.5 Lago Acoyotongo	13
5.2.6 Lago Quila	13
5.2.7 Lago Hueyapan	14
5.2.8 Joya de Atezcapan	14
6. METODOLOGIA	14
6.1 Trabajo de campo	15
6.1.1 Flora y vegetación acuática	15
6.1.2 Parámetros ambientales	15
6.2 Trabajo de laboratorio	16
6.2.1 Flora y vegetación acuática	16
6.2.2 Parámetros ambientales	16
6.2.2.1 Análisis físicos y químicos del agua	16
6.2.2.2 Análisis fisico-químicos del sedimento	17

7. RESULTADOS	18
7.1 Flora acuática	18
7.1.1 Clave para determinar las familias de plantas acuáticas de acuerdo a su forma de vida	24
7.1.2 Descripción de los taxa	26
7.1.3 Fenología de las plantas acuáticas	73
7.1.4 Afinidades de la flora	74
7.2 Vegetación acuática	75
7.2.1 Lago Zempoala	76
7.2.2 Lago Compila	78
7.2.3 Lago Tonatiahua	79
7.2.4 Lago Acomantla	80
7.2.5 Lago Acoyotongo	81
7.2.6 Lago Quila	82
7.2.7 Lago Hueyapan	83
7.2.8 Joya de Atezcapan	84
7.3 Características físicas del agua	85
7.3.1 Nivel del agua	85
7.3.2 Transparencia	85
7.3.3 Temperatura	86
7.3.4 Conductividad eléctrica	86
7.4 Características químicas del agua	90
7.4.1 Concentración de pH	90
7.4.2 Composición iónica	90
7.4.2.1 Sodio (Na+)	90
7.4.2.2 Potasio (K+)	90
7.4.2.3 Calcio (Ca++)	94
7.4.2.4 Magnesio (Mg++)	94
7.4.2.5 Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	94
7.4.2.6 Carbonatos (CO ₃ ⁼)	94
7.4.2.7 Cloruros (Cl ⁻)	98
7.4.2.8 Sulfatos (SO ₄ ⁼)	98
7.4.2.9 Fósforo total (P ⁻)	98
7.4.2.10 Nitrógeno total (N ⁺)	98
7.5 Características físico-químicas del sedimento	103
7.5.1 Textura	103
7.5.2 Concentración de pH	103

8. DISCUSION	107
8.1 Flora acuática vascular	107
8.2 Fenología	109
8.3 Afinidades de la flora	110
8.4 Vegetación acuática	112
8.5 Influencia de los factores ambientales en la vegetación acuática	112
8.5.1 Influencia de los factores físicos del agua	114
8.5.2 Influencia de los factores químicos del agua	117
8.5.3 Influencia de los factores físico-químicos del sedimento	120
8.6 Impacto del hombre sobre la flora y la vegetación acuática	121
9. CONCLUSIONES	123
10. BIBLIOGRAFIA	126

1. RESUMEN

La marcada perturbación ejercida sobre los recursos acuáticos en nuestro país, ha ocasionado el desequilibrio de las condiciones ambientales de los cuerpos de agua, afectando directamente la diversidad biológica. Debido a esto, se pone de manifiesto la necesidad de conocer esta diversidad en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala. El propósito de este trabajo es el conocer la composición florística, las afinidades de las especies presentes y el describir la vegetación con base en sus formas de vida. Asimismo, relacionar algunas propiedades ambientales del agua y de los sedimentos con la distribución de la vegetación, en los lagos Zempoala y Tonatiahua, por presentar éstos agua durante todo el año.

El trabajo de campo se llevó a cabo de octubre de 1987 a septiembre de 1989, realizándose visitas mensuales para recolectar material botánico, muestras de aguas y sedimentos. Se elaboraron claves artificiales de la flora acuática, se describen las diferentes comunidades de la vegetación y sus asociaciones dentro de los cuerpos de agua, representando su distribución en mapas y perfiles diagramáticos.

La flora está constituida por 63 especies y 42 géneros, pertenecientes a 26 familias, de las cuales 60 corresponden a angiospermas y 3 a helechos y plantas afines. De las especies registradas, se tiene como posible especie nueva a *Micranthemum* sp., como nuevo registro para México a *Lemna minor* y 18 especies como nuevos registros para el Parque.

El grupo mejor representado fue el de las dicotiledóneas, seguidas por las monocotiledóneas y en menor proporción a los helechos y plantas afines. Las familias mejor representadas fueron las Cyperaceae con 11 especies, Scrophulariaceae con 6, Poaceae y Apiaceae con 4, Potamogetonaceae, Brassicaceae, Polygonaceae y Ranunculaceae con 3 y el resto de las familias representadas por 1 ó 2 especies.

De las 63 especies registradas, representadas por elementos herbáceos, 30 son consideradas estrictamente acuáticas, 24 como subacuáticas y 9 como tolerantes. Por otro lado, las asociaciones vegetales presentes en los lagos están representadas por tres formas de vida, las hidrófitas enraizadas emergentes con 52 especies, las hidrófitas enraizadas sumergidas con 8 especies, y las hidrófitas libremente flotadoras con 3 especies.

En relación a las afinidades florísticas, la mayor representación fue de elementos con afinidad boreal (27 especies), 12 especies son endémicas a México y 2 introducidas. De afinidad neotropical se registraron 4 especies y 3 especies introducidas. De amplia distribución en América fueron registradas 8 especies, cosmopolitas 5 especies y de afinidad con África 2 especies, de las cuales 1 es introducida.

Las aguas de los lagos Zempoala y Tonatiahua están clasificadas como del tipo "blandas", caracterizadas por el predominio de bicarbonato de magnesio y a las bajas concentraciones de sales. Asimismo, este tipo de aguas presentó las condiciones adecuadas para el desarrollo de una alta diversidad florística.

En los lagos se presenta un alarmante deterioro, debido principalmente a la extracción del agua por medio de bombas y acueductos y por el pastoreo, lo que ha ocasionado la desaparición de la flora y la vegetación acuática, y que en un futuro no muy lejano puedan extinguirse, principalmente en los lagos Hueyapan, Compila, Acomantla y Quila. Por último, se ha favorecido el desarrollo de especies introducidas, con crecimiento malezoides, que han ido substituyendo a las especies nativas.

2. INTRODUCCION

México es un país que por su situación geográfica, cuenta con una riqueza en recursos acuáticos susceptibles de ser explotados, particularmente en los procesos productivos pesqueros, como es el caso de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Sin embargo, el uso adecuado de estos recursos no se realiza de manera integral, debido principalmente a la escasa información con que se cuenta en relación a sus características biológicas, físicas y químicas, y al manejo que de estos sistemas se han realizado.

Las características particulares que presentan los cuerpos de agua lénticos, presuponen modificaciones estructurales en la flora y vegetación acordes con las necesidades que les impone una vida acuática. Estos cambios permiten la adaptación a los sistemas acuáticos de muy diversas maneras, expresadas en las diferentes formas de vida manifiestas en dichos ecosistemas (Sculthorpe, 1967).

Las plantas acuáticas vasculares incluyen a todas aquellas especies que crecen y se desarrollan en sedimentos saturados de agua, ya sea en forma temporal o permanente, flotando por encima del agua o completamente sumergidas, clasificándose en acuáticas estrictas, subacuáticas y tolerantes o facultativas (Sculthorpe, 1967; Dalton y Novelo, 1983; Novelo y Gallegos, 1988).

Rzedowski (1978) y Lot et al. (1986) reconocen que la diversidad de habitats presentes en México refleja una variada vegetación acuática, ya que las hidrófitas crecen desde los lagos cráter y de alta montaña hasta las lagunas costeras y arrecifes coralinos, pasando por una gama de habitats que frecuentemente no ocupan grandes extensiones, pero que en su conjunto son una parte importante para el desarrollo de la vegetación y flora acuática de México.

En el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, se encuentra un grupo de siete lagos de origen volcánico: el Zempoala, Compila, Tonatiagua, Acomantla, Acoyotongo, Quila y Hueyapan, y la Joya de Atezcapan. El primero y el tercero son permanentes y el resto presentan agua al menos durante la época de lluvias. Estos cuerpos de agua tienen una diversidad de sistemas como arroyos, zonas inundables y pantanos, presentando habitats con una alta diversidad florística.

Las plantas consideradas en este estudio son las estrictamente acuáticas que se presentan tanto sumergidas, emergentes como flotadoras; las subacuáticas que pasan gran parte de su ciclo de vida dentro del agua y/o en los bordes someros, y las tolerantes que pasan gran parte de su ciclo de vida en el medio terrestre, pero que soportan inundación en un corto periodo de su ciclo de vida, como lo establecen algunos autores (Dalton y Novelo, 1983; Novelo y Gallegos, 1988), e incluye familias de plantas como los helechos y plantas afines y las angiospermas estrictamente acuáticas o con especies adaptadas al medio ambiente acuático.

El estudio básico de estas plantas es importante porque, como lo señalan Pond (1905), Wetzel y Hough (1973) y Haynes (1980) son un componente biológico de los ecosistemas acuáticos. Por otra parte, Rich et al. (1971), Carpenter (1981), Tomlinson (1983) y Novelo y Lot (1989), consideran que la vegetación litoral y las hidrófitas, son una fuente potencial de alimento

para animales acuáticos y de materiales esenciales para la producción pelágica y béntica. Las hidrófitas como primer eslabón en la cadena alimenticia, sirven como fuente de alimento orgánico producido por su actividad fotosintética y proporcionan oxígeno para la respiración (Velázquez, 1971; Novelo y Lot, 1989). Harman (1974) manifiesta que el zoobentos y zoomeroplácton sufren drásticas fluctuaciones poblacionales asociadas con los cambios en la estructura de las comunidades de hidrófitas, y Leadley (1971) y Novelo y Lot (1989) establecen que estas plantas les ofrecen diversos nichos ecológicos para ser ocupados como protección, anidación y alimentación.

En los ecosistemas acuáticos, el estudio de las hidrófitas también es importante, porque en la zona litoral de los cuerpos de agua ésta vegetación funciona como trampa o cedazo para compuestos orgánicos disueltos, así como para nutrientes inorgánicos (Wetzel y Allen, 1970; Wetzel y Hough, 1973). Además, contribuyen en gran medida al equilibrio del ambiente acuático, actuando como bombas en la circulación y flujo de nutrientes, tomándolos del sedimento y liberándolos con la muerte y descomposición de los tejidos vegetales, formándose con ellos materia orgánica (Pond, 1905; Wetzel, 1983; Novelo y Lot, 1989). Asimismo, estabilizan el sedimento por medio de sus raíces evitando la erosión de los bordes de los cuerpos de agua, ocasionados por el viento y el oleaje (Leadley, 1971; Haynes, 1980; Novelo y Lot, 1989).

Leadley (1971) considera que las plantas acuáticas se ven afectadas de manera crítica por diversos factores ambientales en el medio dulceacuático, ya que por ser depósitos de agua de proporciones reducidas, la influencia de estos factores es más marcada. La variación de la temperatura, la cantidad de luz que penetra en el agua, la cantidad de nutrientes, la composición iónica del agua, la competencia entre los organismos, son sólo algunos factores que interactúan causando efectos en las poblaciones vegetales e influyendo en su distribución, por lo que Wetzel (1983) indica que a pesar de la influencia de estos factores ambientales, es aquí donde se encuentra el mayor número de especies de plantas acuáticas vasculares, en comparación con las aguas marinas.

Considerando lo anterior y a que el estudio de la flora y la vegetación acuática vascular de nuestro país se encuentra en sus etapas iniciales, el conocimiento florístico más preciso de las hidrófitas y los tipos de vegetación acuática de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, permite valorar la riqueza biológica de esta región.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Describir algunos aspectos florísticos y de la vegetación acuática vascular de los Lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

3.2 PARTICULARES

- a). Conocer la flora acuática vascular de los lagos en estudio y sus relaciones florísticas con otros lagos del país.
- b). Elaborar claves de identificación y descripciones de los taxa acuáticos.
- c). Conocer los posibles orígenes y afinidades de la flora acuática vascular de los lagos estudiados.
- d). Describir las asociaciones vegetales acuáticas, presentes en los lagos.
- e). Conocer la zonificación y la distribución de las especies de hidrófitas, con base en perfiles diagramáticos de las comunidades más relevantes.
- c). Describir algunas relaciones existentes entre la distribución de la vegetación con los factores físicos y químicos del agua y de los sedimentos.

4. ANTECEDENTES

4.1 FLORA Y VEGETACION ACUATICA VASCULAR EN MEXICO

La flora y la vegetación acuática vascular en nuestro país han sido pobremente estudiadas, contándose con escasos trabajos. Además, el poco conocimiento que se tiene es muy heterogéneo, ya que se ha estudiado más una región que otra, o bien un tipo específico de vegetación acuática.

Entre los trabajos que se han realizado de la flora y la vegetación acuática vascular en el país, destacan los estudios de la descripción de la vegetación acuática de las zonas inundables de México (Lot y Novelo, 1990); el listado florístico de las familias de monocotiledóneas y dicotiledóneas acuáticas estrictas de México (Lot et al., 1986) y la revisión del género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) para México (González, 1989).

Entre las contribuciones realizadas en el Valle de México, destacan las descripciones morfológicas de las Lemnáceas (Bravo, 1930) y Ninfáceas (Blackaller, 1937); el estudio de la flora y las principales asociaciones en el Valle (Ramírez-Cantú, 1939), y del sistema de chinampas en el sureste (Novelo y Gallegos, 1988), así como, el estudio de las gramíneas lacustres y palustres (González, 1985).

En el estado de Puebla, se han realizado estudios ecológicos de la vegetación acuática de la Laguna de Epatlán (Ramírez-Cantú, 1942) y del tular en la Laguna de San Felipe Xochiltepec (Rioja, 1942), así como, la descripción de la vegetación de seis lagos cráter (Ramírez y Novelo, 1984).

Para el estado de Michoacán, se han llevado a cabo estudios de la flora y la descripción de la vegetación acuática en Chandio (Romero, 1963), Pátzcuaro (Lot y Novelo, 1988) y Cuitzeo (Rojas, 1991).

Para el estado de Veracruz, se tienen los estudios de la flora y la vegetación acuática en el sureste (Orozco y Lot, 1976), en Nevería (Gutiérrez, 1985) y la flora acuática del estado (Lot, 1991).

Para el sureste de México se tienen los estudios de la flora y la vegetación acuática de Nacajuca, Tabasco (Lot et al., 1978; Calix de Dios, 1991) y Tabasco y Campeche (Lot y Novelo, 1989); las dicotiledóneas acuáticas y subacuáticas de Tabasco y Quintana Roo (Chávez, 1986); las monocotiledóneas de Chiapas (Ramírez, 1991); y el tular como elemento de la vegetación de las zonas inundables del noroeste de Campeche (Rico-Gray, 1982).

Para otros estados del país, se han llevado a cabo estudios de descripción de la flora y de la vegetación acuática en el lago de Texcoco, México (Rzedowski, 1957), en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (Lot y Novelo, 1978), en la Presa Rodrigo Vargas y sus afluentes, Nuevo León (Moreno, 1984), en el lago Chapala, Jalisco (Borges et al., 1984), en la laguna de Yuriria, Guanajuato (Ramos, 1991) y en el lago Coatetelco, Morelos (Mijangos, en preparación).

4.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE ZEMPOALA

De los estudios realizados en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, se tienen las aportaciones de Sosa (1935), quien describió la geología, hidrología y la vegetación de los bosques de los alrededores de Huitzilac y las Lagunas de Zempoala; Hernández (1983) elaboró las descripciones taxonómicas de los pinos del Parque; Ruiz (1984) estudió la composición, variación estacional y distribución espacio-temporal de las clorofitas del Lago Zempoala; Hernández (1989) realizó el estudio aerográfico del bosque de *Abies* en el Parque; la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (sin fecha) elaboró una guía botánica del sendero ecológico del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

En cuanto a la vegetación acuática se refiere, Islebe y Wjeiden (1988) realizaron un estudio fitosociológico del bosque de *Abies religiosa* y de la vegetación palustre y acuática del Lago Quila, describiendo 11 comunidades palustres y reportando 36 especies de plantas vasculares; Almeida et al. (1990) estudiaron la paleoecología del Lago Quila, analizando particularmente el polen, reportando que los elementos locales de la hidroserie están mejor representados en la fase local B (de 150 a 80 cm) por *Potamogeton*, *Typha*, *Isóetes*, y las familias Gramineae, Cyperaceae y Caryophyllaceae.

5. AREA DE ESTUDIO

Debido a que la información existente sobre el Parque se encuentra dispersa en diferentes instituciones educativas y gubernamentales y no es de fácil acceso, se ha reunido y analizado toda la información recabada del área de estudio, con la finalidad de describirla.

5.1 SITUACION GEOGRAFICA Y LIMITES DEL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE ZEMPOALA

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala, está situado a 65 km al sur de la Ciudad de México y a 38 km al norte de la Ciudad de Cuernavaca (Fig. 1).

Las coordenadas geográficas que encierran al Parque estan entre los paralelos 19°01'30" y 19°06'00" de latitud norte y los meridianos 99°16'20" y 99°21'00" de longitud oeste (Vargas, 1984).

El Parque tiene una posición geográfica muy importante. Queda enclavado entre tres cuencas hidrográficas bien definidas: la de México, que lo limita por el noroeste con las sierras del Ajusco y de las Cruces; la del río Balsas, por el sur, a partir de los cerros Cuatépétl, Zempoala y la Leona, empezando a descender el terreno hacia el valle de Cuernavaca; y la del río Lerma, situada al oeste, que lo separa por la sierra de Ocuilán (Ramírez-Pulido, 1969). Romero (1965) asegura que los lagos, pertenecieron en el pasado a la cuenca del río Lerma, apoyado en la presencia de un pez godeido *Girardinichthys multiradiatus*, especie autóctona de este sistema.

La jurisdicción política del Parque es muy compleja. Los límites se fijaron por decreto presidencial el 30 de septiembre de 1936, durante el gobierno del General Lázaro Cárdenas. Fue denominado "Lagunas de Zempoala", contando con una superficie superior a las 13,000 hectáreas, que ocupaban en un principio los contrafuertes meridionales de la serranía del Ajusco hasta la sierra de Huitzilac, inmediata al valle de Cuernavaca.

Posteriormente se modificaron sus linderos, por decreto presidencial, el 21 de febrero de 1947, durante el gobierno del Lic. Miguel Alemán V. Esto fue con motivo de la creación de la Unidad Industrial Forestal de Loreto y Peña Pobre, para dedicarlas a la explotación forestal. El Parque quedo entonces circunscrito a la Sierra de Huitzilac y zona de las lagunas, reduciéndose a la cuarta parte de lo que inicialmente tenía, ocupando desde entonces una superficie de 4,790 hectáreas, de las cuales 3,965 corresponden al estado de Morelos y 825 al estado de México.

5.1.1 Fisiografía

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala se encuentra en la parte más meridional del Eje Volcánico Transversal (Galindo y Villa, 1946; Rzedowski, 1978). Goldman y Moore (1946) denominan a esta zona Provincia Biótica Volcánica Transversal, mientras que Fries (1960) la llama Provincia Fisiográfica Neovolcánica y Leopold (1965) la denomina Cordillera Volcánica.

La Secretaría de Programación y Presupuesto (1979c) y Arredondo y Aguilar (1987) indican que, fisiográficamente, los lagos del Parque pertenecen a la Altiplanicie Mexicana, en la Meseta Central o de Anáhuac, como parte de la Provincia del Eje Neovolcánico, dentro de la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac.

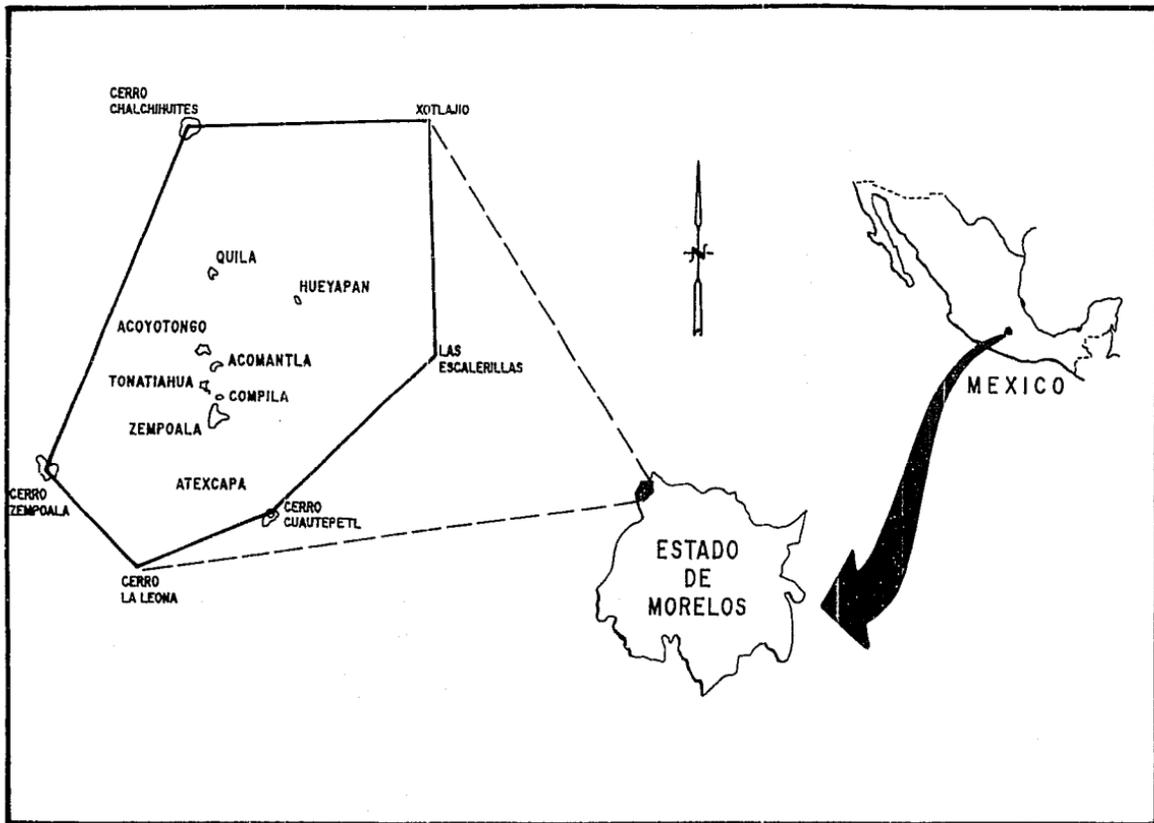


Fig. 1 Localización geográfica de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos, México.

5.1.2 Relieve y topografía

Sosa (1935) subraya que la topografía del Parque es muy accidentada, ya que está bordeado y cruzado por pequeñas serranías de altitud superior a los 3,000 m. A altitudes comprendidas entre los 2,400 y 2,800 m ocupa los alrededores de Huitzilac al noroeste de Cuernavaca, formando pequeñas depresiones o cuencas endorréicas profundas, donde se encuentran los lagos Zempoala, Compila, Tonatiahua, Acomantla, Acoyotongo y la Joya de Atezcapan. A altitudes entre los 2,800 y los 3,500 m, en dirección norte-sur, la topografía presenta pendientes que van desde el 10% en las laderas suaves hasta el 80% en los cerros como el Zempoala. A altitudes comprendidas entre los 3,500 y 4,000 m, en dirección norte-sur, la topografía también es muy accidentada, desde las cumbres del cerro Ocuilán hasta la cima del cerro Chalchihuites y el cerro Zempoala (Sosa, 1935).

La configuración tan particular del terreno determina la formación frecuente de cañadas y barrancas, algunas de las cuales son muy profundas y una de las más importantes está situada a 5 km al noroeste del Lago Zempoala, en el margen izquierdo del camino Lagunas-Ocuilán (Sosa, 1935).

Son también muy abundantes las depresiones circulares, cuencas profundas o joyas típicas, limitadas por abruptos cantiles, largas y afiladas crestas o elevados picos, en cuyos llanos abundan en pedacera las rocas en talud, presentándose valles o llanuras muy pequeñas que bordean los lagos Zempoala, Tonatiahua, Acoyotongo y Quila, siendo el mayor el que circunda al lago Quila (Sosa, 1935).

Aproximadamente a 6 km al noroeste del lago Zempoala, el terreno se hace más plano en una angosta faja, que comunica posteriormente con un valle grande, situado entre el cerro la Doncella y el lago Quila (Sosa, 1935).

5.1.3 Geología

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala, se encuentra ubicado dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Volcánico Transversal, perteneciendo a la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, originada durante la llamada revolución Laramídica, al mismo tiempo de la orogenia Hidalgoana, conformándose la Sierra de Zempoala en el Mioplioceno (Rzedowski, 1978; Secretaría de Programación y Presupuesto, 1987a).

Fries (1960) menciona que el área que ocupa el Parque, es de edad Miopliocénica, con derrames que forman parte de la Andesita-Zempoala, de aproximadamente 800 m de espesor, típica de una acumulación de materiales volcánicos con tobas y brechas de gran espesor, teniendo en la zona norte conexión con la Andesita-Ajusco, que es de formación más reciente, y en el oriente el grupo Chichinautzin está situado parcialmente sobre la Andesita-Zempoala. Asimismo, Fries (1960) distingue dos macizos litológicamente semejantes, pero con distinta morfología:

a) El Meridional. Con relieve abrupto y profundamente erosionado. Los ríos que drenan su vertiente pertenecen a la cuenca hidrográfica Balsas-Mezcala, que formaron profundos valles, cuya base oriental está cubierta por lavas recientes de la Formación Chichinautzin que embalsaron los ríos provenientes de la sierra y originaron a los pequeños lagos.

b) El Septentrional. Es discordante con el primero, siendo su superficie menos erosionada, lo que parece indicar una edad más reciente.

La Formación Zempoala comprende rocas de composición andesítica, dacítica y riódacítica de origen volcánico. Además, presenta brechas volcánicas, derrames lávicos y capas tobáceas interestratificadas lahares, formando parte del Mioceno, así como la mayor parte del Plioceno (Fries, 1960).

Sosa (1935) describe que en esta área dominan rocas basálticas de fines del Terciario, emitidas por el Zempoala, tal vez sobre las primeras andesitas que originaron el levantamiento general del Ajusco, y que es posible que las depresiones que ahora se ven ocupadas por los lagos hayan sido verdaderos cráteres secundarios del núcleo principal que se encontró en el Zempoala, cráteres de explosión o calderas que ahora se han transformado en lagos volcánicos, bien por el hundimiento de las rocas infrayacentes o por el relleno paulatino de la chimenea.

5.1.4 Edafología

Una revisión de estudios de los suelos volcánicos en México fue realizada por Etchevers (1985), quién indica que el tipo de suelos dominantes en la región son los andosoles, derivados de material volcánico reciente, con alta capacidad de retener agua y nutrientes y alta tendencia a erosionarse y fijar fósforo. Los suelos contienen 10% de materia orgánica en zonas donde la capa herbácea no ha sido alterada, indicando que en el Parque no existen importantes zonas de erosión, y que estos suelos volcánicos no tienen escasez de potasio, debido a la presencia de minerales con alto contenido de este elemento. Los suelos contienen grandes cantidades de materia orgánica, relacionada al contenido de Allofan, el cual inhibe la capacidad de los microorganismos del suelo para descomponer la materia orgánica. El mapa de suelos (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1987b) señala que el tipo de suelo en el Parque tiene una fase lítica, significando esto que las rocas están a una profundidad de 10 a 50 cm, determinada por la pendiente del suelo, ya que los llanos próximos a los lagos son los más profundos, mientras que en las vertientes son los más someros.

Castañeda (1977) reporta que los suelos del Parque son azonales del tipo Th+I+Re/2, en donde:

Th es andosol con un horizonte A úmbrico

I es litosol

Re es regosol con una textura 2 = media (escala 1 a 3)

siendo la estructura de los suelos del tipo granular.

La mayoría de los suelos del Parque llevan a cabo un proceso de podzolización, con alto grado de intemperización y en los suelos que están cubiertos por agua, se realiza en la mayor parte del año, un proceso de gleización, dentro de la clasificación de los hidromórfos (Castañeda, 1977).

5.1.5 Clima

Debido a que no existen estaciones meteorológicas en la zona y considerando que la estación más próxima es Huitzilac, la descripción de los tipos de clima se obtuvo mediante los trabajos de García (1965, 1988).

En cuanto a la humedad se refiere, en el área de estudio predomina el subtipo climático C(w2)(w), es decir, el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano y un porcentaje bajo de lluvias en invierno (García, 1988).

En el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, existen tres subtipos climáticos:

C(w2)(w)big, templado con verano fresco y largo Cb, el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano (w2), con porcentaje bajo de lluvia invernal (w), isotermal i, y con marcha de la temperatura tipo Ganges g. Se encuentra localizado por debajo de la curva de nivel de los 2,800 m.

C(w2)(w)(b')ig, semifrío con verano fresco y largo C(b'), el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano (w2), con porcentaje bajo de lluvia invernal (w), isotermal i, y con marcha de la temperatura tipo Ganges g. Se localiza entre los 2,800 y 3,500 m de altitud.

C(w2)(w)cig, semifrío con verano fresco y corto Cc, el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano (w2), porcentaje bajo de lluvia invernal (w), isotermal i, y con marcha de la temperatura tipo Ganges g. Se localiza entre los 3,500 y 4,000 m de altitud.

5.1.6 Vegetación

Rzedowski (1978) incluye al área de estudio entre los reinos Holártico y Neotropical, dentro de la región Mesoamericana de Montaña y en la provincia de las Serranías Meridionales.

Los tipos de vegetación presentes en el Parque son el encinar, pinar y bosque de oyameles (Miranda y Hernández, 1963). Leopold (1950) incluye al área de estudio dentro de la zona templada de pino-encino, quedando contemplada en parte en el bosque boreal, y Rzedowski (1978) describe a esta zona como bosque de coníferas.

5.1.7 Hidrología

Debido a la dificultad que representa el tratar de definir los diferentes ambientes limnológicos que existen en el Parque, y por razones de orden práctico, el término lago, utilizado en este trabajo, se refiere específicamente a una cuenca lacustre, que presenta condiciones

hidrológicas estáticas, escasa circulación de la masa de agua y totalmente encerrada por tierras (Tricart, 1985; Arredondo y Aguilar, 1987).

La hidrología del área responde básicamente a la conformación geológica. Así, los lagos fueron originados por los derrames de lava del volcán Zempoala y el de La Leona, que al encontrarse con las corrientes del Chichinautzin formaron cada una de las depresiones, asiento de los lagos. Estas formaciones geológicas y las elevaciones que presenta la topografía del Parque, permitieron el escurrimiento del agua, dando origen a numerosos ríos y arroyos, que al converger en las partes bajas formaron los lagos (Sosa, 1935).

El Parque se encuentra ubicado en la Región Hidrológica número 18 (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979d), y cuenta con siete lagos que son: el Zempoala, Compila, Tonatiahua, Acomantla, Acoyotongo, Quila, Hueyapan y la Joya de Atezcapan.

5.2 LOCALIZACION DE LOS LAGOS DEL PARQUE

En primer término se mencionan los lagos, así como las características particulares de cada uno de ellos.

5.2.1 Lago Zempoala

Se le conoce como el número uno o el mayor, se compone del náhuatl Zempoal-zempoalli = 20; A-atl = agua, y significa "Veinte aguas" (Sosa, 1935).

Se encuentra localizado entre las coordenadas 19° 03' 00" de latitud norte y 99° 18' 42" de longitud oeste, a una altitud de 2,800 m. Se encuentra situado al pie del cerro Zempoala y es el mayor de todos. Es una cuenca endorréica, con drenaje de tipo torrencial que sólo lleva agua en la temporada de lluvias. Es alimentado permanentemente por el pequeño arroyo las Trancas, originado del manantial que desciende por el suroeste del cerro las Trancas y el Campanario (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979).

Tiene una superficie que va de 10.564 hectáreas en la época de estiaje a 12.34 hectáreas en la época de lluvias, con 401.73 a 508 m de largo máximo en dirección NNE-SSW, con ancho máximo de 403.58 m y ancho promedio de 207.9 m. Presenta agua durante todo el año (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979a).

Se encuentra rodeado de suelos del tipo andosol húmico en su mayor parte. En la parte suroeste lo rodea una mezcla de suelos de tipo litosol, andosol húmico y regosol eútrico (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

Provee de agua al poblado de Huitzilac, estado de Morelos, por medio de un acueducto.

5.2.2 Lago Compila o Acopilac

Se le conoce como el número dos, se compone del náhuatl *Compil-Compilli* = Olla; *A-Atl* = Agua, y significa "Ollita de agua, lago de la corona o lago diademado" (Sosa, 1935).

Se encuentra localizado entre las coordenadas 19°03'10" de latitud norte y 99°18'42" de longitud oeste, a una altitud de 2,800 m. Es un pequeño vaso alimentado por el Lago Zempoala durante la época de lluvias. En el estiaje se reduce su volumen, pero presenta agua todo el año. Sosa (1935) menciona que está limitado por taludes casi verticales, sin ninguna salida visible, pero en el centro existe un sumidero natural por donde pasan sus aguas, infiltrándose en el subsuelo para ir a aparecer en los manantiales de Almoloya del Río, estado de México.

La superficie que ocupa el lago es de 1.1 hectáreas en la época de estiaje y 4.825 hectáreas en la época de lluvias.

Se encuentra rodeado de suelos de tipo andosol en su mayor parte (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

5.2.3 Lago Tonatiahua, Tonatihuaya, Tonatihua, Tonatiniagua o Tonatihuca

Se le conoce como el número tres, se compone del náhuatl *Tonatih-Tonatihu* = Sol; *A-Atl* = Agua; y *Hua* = Que tiene, y significa "Agua que contiene sol o espejo del sol" (Sosa, 1935).

Se encuentra localizado a 200 m al oeste de los Lagos Zempoala y Compila, entre las coordenadas 19°03'19" de latitud norte y 99°19'00" de longitud oeste, a una altitud de 2,810 m. Está situado al pie de los cerros Ocuilán y los Alumbres. Es una cuenca endorréica, alimentada por un pequeño arroyo originado del manantial que desciende por el oeste del cerro Ocuilán.

Tiene una superficie que va de 5.34 hectáreas en la época de estiaje a 6.121 hectáreas en la época de lluvias, con 312.8 a 342 m de largo máximo en dirección oeste-este y 231.25 m en su parte más ancha y 44.7 m en la más angosta. Tiene agua durante todo el año.

Se encuentra rodeado por una mezcla de suelos de tipo andosol húmico, litosol y regosol eútrico (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

5.2.4 Lago Acomantla

Se le conoce como el número cuatro, se compone del náhuatl *A-Atl* = Agua; *Comitl* = Recipiente; *Tla* = Lugar, y significa "Recipiente que contiene agua, la seca o la muerta" (Daniel Portugal, com. pers.).

Se encuentra localizado a 500 m al noroeste del Lago Zempoala, entre las coordenadas 19°03'35" de latitud norte y 99°19'50" de longitud oeste, a una altitud de 2,815 m. Es una cuenca endorréica, que Sosa (1935) reporta que en la época de lluvias se llenaba y en el estiaje se

convertía en pantano cubierto de pastizales. Actualmente no se llena, por lo que está seca todo el año.

Tiene una superficie de 4.112 hectáreas, con 242 m de largo y 128 m de ancho.

Está rodeado por suelos de tipo andosol (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

5.2.5 Lago Acoyotongo o de Tlilac

Se le conoce como el número cinco, se compone del náhuatl A-Atl = Agua; Coyo-Coyotl = Coyote y Tongo-diminutivo = Coyotito, y significa "Agua del coyotito, el agua negra o la Prieta" (Sosa, 1935).

Se encuentra localizado a 1 km al noroeste del lago Zempoala, entre las coordenadas 19°03'43" de latitud norte y 99°19'00" de longitud oeste, a una altitud de 2,830 m. Está situado al pie de los cerros Los Alumbres y La Cachucha. Es una cuenca endorréica alimentada por el arroyo el Pozito, originado de manantiales que descienden por el suroeste de los cerros Los Alumbres y La Cachucha. En el estiaje se reduce su volumen, pero presenta agua durante todo el año.

Tiene una superficie de 4.398 hectáreas, con una longitud máxima de 325 m y 218 m de ancho máximo y 38.61 m en lo más angosto.

Se encuentra rodeado de suelos de tipo andosol (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

5.2.6 Lago Quila

Se le conoce como el número seis, se compone del náhuatl Quil-Quilitl = Hierba o bosque; A-Atl = Agua, y significa "Agua dentro del bosque" (Sosa, 1935).

Se encuentra situado en el municipio de Santiago Tianguistenco, estado de México, entre las coordenadas 19°04'45" de latitud norte y 99°19'09" de longitud oeste (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1987a), a una altitud de 3,010 m. Se encuentra al pie del cerro Chalchihuites. Es una cuenca cerrada, alimentada por el arroyo Quila, originado del manantial que desciende por el suroeste del cerro Chalchihuites y del Llano de la Piedra. Presenta agua sólo en la época de lluvias.

Tiene una superficie aproximada de 5.2 hectáreas, 396 m de longitud máxima y 321 m de ancho máximo; una tercera parte de su superficie es una pradera, la otra mitad es un pantano.

Está situado a lo largo de la fractura entre los límites de la Andesita-Zempoala y el Grupo Chichinautzin. Las rocas consisten de material ígneo extrusivo (Fries, 1960).

El suelo del lago consiste de arcilla con barro y alto porcentaje de materia orgánica en las capas superiores, predominando el suelo de tipo andosol (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

Provee de agua mediante bombas a los poblados de Huitzilac en el estado de Morelos y a Ocuilán de Arteaga en el estado de México, pero sólo durante la época de lluvias.

5.2.7 Lago Hueyapan

Se le conoce como el número siete, se compone del náhuatl Huey = Gran o grande; A-Atl = Agua y Pan = En o sobre, y significa "En el agua grande o en el lago" (Robelo, 1974).

Se encuentra localizado a 15 km al noreste del lago Zempoala, entre las coordenadas 19°04'12" de latitud norte y 99°17'54" de longitud oeste, a una altitud de 2,830 m. Es una cuenca cerrada, alimentada por un pequeño arroyo originado del manantial que desciende por el norte. Presenta bajos niveles de agua en la época de lluvias, suministrando agua durante esta época al poblado de Huitzilac, estado de Morelos, por medio de un acueducto, pero siempre se encuentra seca.

Tiene una superficie aproximada de 3.21 hectáreas, con 211.31 m de largo y 183 m de ancho.

El suelo que predomina en el lago es de tipo andosol (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

5.2.8 Joya de Atezcapan o Atexcac

Se le conoce como la joya o el ojo de agua, se compone del náhuatl A-Atl = Agua; Tezcatl = Piedra pulida roja y Pan = En, y significa "En el espejo de agua o en el pequeño charco o pequeño lago" (Robelo, 1974).

Está localizado a 2.5 km al sureste del lago Zempoala, entre las coordenadas 19°02'26" de latitud norte y 99°18'25" de longitud oeste, a una altitud de 2,750 m.

Tiene una superficie de 0.5 hectáreas. Dentro de las numerosas joyas, todas ellas secas, ésta en la única que en la época lluviosa acumula agua y se vuelve pantanosa.

El suelo que predomina en la joya es del tipo andosol (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979b).

6. METODOLOGIA

Con fines prospectivos, se realizaron salidas de campo a los lagos para familiarizarse con la flora y la vegetación acuática, colectando material botánico para su identificación. Con base en estas visitas, se establecieron los sitios donde se llevaron a cabo los muestreos de vegetación, así como la medición de los parámetros físicos y químicos del agua y de los sedimentos. El trabajo se dividió en dos partes, de campo y de laboratorio.

6.1 TRABAJO DE CAMPO

6.1.1 Flora y vegetación acuática

Se realizaron visitas mensuales, con duración de cuatro días cada una, a los lagos Zempoala, Compila, Tonatiahua, Acomantla, Acoyotongo, Quila, Hueyapan y la Joya de Atezcapan, iniciados en 1987 y finalizados en 1989. En estas visitas se colectó material botánico (Wood, 1975; Lot, 1986). Un juego de los ejemplares se depositó en el Herbario de la Universidad de Morelos (HUMO) y otro en el Herbario Nacional (MEXU), del Instituto de Biología de la UNAM.

Para conocer la fenología de las especies, dentro de estas visitas se hicieron observaciones de campo del período de floración, fructificación y propagación vegetativa de cada una de ellas. Asimismo, para conocer la distribución horizontal de las especies de hidrófitas dominantes en cada uno de los lagos, se hicieron mapas de vegetación con la ayuda de perfiles diagramáticos, basados en las mediciones hechas en el campo, del largo y ancho de las poblaciones, así como la profundidad a la que se encontraban enraizadas (Welch, 1948; Wood, 1975).

6.1.2 Parámetros ambientales

Para complementar el estudio, en los lagos Zempoala y Tonatiahua se seleccionaron 6 sitios de muestreo, en diferentes asociaciones vegetales, para determinar las características físicas y químicas del agua y de los sedimentos, durante el período comprendido entre octubre de 1987 y septiembre de 1988. La finalidad de determinar estos parámetros fué la de determinar su influencia con respecto a la distribución de las hidrófitas.

Mensualmente, a nivel de la zona litoral, se tomaron muestras de agua, a profundidades de entre 50 y 100 cm, con botellas de plástico de 1 lt de capacidad, a las que se les añadió 1 ml de cloroformo para su conservación. Las botellas se mantuvieron en refrigeración para su posterior análisis en el laboratorio (Welch, 1948; American Published Health Association, 1980).

Asimismo, se hicieron muestreos de sedimento cada dos meses, para conocer sus características físicas y químicas, en cada una de las poblaciones de hidrófitas más importantes. Las muestras se colectaron en la zona litoral, con la ayuda de un nucleador de 1 kg de capacidad y se colocaron en frascos de vidrio, conservándolas en refrigeración para su análisis en el laboratorio. Posteriormente, las muestras fueron secadas lentamente en un horno a 100 °C y tamizadas en una malla del número 10 (Welch, 1948; Wood, 1975).

También se complementaron los datos del trabajo de campo con el registro mensual de las fluctuaciones del nivel del agua. Esto se llevó a cabo con una estaca de aluminio, previamente marcada. Además, se tomó cada mes la transparencia del agua por medio del disco de Seccki (Welch, 1948; Wood, 1975).

6.2 TRABAJO DE LABORATORIO

6.2.1 Flora y vegetación acuática

Consistió en la elaboración de claves y descripciones de las comunidades de plantas acuáticas vasculares, así como la identificación de las familias, géneros y especies. Para determinar su distribución en México, se consultaron los herbarios MEXU y ENCB y la obra de Lot et al. (1986), para familias estrictamente acuáticas.

Para determinar el tipo de planta que habita en los diferentes ambientes de los lagos, se siguieron los criterios de Dalton y Novelo (1983) y Novelo y Gallegos (1988), los cuales indican las siguientes categorías:

ACUATICA. Aquellas plantas que realizan prácticamente todo su ciclo de vida dentro del agua, ya sea sumergida, emergiendo o flotando.

SUBACUATICA. Aquellas plantas que llevan a cabo gran parte de su ciclo de vida en el agua y no pueden sobrevivir por largos periodos de tiempo en suelos completamente secos; generalmente se les encuentra en el margen de los lagos, arroyos y en pantanos.

TOLERANTE. Aquellas plantas que llevan a cabo gran parte de su ciclo de vida en suelos completamente secos, pero que pueden tolerar por corto periodo de tiempo el suelo inundado o alta humedad en el suelo.

Para conocer la participación de las especies de plantas acuáticas de los lagos del Parque, con otros lagos de México, se fundamentó en el análisis de las obras de Rzedowski (1957), Lot y Novelo (1978), Borges et al. (1984), Ramírez y Novelo (1984), Lot y Novelo (1988), Novelo y Gallegos (1988), Rojas (1991), Ramos (1991) y Mijangos (en preparación).

6.2.2 Parámetros ambientales

Consistió en los análisis físicos y químicos de las muestras de aguas y sedimentos obtenidas en el campo.

6.2.2.1 Análisis físicos y químicos del agua

- a) pH *in situ*, utilizando un potenciómetro de campo modelo FWQC-14 Aquamate Water Quality Tester, con electrodo integrado.
- b) Conductividad eléctrica *in situ*, con un conductímetro modelo CL/8.
- c) Temperatura, con un termómetro de escala -10 a 150 °C.
- d) Carbonatos y bicarbonatos, por titulación con ácido sulfúrico (Reitemeier, 1943).

- g) Sulfatos, por determinación turbidimétrica (Sheen et al., 1935).
- h) Sodio y potasio, por flamometría (Barnes et al., 1945; Wander, 1942).
- i) Nitrógeno total, por digestión ácida con el método automatizado No. 98-70 W/A, en el autoanalizador II (Technicon Industries Systems, 1977).
- j) Fósforo total, por colorimetría con ácido ascórbico, previa digestión ácida a 120 °C y 15 libras de presión, por un período de 30 minutos (American Published Health Association, 1980).

6.2.2.2 Análisis físico-químicos del sedimento

- a) Textura, por el método del hidrómetro de Bouyoucos (Bouyoucos, 1963).
- b) Reacción al sedimento (pH), con agua destilada usando suspensiones en relación 1:5 y utilizando un potenciómetro marca Corning Mod. 10.

7. RESULTADOS

7.1 FLORA ACUATICA

La flora acuática vascular de los lagos del Parque está representada por familias estrictamente acuáticas y familias con especies adaptadas a vivir en el medio ambiente acuático. Los lagos del Parque presentaron una flora acuática vascular rica, representada por 26 familias, 42 géneros, 63 especies, 8 variedades y 1 subespecie, tanto de helechos y plantas afines como de angiospermas acuáticas, constituidas exclusivamente por elementos herbáceos. Los grupos mejor representados fueron las dicotiledóneas, con 12 familias, 22 géneros, 30 especies, 4 variedades y 1 subespecie, siguiéndole las monocotiledóneas, con 11 familias, 17 géneros, 30 especies y 3 variedades, y por último los helechos y plantas afines, con 3 familias, 3 géneros, 3 especies y 1 variedad (Cuadro 1).

CUADRO 1. Flora acuática de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

	HELECHOS Y AFIN.	MONOCOT.	DICOT.	TOTAL
FAMILIAS	3	11	12	26
GENEROS	3	17	22	42
ESPECIES	3	30	30	63
VARIEDADES	1	3	4	8
SUBESPECIES	0	0	1	1

La flora acuática de cada uno de los lagos está representada, en orden de importancia, por el Lago Zempoala con 52 especies, el Lago Quila con 41 especies, el Lago Tonatihua con 35 especies, la Joya de Atezcapan con 19 especies, el Lago Acomantla con 18 especies, el Lago Acoyotongo con 15 especies, el Lago Hueyapan con 13 especies y por último el Lago Compila con 7 especies (Cuadro 2).

CUADRO 2. Número total de especies de los lagos del Parque, indicando también el número de especies exclusivas en cada uno de ellos.

LAGO	NUMERO DE ESPECIES				
	HEL. Y AFIN.	MONO.	DICO.	TOTAL EXCLUSIVAS	
ZEMPOALA	3	23	26	52	4
QUILA	2	21	18	41	2
TONATIAHUA	2	16	17	35	3
J. ATEZCAPAN	1	6	12	19	0
ACOMANTLA	1	7	10	18	0
ACOYOTONGO	1	3	11	15	1
HUEYAPAN	1	2	10	13	0
COMPILA	0	4	3	7	1

Las familias mejor representadas fueron las Cyperaceae, con 11 especies, Scrophulariaceae con 6 especies, Poaceae y Apiaceae con 4 especies, Potamogetonaceae, Brassicaceae, Polygonaceae y Ranunculaceae con 3 especies, y el resto de las familias estuvieron representadas por 1 o dos especies (Cuadro 3).

CUADRO 3. Número de especies de las familias mejor representadas en la flora acuática del Parque.

FAMILIA	No. DE ESPECIES
CYPERACEAE	11
SCROPHULARIACEAE	6
APIACEAE	4
POACEAE	4
POTAMOGETONACEAE	3
BRASSICACEAE	3
POLYGONACEAE	3
RANUNCULACEAE	3
OTRAS FAMILIAS	1 o 2

De las 63 especies reportadas en los lagos, 30 fueron consideradas estrictamente acuáticas, 24 subacuáticas y 9 tolerantes. Las hidrófitas enraizadas emergentes representan la forma de vida más sobresaliente de la flora, con 52 especies, seguidas por las hidrófitas enraizadas sumergidas, con 8 especies y por último, en menor proporción, por las formas libremente flotadoras con 3 especies (Cuadro 4).

CUADRO 4. Categorías ecológicas presentes en los lagos del Parque, indicando el número total de especies en cada tipo de planta acuática y forma de vida.

TIPO DE PLANTA ACUATICA	No. DE ESPECIES
ESTRICTAMENTE ACUATICAS	30
SUBACUATICAS	24
TOLERANTES	9

FORMAS DE VIDA	No. DE ESPECIES
HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES	52
HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS	8
HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS	3

Las especies ampliamente distribuidas en el Parque fueron *Mimulus glabratus* y *Polygonum punctatum* var. *eciliatum*, que se encontraron en los 8 cuerpos de agua; *Lemna minor*, *Lilaeopsis schaffneriana*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* y *Ranunculus dichotomus* en 6 cuerpos de agua, y las especies que habitaron un solo cuerpo de agua fueron *Eleocharis dombeyana*, *Eleocharis filiculmis*, *E. montevidensis*, *Pennisetum clandestinum*, *Poa annua*, *Potamogeton crispus*, *Tillaea aquatica*, *Myriophyllum heterophyllum*, *Micranthemum* sp., *Gratiola oresbia* y *Ludwigia palustris* (Cuadro 5).

CUADRO 5. Especies de plantas acuáticas de los lagos del Parque, ordenadas en sus formas de vida, indicando el número de lagos en los cuales las especies fueron encontradas y el tipo de planta acuática.

FORMAS DE VIDA/ESPECIE	No. DE LAGOS	TIPO DE PLANTA
HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES		
<i>Agrostis bourgaei</i>	2	Subacuática
<i>Arenaria bourgaei</i>	4	Subacuática
<i>Arenaria paludicola</i>	4	Subacuática
<i>Berula erecta</i>	2	Acuática
<i>Bidens laevis</i>	2	Acuática
<i>Cardamine flaccida</i>	6	Subacuática
<i>Carex hermannii</i>	2	Subacuática
<i>Carex lurida</i>	3	Subacuática
<i>Carex psilocarpa</i>	3	Subacuática
<i>Cyperus niger</i>	4	Subacuática
<i>Eleocharis acicularis</i>	5	Subacuática
<i>Eleocharis densa</i>	3	Acuática
<i>Eleocharis dombeyana</i>	1	Tolerante
<i>Eleocharis filiculmis</i>	1	Subacuática
<i>Eleocharis macrostachya</i>	2	Acuática
<i>Eleocharis montevidensis</i>	1	Tolerante
<i>Epilobium ciliatum</i> ssp. <i>ciliatum</i>	5	Subacuática
<i>Equisetum hyemale</i> var. <i>affine</i>	4	Subacuática
<i>Eriocaulon ehrenbergianum</i>	2	Acuática
<i>Eriocaulon microcephalum</i>	2	Acuática
<i>Eupatorium pazcuarensis</i>	4	Tolerante
<i>Glyceria striata</i>	5	Subacuática
<i>Gratiola oresbia</i>	1	Subacuática
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	4	Subacuática
<i>Hydrocotyle verticillata</i>	4	Subacuática
<i>Juncus arcticus</i> var. <i>andicola</i>	5	Acuática
<i>Juncus liebmannii</i> var. <i>liebmannii</i>	5	Subacuática
<i>Lilaea scilloides</i>	3	Acuática
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i>	6	Subacuática
<i>Limosella aquatica</i>	1	Acuática
<i>Lobelia cardinalis</i> var. <i>multiflora</i>	3	Subacuática
<i>Ludwigia palustris</i>	1	Acuática

CUADRO 5. (cont...)

<i>Micranthemum</i> sp.	2	Subacuática
<i>Mimulus glabratus</i>	8	Subacuática
<i>Pedicularis mexicana</i>	4	Subacuática
<i>Pennisetum clandestinum</i>	1	Tolerante
<i>Poa annua</i>	1	Tolerante
<i>Polygonum amphibium</i>	2	Acuática
<i>Polygonum mexicanum</i>	4	Subacuática
<i>Polygonum punctatum</i> var. <i>eciliatum</i>	8	Subacuática
<i>Ranunculus dichotomus</i>	6	Tolerante
<i>Ranunculus hydrocharoides</i> var. <i>natans</i>	3	Acuática
<i>Rorippa mexicana</i>	3	Tolerante
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	6	Acuática
<i>Scirpus californicus</i>	2	Acuática
<i>Sisyrinchium scabrum</i>	2	Tolerante
<i>Sisyrinchium toluicense</i>	2	Tolerante
<i>Spiranthes graminea</i>	4	Subacuática
<i>Tillaea aquatica</i>	1	Acuática
<i>Typha latifolia</i>	3	Acuática
<i>Utricularia livida</i>	2	Acuática
<i>Veronica americana</i>	5	Acuática

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

<i>Egeria densa</i>	2	Acuática
<i>Isòetes mexicana</i>	4	Acuática
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	2	Acuática
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	1	Acuática
<i>Potamogeton crispus</i>	1	Acuática
<i>Potamogeton illinoensis</i>	3	Acuática
<i>Potamogeton pusillus</i> var. <i>pusillus</i>	4	Acuática
<i>Ranunculus trichophyllum</i>	3	Acuática

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

<i>Azolla mexicana</i>	3	Acuática
<i>Lemna gibba</i>	2	Acuática
<i>Lemna minor</i>	6	Acuática

En relación a la flora encontrada, el 25.39% (16 especies) se presentó en dos cuerpos de agua, el 19.04% (12 especies) en 4 cuerpos de agua, el 17.46% (11 especies) en 1 y 3 cuerpos de agua, el 9.52% (6 especies) en cinco cuerpos de agua, el 7.93% (5 especies) en 6 cuerpos de agua y el 3.17% (2 especies) en los ocho cuerpos de agua (Cuadro 6).

CUADRO 6. Relación de especies comunes en los lagos del Parque, indicando su porcentaje.

NUMERO DE ESPECIES COMUNES	%
11 en 1 lago	17.46
16 en 2 lagos	25.39
11 en 3 lagos	17.46
12 en 4 lagos	19.04
6 en 5 lagos	9.52
5 en 6 lagos	7.93
0 en 7 lagos	0.00
2 en 8 lagos	3.17

De las 63 especies registradas en el Parque, se encontraron 11 especies que fueron exclusivas a uno u otro lago (Cuadro 2), destacándose el lago Zempoala por presentar el mayor número de especies (4), las cuales fueron *Eleocharis dombeyana*, *Limosella aquatica*, *Ludwigia palustris* y *Pennisetum clandestinum*, siguiéndole en orden de importancia el lago Tonatiahua con 3, especies las cuales fueron *Myriophyllum heterophyllum*, *Potamogeton crispus* y *Tillaea aquatica*, el lago Quila con 2 especies, que fueron *Eleocharis montevidensis* y *Gratiola oresbia* y por último los lagos Compila y Acoyotongo presentaron 1 especie, siendo *Poa annua* y *Eleocharis filiculmis*, respectivamente.

De las especies encontradas en los lagos, se tiene como nuevo registro para México a *Lemna minor* y para el Parque a *Azolla mexicana*, *Carex hermannii*, *C. lurida*, *Eleocharis filiculmis*, *Eriocaulon microcephalum*, *Egeria densa*, *Lemna gibba*, *Lilaea scilloides*, *Spiranthes graminea*, *Pennisetum clandestinum*, *Potamogeton crispus*, *Rorippa mexicana*, *Arenaria paludicola*, *Utricularia livida*, *Ranunculus trichophyllus*, *Gratiola oresbia*, *Limosella aquatica* y *Micranthemum* sp. En el caso de *Isdetes mexicana*, únicamente se había registrado el género para los lagos, por lo que en este estudio se identificó la especie.

7.1.1 Clave para determinar las familias de plantas acuáticas, de acuerdo a su forma de vida

A. Hidrófitas enraizadas al sustrato.

Las plantas pertenecientes a esta forma de vida, se encuentran enraizadas al sustrato; emergiendo o sumergidas.

B. Hidrófitas emergentes.

Plantas enraizadas, emergentes; con sus estructuras vegetativas y órganos reproductores emergiendo del agua.

1. Tallos acanalados longitudinalmente, conspicuamente articulados o con nudos a intervalos regulares; hierbas con esporas sostenidas en conos terminales EQUISSETACEAE
1. Tallos lisos, no conspicuamente articulados o si lo están, no a intervalos regulares; hierbas con flores.
 2. Perianto reducido a escamas, pelos o ausente; flores inconspicuas.
 3. Flores desnudas, pilosas, dispuestas en espigas terminales densas TYPHACEAE
 3. Flores con el perianto escamoso; plantas gramínoideas (de aspecto de "pasto").
 4. Hojas basales, dispuestas en roseta, flores en una cabezuela globosa ERIOCAULACEAE
 4. Hojas no basales ni arrosietadas, distribuidas a lo largo del tallo; flores no en cabezuelas globosas.
 5. Flores no sostenidas por brácteas; fruto una cápsula dehiscente JUNCAACEAE
 5. Flores sostenidas por 1 ó 2 brácteas; fruto una cariopsis o aquenio.
 6. Tallos huecos, cilíndricos, con nudos y entrenudos manifiestos; hojas disticas, vaina foliar abierta; fruto una cariopsis; flores sostenidas por dos brácteas POACEAE
 6. Tallos macizos, no huecos, triangulares en corte transversal, sin nudos y entrenudos manifiestos; hojas trísticas, vaina foliar cerrada; fruto un aquenio lenticular o tríquetro; flores sostenida por una bráctea CYPERACEAE
2. Perianto claramente diferenciado en pétalos y sépalos; flores vistosas.
 7. Flores zigomorfas.
 8. Flores rojas CAMPANULACEAE
 8. Flores blancas, amarillas, rosadas o azules.
 9. Plantas con utrículos sobre las hojas y tallos LENTIBULARIACEAE
 9. Plantas sin utrículos sobre las hojas y tallos.
 10. Flores blancas ORCHIDACEAE
 10. Flores amarillas, rosadas o azules SCROPHULARIACEAE

7. Flores actinomorfas.

- 11. Inflorescencia terminal en forma de cabezuela ASTERACEAE
- 11. Inflorescencias diversas, no en forma de cabezuela, terminales o axilares.
 - 12. Hojas estipuladas.
 - 13. Estípulas bien desarrolladas (ócreas), que envuelven al tallo; fruto un aquenio POLYGONACEAE
 - 13. Estípulas pequeñas, no envuelven al tallo; fruto una cápsula dehiscente CARYOPHYLLACEAE
 - 12. Hojas no estipuladas.
 - 14. Flores dispuestas en umbelas APIACEAE
 - 14. Flores dispuestas en otro tipo de inflorescencia, nunca en umbelas.
 - 15. Plantas hasta de 10 cm de largo; fruto un folículo ... CRASSULACEAE
 - 15. Plantas de más de 10 cm de largo; fruto una silicua, cápsula, aquenio o esquizocarpo.
 - 16. Fruto una silicua linear BRASSICACEAE
 - 16. Fruto una cápsula subglobosa, aquenio o esquizocarpo.
 - 17. Flores sésiles.
 - 18. Hojas dimórficas, las emergentes linear-subuladas, las sumergidas lineares HALORAGACEAE
 - 18. Hojas todas homomórficas, lanceoladas, elípticas u ovadas ONAGRACEAE
 - 17. Flores pedúnculadas.
 - 19. Flores amarillas, sin manchas de otro color RANUNCULACEAE
 - 19. Flores azules, blancas, rosadas o amarillas, con manchas púrpuras.
 - 20. Flores solitarias, azules o amarillas IRIDACEAE
 - 20. Flores dispuestas en inflorescencias, blancas o rosadas LILAEACEAE

B. Hidrófitas sumergidas.

Plantas enraizadas, sumergidas; con sus estructuras vegetativas inmersas completamente en el agua; sus órganos reproductores pueden estar sumergidos o emerger y quedar por encima de la superficie del agua.

- 21. Base de las hojas ampliamente distendido alrededor de un cormo y encerrando un paquete de esporas blancas ISOETACEAE
- 21. Base de las hojas no distendido alrededor de un cormo, ni encerrando un paquete de esporas.

22. Hojas pinnado-divididas, con los segmentos capilares o filiformes.
 23. Flores sésiles o con un pedicelo de menos de 2 mm de largo HALORAGACEAE
 23. Flores no sésiles, pedicelos de 2 a 35 mm de largo RANUNCULACEAE
 22. Hojas simples, no pinnado-divididas.
 24. Flores dispuestas en espigas, verdes POTAMOGETONACEAE
 24. Flores solitarias, blancas HYDROCHARITACEAE

A. Hidrófitas libremente flotadoras.

Las plantas pertenecientes a esta forma de vida, se encuentran flotando libremente en la superficie del agua. Sus estructuras vegetativas y órganos reproductores se mantienen emergidas; solamente su sistema radical se encuentra sumergido.

25. Láminas siempre verdes, solitarias o en grupos de tres o cuatro, cada lámina con una sola raíz LEMNACEAE
 25. Láminas de color verde a púrpura-rojizo, de aspecto escamoso, con varias raíces distribuidas a lo largo del talo AZOLLACEAE

7.1.2 Descripción de los taxa

HELECHOS Y PLANTAS AFINES

AZOLLACEAE C. Chr.

Familia monogenérica. Se distribuye en las regiones tropicales, subtropicales y templado-cálidas de todo el mundo (Svenson, 1944; Reed, 1954; Moore, 1969; Cook et al., 1974; Ashton y Walmsley, 1976; Lumpkin y Plucknett, 1980; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentra el género *Azolla*.

AZOLLA Lam.

Género compuesto por cerca de 6 especies, heterospórico, que por medio de introducciones por el hombre, ahora está ampliamente distribuido en todo el mundo. Es de importancia económica ya que se utiliza como abono verde y forraje. En el Parque se encuentra una sola especie.

Azolla mexicana Presl

Hidrófita libremente flotadora, de 1 a 1.5 cm de largo; frondas aplanadas; talo dicotómicamente ramificado, con varias raíces distribuidas en el talo, simples; láminas foliares de aspecto escamoso, alternas, imbricadas, bilobadas, rómbico-ovadas a suborbiculares, lóbulo dorsal verde y en ocasiones púrpura-rojizo, lóbulo ventral descolorido.

Esporulación: No se presentó durante el estudio.

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos, en zonas protegidas por hidrófitas enraizadas emergentes y en el margen de los arroyos de aguas someras.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1561 (HUMO, MEXU); Fassett 28449 (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1562 (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 525, 1563 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Michoacán, Morelos, Oaxaca y Sinaloa.

Distribución en el mundo: De Estados Unidos a Sudamérica (Herter, 1928; Svenson, 1944; Di Fulvio, 1961; Reed, 1965; Holst y Yopp, 1979; Lumpkin y Plucknett, 1980).

EQUISETACEAE Rich.

Familia monogénica. Ampliamente distribuida en zonas templadas del Hemisferio norte excepto en África tropical, Australia y Nueva Zelanda (Cook et al., 1974; Takhtajan, 1986; Mickel y Beitel). En el Parque se presenta el género *Equisetum*.

EQUISETUM L.

Género compuesto por cerca de 29 especies. Con la misma distribución que la familia. En el Parque se encuentra una sola especie.

Equisetum hyemale L.

Hierba rizomatosa; tallos acanalados longitudinalmente, conspicuamente articulados o con nudos a intervalos regulares, monopodiales, a veces ramificados, de 30 a 60 cm de alto, verdes; vainas jóvenes verdes, cuando maduran son pardo oscuro a negrusco, con dientes rígidos de color pardo oscuro; tallos sosteniendo conos terminales de color amarillento a negro. En el Parque se encuentra una variedad.

Equisetum hyemale L. var. *affine* (Engelm.) A.A. Eaton

Hidrófita enraizada, emergente; tallos aéreos erectos, solitarios o poco cespitosos; vainas cilíndricas, con bandas negras en la base del ápice, marginalmente dentadas, pardo-negruscas; cono cilíndrico-elipsoide, apiculado, negrusco.

Esporulación: De marzo a noviembre.

Variedad subacuática, habita en el margen de los lagos hasta 30 cm de profundidad, en el borde de arroyos y en las zonas pantanosas.

Nombre común: Cola de caballo o carricillo

Usos: Medicinal

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla* 371, 523 (HUMO, MEXU); *Matuda* y col. 28146 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla* 499, 540 (HUMO, MEXU); *Cardoso* 1374 (MEXU); *Gállegos* y *González* 7 (MEXU); *McAdams* 64 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: *Bonilla* 544 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: *Bonilla* 474 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca y San Luis Potosí.

Distribución en el mundo: De Canadá a Guatemala y en el noreste de Asia (Correll y Correll, 1972; Mickel y Beitel, 1988).

ISOETACEAE Reichb.

Familia compuesta por 2 géneros y alrededor de 150 especies. Ampliamente distribuida en ambos hemisferios, pero ausente en las islas oceánicas, excepto Nueva Zelanda (Pfeiffer, 1922; Cook et al., 1974; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentra un género, *Isöetes*.

ISÖETES L.

Género compuesto por cerca de 100 especies, de distribución cosmopolita. La mayoría de las especies son acuáticas o subacuáticas y son encontradas en una amplia variedad de habitats (Pfeiffer, 1922; Cook et al., 1974; Mickel y Beitel, 1988). En el Parque se encuentra una sola especie.

Isöetes mexicana Underw.

Hidrófita enraizada, sumergida, heterospórica, con cormo bilobado; hojas de 8 a 18 cm de longitud, con su base distendida, erectas, delgadas y de ápice agudo, ligula triangular; esporangios blanco-amarillentos, cubiertos por un velum; megasporas blancas, con sus caras lisas o con tubérculos cortos, suaves; microsporas grisáceas, espinosas.

Esporulación: De abril a octubre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos, hasta 20 cm de profundidad y en zonas pantanosas.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla 1560* (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla 1516* (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla 1574* (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: *Bonilla 1576* (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Querétaro y Zacatecas.

Distribución en el mundo: Endémica a México (Pfeiffer, 1922).

ANGIOSPERMAE

MONOCOTYLEDONEAE

CYPERACEAE A. L. Juss.

Familia con cerca de 120 géneros y 9,300 especies. Cosmopolita, aunque está mejor representada en las regiones templadas y frías, principalmente en lugares de suelo húmedo (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; González, 1990). Familia de importancia económica, ya que algunas especies son ornamentales, comestibles, forrajeras, y otras se usan en medicina tradicional o son empleadas en la fabricación de petates, cestos y asientos de sillas (Cronquist, 1981; González, 1990). En el Parque se encuentran 4 géneros, *Carex*, *Cyperus*, *Eleocharis* y *Scirpus*.

1. Glumas arregladas en 2 hileras sobre el eje de las espiguillas *Cyperus*
1. Glumas arregladas espiralmente sobre el eje de las espiguillas.
 2. Plantas de menos de 1 m de alto; inflorescencia una espiguilla terminal solitaria.
 3. Hojas con láminas bien desarrolladas; tallo triangular *Carex*
 3. Hojas reducidas a una vaina en la base del tallo; tallo cilíndrico *Eleocharis*
 2. Plantas de más de 1 m de alto; inflorescencia compuesta por varias espiguillas *Scirpus*

CAREX L.

Género con cerca de 2,000 especies, de distribución cosmopolita, pero principalmente en las regiones frías o templado-húmedas, y en los lugares fríos de regiones tropicales. Es el género más grande de plantas vasculares de Norteamérica, el cual comprende más de 600 especies, muchas de las cuales son importantes como fuente de forraje (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; González, 1990). En el Parque se encuentran tres especies.

1. Tallo de menos de 30 cm de alto; periginio de 2 a 3 mm de largo; aquenio lenticular *C. hermannii*
1. Tallo de más de 30 cm de alto; periginio de más de 3 mm de largo; aquenio triangular.
2. Lámina de más de 6 mm de ancho; aquenios convexos, apiculados *C. psilocarpa*
2. Lámina de menos de 6 mm de ancho; aquenios concavos, granulares *C. lurida*

Carex hermannii Cochr.

Hidrófita enraizada, emergente, rizomatosa; tallos de 10 a 25 cm de alto, angulados, más cortos que las hojas; hojas con láminas amarillentas a verdosas, firmes pero no gruesas, planas o canaliculadas, de 5 mm de ancho; inflorescencia una espiguilla; espiga estaminada solitaria, linear-oblonga, la pistilada oblonga a oblongo-elipsoide, pardo-rojiza; periginio de 2 a 3 mm de largo; aquenio lenticular, punctulado, pardo.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De mayo a julio

Especie subacuática, habita en los bordes someros de los lagos, hasta 15 cm de profundidad y en áreas pantanosas.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1565 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 435 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos y Puebla.

Distribución en el mundo: Especie endémica a México, en áreas subalpinas con bosques de pinos (Cochrane, 1981).

Carex lurida Wahl.

Hidrófita enraizada, emergente, rizomatosa; tallos de 30 a 95 cm de alto, triangulares, más cortos que las hojas; hojas firmes, con láminas verdosas, planas, de menos de 6 mm de ancho; inflorescencia una espiga, la estaminada elipsoide, terminal, la pistilada linear, lateral, amarillo-verdosa o amarillo-pálida; periginio de 4.5 a 9 mm de largo; aquenio trigono, concavo, granular, pardo-amarillento.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a septiembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos y en el margen de los lagos, hasta 20 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1596 (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 1598 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1533 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos y Veracruz.

Distribución en el mundo: Conocida de Estados Unidos y México (Hermann, 1974).

Carex psilocarpa Steudel

Hidrófita enraizada, emergente, rizomatosa; tallos de 40 a 90 cm de alto, triangulares, más cortos que las hojas; hojas firmes, con láminas verde-amarillentas, canaliculadas, de más de 6 mm de ancho; inflorescencia una espiga, la masculina y femenina oblonga, en pares, pardo oscuras; periginio de 3 a 4 mm de largo; aquenio trígono, convexo, apiculado, pardo a negro.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a septiembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos o anegados gran parte del año.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1570 (HUMO, MEXU); Lyonnet 2519 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 496 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1533 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, México y Morelos.

Distribución en el mundo: Conocida de lugares montañosos, desde el centro de México hasta Honduras y El Salvador (Hermann, 1974; González, 1990).

CYPERUS L.

Género con cerca de 900 especies. Cosmopolita, pero principalmente de regiones tropicales de ambos hemisferios, aunque también está representado en regiones templadas (Cook et al., 1974; Dahlgren et al., 1985; González, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Cyperus niger Ruiz & Pav.

Hidrófita enraizada, emergente, de rizoma corto; tallos de 8 a 30 cm de alto, densamente cespitosos; hojas más cortas que el tallo, planas; cabezuela con muchas espiguillas; glumas de color pardo-amarillento a negro lustroso; aquenio biconvexo, pardo-amarillento a negro.

Floración: De mayo a julio

Fructificación: De julio a diciembre

Especie subacuática, habita en el margen de los lagos y arroyos hasta 5 cm de profundidad y en lugares pantanosos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Allison 108 (MEXU); Bonilla 508 (HUMO, MEXU); Langman 2695 (MEXU); Matuda y col. 25598 (MEXU); McAdams 86 (MEXU); LAGO ACOMANTLA: Bonilla 1558 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1550 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1521 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa y Tlaxcala.

Distribución en el mundo: Del sur de Canadá a Sudamérica (González, 1990).

ELEOCHARIS R. Br.

Género cosmopolita, con cerca de 200 especies, principalmente en lugares de suelo húmedo o francamente acuáticas (Cook et al., 1974; Dahlgren et al., 1985; González, 1990). En el Parque se encuentran 6 especies.

1. Plantas de menos de 15 cm de alto; aquenio casi circular *E. acicularis*
1. Plantas de más de 15 cm de alto; aquenio triangular.
2. Tallos de menos de 1 mm de diámetro; aquenio blanco *E. filiculmis*
2. Tallos de 1 a 5 mm de diámetro; aquenio amarillo, oliváceo o pardo.
3. Estilo trifido; tallos de 1 a 2 mm de diámetro.
4. Espiguilla linear-lanceolada; aquenio liso *E. dombeyana*
4. Espiguilla obtusa; aquenio reticulado *E. montevidensis*
3. Estilo bifido o trifido; tallos de más de 2 mm de diámetro.
5. Estilo bifido; tallos de 2 a 4 mm de diámetro *E. macrostachya*
5. Estilo bifido o trifido; tallos de 4 a 5 mm de diámetro *E. densa*

Eleocharis acicularis (L.) Roemer & Schultes

Hidrófita enraizada, emergente, de rizomas horizontales, delgados; tallos filiformes, aplanados, con surcos longitudinales, de 5 a 12 cm de alto, hasta 0.2 mm de grueso; vainas verdes, teñidas de púrpura en la base, ápice pálido o hialino; espiguillas sin glumas vacías en la base; glumas verde pálidas a pardo-púrpuras o negras; aquenio casi circular, con costillas longitudinales, blanco.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De mayo a agosto

Especie subacuática, habita en lugares de terrenos inundables, en el margen de los lagos y arroyos hasta 3 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 424 (HUMO, MEXU); Matuda 25603 (MEXU); Matuda y col. 28132, 28134 (MEXU); Miranda 187 (MEXU). LAGO COMPILA: Bonilla 1514 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 457 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1530 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1594 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Oaxaca y Puebla.

Distribución en el mundo: Holártica, principalmente de regiones templadas de Norteamérica y Eurasia (González, 1990).

Eleocharis densa Benth.

Hidrófita enraizada, emergente, de rizomas horizontales endurecidos y gruesos; tallos rollizos, de 15 a 90 cm de alto, de 2 a 5 mm de grueso, esponjosos, de sección circular, estrechos en el ápice en la unión con la espiga; vaina rojiza en la base, con el ápice membranoso; espiguillas cilíndricas y obtusas en el ápice, con glumas vacías en la base; glumas pardo pálido, nervadura central de color verde o amarillento; aquenio biconvexo, reticulado, amarillo a oliváceo o pardo.

Floración: De abril a octubre

Fructificación: De junio a enero

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos, en bordes someros hasta 40 cm de profundidad, y en áreas pantanosas.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 401, 1383 (HUMO, MEXU); Cardoso y Matosic 1284 (MEXU); González 27 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 372, 1137 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 492, 1557 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla.

Distribución en el mundo: Endémica a México (González, 1990).

Eleocharis dombeyana Kunth

Hidrófita enraizada, emergente, de rizomas horizontales delgados; tallos fasciculados, de 15 a 30 cm de alto, 1 mm de grueso, longitudinalmente estriados; vainas púrpura a pardo en la base, con el ápice firme de color oscuro; espiguillas linear-lanceoladas, con 1 a 3 glumas vacías en la base; glumas pardo-rojizas, púrpura oscuras o negras; aquenio trigono, liso, amarillo a pardo-rojizo.

Floración: De mayo a junio

Fructificación: De junio a octubre

Especie tolerante, habita en el margen de los lagos y en praderas húmedas.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 423, 1327 (HUMO, MEXU); Cruz 572 (ENCB).

Distribución en México: Distrito Federal, México, Michoacán, Morelos y Puebla.

Distribución en el mundo: De México a Guatemala, Honduras y Sudamérica (González, 1990).

Eleocharis filiculmis Kunth

Hidrófita enraizada, emergente, de rizomas ascendentes, delgados; tallos comprimidos, hasta 30 cm de alto, de 1 mm o menos de grueso, sulcados; vainas pardo-púrpúreas en la base, con el ápice firme de color púrpura; espiguillas ovoide-cilíndricas, con 1 a 3 glumas vacías en la

base; glumas rojizas; aquenio trigono, reticulado, blanco.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De agosto a octubre

Especie subacuática, habita en el márgen del lago y en lugares pantanosos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 484 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos y Veracruz.

Distribución en el mundo: De México a Panama, Antillas y Sudamérica (Standley y Steyermark, 1958).

Eleocharis macrostachya Britton

Hidrófita enraizada, emergente, de rizomas horizontales endurecidos y gruesos; tallos aplanados, de 10 a 50 cm de alto, de 2 a 4 mm de ancho, firmes o algo esponjosos; vainas rojizas en la base, ápice truncado, de color verde; espiguillas lanceoladas o raramente ovadas, con 1 a 3 glumas vacías en la base; glumas pardo-pálido a púrpura o casi negro; aquenio biconvexo a plano convexo, punteado-reticulado, amarillo a pardo lustroso.

Floración: De abril a septiembre

Fructificación: De julio a noviembre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos hasta 20 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1564 (HUMO, MEXU); Gallegos y González 18 (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1538, 1542 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Jalisco, México, Morelos, San Luis Potosí y Tamaulipas.

Distribución en el mundo: Se conoce de Estados Unidos a Sudamérica (González, 1990).

Eleocharis montevidensis Kunth

Hidrófita enraizada, emergente, de rizomas horizontales o algo ascendentes, delgados; tallos fasciculados, de 4 a 60 cm de alto, hasta 1 mm de grueso, longitudinalmente estriados; vainas púrpuras a pardas en la base, ápice firme de color oscuro; espiguilla obtusa, con 1 a 3 glumas vacías en la base; glumas pardas, pardo-rojizas, púrpuras ó negras; aquenio plano-convexo, reticulado amarillo a pardo.

Floración: De marzo a julio

Fructificación: De junio a octubre

Especie tolerante, habita en áreas pantanosas y en el márgen del lago.

Distribución en el PNLZ: LAGO QUILA: Bonilla 1571 (HUMO, MEXU); Cardoso 1543 (MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Queretaro, Tamaulipas y Veracruz.

Distribución en el mundo: Se conoce del sur de Estados Unidos a Guatemala, Honduras y Sudamérica (González, 1990).

SCIRPUS L.

Género con aproximadamente 300 especies, de distribución cosmopolita (Cook et al., 1974; Dahlgren et al., 1985; González, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Scirpus californicus (C. Meyer) Steudel

Hidrófita enraizada, emergente, rizomatosa; tallos de 1 a 3.5 m de alto, hasta 3 cm de ancho en la base y de 3 a 5 mm de ancho en el ápice, triangular; hojas reducidas a vainas, de color pardo oscuro, lustrosas; inflorescencia compuesta de varias espiguillas, ovoides a cilíndricas u ovado-lanceoladas; glumas pardas o raramente rojizas; aquenio plano-convexo o biconvexo, con superficie lisa o reticulada, gris o pardo-oscuro.

Floración: De abril a noviembre

Fructificación: De agosto a febrero

Especie estrictamente acuática, habita en lugares someros, pantanosos y en el margen de los lagos, hasta 1.5 m de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO TONATIAHUA: Bonilla 47, 370, 407, 498, 537 (HUMO, MEXU); Brigada de Vegetación Acuática 167, 168 (MEXU); González 26 (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 246, 298, 537, 1531 (HUMO, MEXU); Cardoso y Matosic 1283 (MEXU).

Distribución en México: Baja California Norte, Chihuahua, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos y Puebla.

Distribución en el mundo: Se conoce de las partes cálidas de América, desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina y Chile, así como, en las Islas Hawaii (González, 1990).

ERIOCAULACEAE Desv.

Familia con cerca de 13 géneros, de los cuales 6 contienen representantes acuáticos y con alrededor de 1,300 especies. Es una familia pantropical, con sólo pocas especies en climas templados, especialmente en el Nuevo Mundo, siendo Brasil el probable centro de origen. La mayor concentración de especies esta en Sudamérica y Africa (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Flores, 1990). En el Parque se encuentra un solo género, *Eriocaulon*.

ERIOCAULON L.

Género con aproximadamente 400 especies, distribuidas principalmente en las regiones tropicales y subtropicales, con algunas especies en zonas templadas del norte. El mayor número de especies en América, pero también con representantes en África y Asia (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Flores, 1990). En el Parque se encuentran 2 especies.

1. Cabezuelas de 5 mm o menos de diámetro; pedúnculo de menos de 7 cm de largo
 *E. microcephalum*
1. Cabezuelas de más de 5 mm de diámetro; pedúnculo de más de 7 cm de largo
 *E. ehrenbergianum*

Eriocaulon ehrenbergianum Klotz

Hidrófita enraizada, emergente, de tallos muy cortos; hojas basales dispuestas en roseta, linear-lanceoladas; pedúnculos excediendo el tamaño de las hojas, de 9 a 25 cm de largo; cabezuelas de 5 a 8 mm de diámetro, blanco-villosas; sépalos de las flores estaminadas y pistiladas, oliváceo-negrucos, pétalos blanquecinos.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a noviembre

Especie estrictamente acuática, habita en lugares pantanosos de los lagos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1481 (HUMO, MEXU); Matuda 25602 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1515 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Tlaxcala y Veracruz.

Distribución en el mundo: Se le conoce de México y Guatemala (Standley y Steyermark, 1958; Flores, 1990).

Eriocaulon microcephalum Kunth

Hidrófita enraizada, emergente, de tallos muy cortos; hojas basales dispuestas en roseta, lanceoladas; pedúnculos del mismo largo que las hojas o excediéndolas un poco, de 2 a 7 cm de largo; cabezuelas de menos de 5 mm de diámetro, blanco-villosas; sépalos de las flores estaminadas oliváceo-negrucos, sépalos de las flores pistiladas grisáceos; pétalos blanquecinos o pálido-amarillentos.

Floración: De mayo a julio

Fructificación: De junio a noviembre

Especie estrictamente acuática, habita en lugares pantanosos de los lagos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1501 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1602 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Hidalgo, México y Morelos.

Distribución en el mundo: Se conoce sólo del centro de México (Flores, 1990).

HYDROCHARITACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 16 géneros y 110 especies ampliamente distribuidas, excepto en áreas frías y áridas. La mayoría de las especies son principalmente nativas de regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios, pero pocas especies son de las regiones templadas del norte (Haynes, 1980; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Novelo y Lot, 1990). Algunas especies son consideradas malezas acuáticas y otras se emplean como plantas ornamentales de acuario (Novelo y Lot, 1990). En el Parque se encuentra un solo género, *Egeria*.

EGERIA Planchon

Género representado por dos especies nativas de Sudamérica, desde Brasil hasta Argentina (St. John, 1961; Cook et al., 1974; Cook, 1982). *Egeria densa* ha sido naturalizada en Norte y Centroamérica, Europa (Haynes, 1980) y Nueva Zelanda (St. John, 1961; Cook et al., 1974; Cook, 1982). En el Parque se encuentra una sola especie.

Egeria densa Planchon

Hidrófita enraizada, sumergida; tallo cilíndrico, con raíces adventicias; hojas sésiles, simples, lineares a lanceoladas, marginalmente serruladas; flores solitarias, dioicas, sobre pedúnculos largos, con 2 a 4 flores estaminadas en la axila superior de las hojas, pétalos blancos; flores pistiladas no se observaron.

Floración: De noviembre a septiembre

Especie estrictamente acuática, habita abundantemente en los lagos, hasta 6 m de profundidad; se le considera una maleza.

Usos: Ornamental para acuarios.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 270, 360, 420, 530, 625, 1383 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 281, 365, 434, 526, 532, 1556 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Nayarit, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

Distribución en el mundo: Especie nativa de Brasil, Argentina y Uruguay; ha sido introducida a Norteamérica, México, Europa, Australia, Hawaii, Dinamarca, Alemania y Francia (St. John, 1961; Haynes, 1980; Novelo y Lot, 1990).

IRIDACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 88 géneros y 1,800 especies. Ampliamente distribuida en los trópicos, subtropicos y regiones templadas, especialmente en Sudáfrica, este del Mediterráneo, oeste y centro de Asia, y centro y Sudamérica (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Rzedowski y Rzedowski, 1990). Con importancia desde el punto de vista ornamental (Rzedowski y Rzedowski, 1990). En el Parque se encuentra un solo género, *Sisyrinchium*.

SISYRINCHIUM L.

Género americano, representado por alrededor de 125 especies. Se le encuentra en regiones templadas y tropicales, en Sudamérica principalmente en los Andes, también en Centroamérica y Norteamérica (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Rzedowski y Rzedowski, 1990). En el Parque se encuentran dos especies.

1. Flores azules, con manchas amarillas *S. scabrum*
 1. Flores amarillas, con manchas púrpuras *S. toluense*

Sisyrinchium scabrum Schidl. & Cham.

Hidrófita enraizada, emergente, escabrosa, de 5 a 10 cm de alto, amacollada; tallos aplanados, bialados; hojas basales y caulinares lanceolado-ensiformes; flores pedunculadas, solitarias, azules con manchas amarillas en la parte media del tépalo; anteras amarillas; fruto una cápsula, globosa o subglobosa, algo angulosa; semillas negras.

Floración: De mayo a agosto.

Fructificación: De junio a septiembre.

Nombre común: Pasto de ojos azules

Especie tolerante, habita en el margen de los lagos y en las zonas pantanosas.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Allison 71 (MEXU); Bonilla 1604 (HUMO, MEXU); McAdams 92 (MEXU); Miranda 174 (MEXU); Quiram 23 (MEXU); Smith 50 (MEXU); Ulloa s.n (MEXU); Vázquez 2616 (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1608 (HUMO, MEXU); Cardoso 1286 (MEXU).

Distribución en México: Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz.

Distribución en el mundo: Endémica a México (Rzedowski y Rzedowski, 1990).

Sisyrinchium toluense Peyr.

Hidrófita enraizada, emergente, pubescente, de 10 a 35 cm de alto; tallo alado; hojas principalmente basales, linear-ensiformes, hojas caulinares lineares; flores pedunculadas, solitarias, amarillo obscuras con una vena de color púrpura; anteras amarillas o púrpuras; cápsula elipsoide, ligeramente alada; semillas casi negras.

Floración: De mayo a agosto

Fructificación: De junio a septiembre.

Especie tolerante, habita en lugares pantanosos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Allison 55 (MEXU); Bonilla 1479, 1497 (HUMO, MEXU); Cole 19 (MEXU); McAdams 46, 70 (MEXU); Miranda 174 (MEXU); Mitchell 25 (MEXU); Quiram 5 (MEXU); Smith 16 (MEXU); Traylor 24 (MEXU); Wyatt 70 (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 667, 1498, 1551 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla y Oaxaca.

Distribución en el mundo: Endémica a México (Rzedowski y Rzedowski, 1990).

JUNCACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 9 géneros y 400 especies de distribución cosmopolita. El mayor número de géneros se encuentran en el Hemisferio Sur, pero dos grandes géneros *Juncus* y *Luzula* están mejor representados en el Hemisferio Norte, particularmente en regiones templadas y frías, o de montañas tropicales (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Galván, 1990). Algunas especies se utilizan en la elaboración de tejidos para fabricar sombreros, asientos de sillas, obtención de pabilos, etc. (Galván, 1990). En el Parque se encuentra un solo género, *Juncus*.

JUNCUS L.

Género representado por más de 200 especies, de amplia distribución en ambos hemisferios, pero principalmente en la región templada del norte (Galván, 1990). En el Parque se encuentran dos especies.

1. Plantas con hojas basales y caulinares; hierbas hasta 0.4 m de alto *J. liebmannii*
1. Plantas con hojas solamente basales; hierbas de 0.5 a 1.5 m de alto *J. arcticus*

Juncus arcticus Willd.

Hidrófita enraizada, emergente, hasta de 1.5 m de alto; de rizomas largos, tallos cilíndricos, lisos; hojas basales, reducidas a vainas, pardo-amarillentas, pardas o pardo-rojizas claro u oscuras; bractea basal de la inflorescencia semeja una prolongación del tallo, cilíndrica; panícula pseudolateral; flor actinomorfa, con seis segmentos, perianto pardo-rojizo claro u obscuro; cápsula elipsoide u ovoide, pardo-amarillenta o pardo-rojiza clara u oscura. En el Parque se encuentra una variedad.

Juncus arcticus var. *andicola* (Hook.) Balslev

Hierba de 0.5 a 1.5 m de alto; hojas desprovistas de láminas, reducidas a vainas; perianto y frutos pardo-rojizos claro u oscuros; semillas elipsoides.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a septiembre

Variedad estrictamente acuática, habita en lugares pantanosos y en el margen de los lagos, hasta 35 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1580 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1582 (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 543 (HUMO, MEXU); Fassett 28462 (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1553 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 620 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos y Puebla.

Distribución en el mundo: Se le conoce de México y del sur de Colombia a la Patagonia (Galván, 1990).

Juncus liebmannii Macbr.

Hidrófita enraizada, emergente, de 10 a 40 cm de alto, de rizomas largos y delgados; tallos comprimidos, algo estriados, erectos; hojas basales y las caulinares con vainas, láminas linear-ensiformes, con septos poco aparentes; bractea basal de la inflorescencia similar a las hojas; cabezuelas esféricas o semiesféricas; flor actinomorfa, con seis segmentos, perianto pardo-rojizo muy obscuro; cápsula elipsoide, pardo-rojiza oscura. En el Parque se encuentra una variedad.

Juncus liebmannii Macbr. var. *liebmannii*

Hidrófita enraizada, emergente; hierba de hasta 40 cm de alto; tallos de 10 a 35 cm de longitud; con hojas basales y caulinares; cápsula y semillas elipsoides.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a septiembre

Variedad subacuática, habita en el margen de los lagos y arroyos y en las zonas pantanosas.

Nombre común: Junco ó tulillo.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 428 (HUMO, MEXU); Lyonnet 2483 (MEXU); Smith 29 (MEXU); Wyatt 79 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 446 (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 487, 546 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 347, 1538 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1572 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Oaxaca y Puebla.

Distribución en el mundo: Su distribución es de México a Guatemala (Galván, 1990).

LEMNACEAE A. Gray

Familia representada por 4 géneros y 35 especies, de distribución cosmopolita, cuyo centro de origen y diversificación se encuentra en Sudamérica (Landolt, 1980; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Novelo y Lot, 1990). Las especies de esta familia poseen gran capacidad de propagación vegetativa y por lo difícil que es observar sus flores y frutos, con frecuencia se habla de la carencia o la presencia casual de dichas estructuras. En el Parque se encuentra un solo género, *Lemna*.

LEMNA L.

Género representado por c. de 13 especies, de distribución cosmopolita. En México, muchas de las especies de este género se usan como forraje para aves de corral, especialmente para patos y como abono verde en las chinampas del sur del Valle de México (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Novelo y Lot, 1990). En el Parque se encuentran 2 especies.

1. Láminas gibosas en su parte ventral; con 4 a 5 nervios *L. gibba*
 1. Láminas planas en su parte ventral; con 3 nervios *L. minor*

Lemna gibba L.

Hidrófita libremente flotadora; raíz de más de 2 cm de largo, ápice obtuso, vaina sin alas; láminas elípticas, con la base asimétrica, solitarias o en grupos de cuatro, de 6 mm de diámetro, verde a verde-amarillentas, con manchas púrpuras en el haz y fuertemente coloreadas de púrpura en el envés, con una pápula no muy prominente arriba del nudo.

No presentó floración ni fructificación.

Especie estrictamente acuática, habita escasamente en ambientes someros de aguas de pantanos, margen de los lagos y arroyos.

Distribución en el PNLZ: LAGO QUILA: Bonilla 344, 671 (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 597 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Aguascalientes, Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

Distribución en el mundo: Cosmopolita (Landolt, 1980; Novelo y Lot, 1990).

Lemna minor L.

Hidrófita libremente flotadora; raíz de menos de 2 cm de largo, ápice redondeado, vainas sin alas; láminas redondeadas en la base y en el ápice, solitarias o en grupos de tres, hasta de 4 mm de diámetro, de color verde a verde-amarillento, sin pápulas arriba del nudo; flores blancas inconspicuas; frutos blanquecinos.

Floración: De marzo a abril

Fructificación: De abril a junio

Especie estrictamente acuática, habita en el borde de los lagos, en lugares muy someros y pantanosos, y en el margen de los arroyos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1555 (HUMO, MEXU); Fassett 28444 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1556 (HUMO, MEXU); Fassett 28457 (MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 485, 558 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 672 (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 598 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 624, 1527 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos.

Distribución en el mundo: Regiones frías de Eurasia (excepto el Este), Africa y Norteamérica, Nueva Zelanda y probablemente introducida en el sur de Australia (Landolt, 1980).

LILAEACEAE Dumort.

Familia monogenérica y monoespecífica. Se distribuye en las montañas del Pacífico Americano, desde Columbia Británica a Chile y Argentina (Takhtajan, 1986). Cronquist (1981) y Dahlgren et al. (1985) incluyen al género *Lilaea* dentro de la familia Juncaginaceae. En el Parque se encuentra este género.

LILAEA Humb. & Bonpl.

Género monoespecífico, del Nuevo Mundo, introducido a Australia y Portugal (Dahlgren et al., 1985).

Lilaea scilloides (Poir) Hauman

Hidrófita enraizada, emergente, hasta de 30 cm de alto; tallo reducido; hojas cilíndricas hacia la base y planas hacia la punta; inflorescencia axilar y basal; flores pedunculadas, las pistiladas de color rosa pálido, las hermafroditas y las estaminadas blancas; aquenio verde.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De mayo a septiembre

Especie estrictamente acuática, habita en lugares inundados, pantanosos y en el margen de los lagos, hasta 20 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla 442* (HUMO, MEXU). LAGO COMPILA: *Bonilla 1513* (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla 1541* (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Aguascalientes, Baja California Norte, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas.

Distribución en el mundo: Desde el oeste de los Estados Unidos hasta Chile y Argentina, recientemente introducida en Australia (Novelo y Lot, 1990).

ORCHIDACEAE A. L. Juss.

Está representada por cerca de 1,000 géneros y 35,000 especies, de distribución cosmopolita, pero principalmente en regiones tropicales, especialmente en el sudeste de Asia y América Tropical (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Peña, 1990). En el Parque se encuentra un solo género, *Spiranthes*.

SPIRANTHES L. Rich.

Considerando a este género en un sentido amplio, se calcula que contiene alrededor de 200 especies, distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales de América. Algunas especies se encuentran en regiones templadas de Norteamérica y en Eurasia (Dahlgren et al., 1985; Peña, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Spiranthes graminea Lindley

Hidrófita enraizada, emergente, de 20 cm de alto; glabra en la parte inferior, pubescente a pilosa en la superior; raíces fasciculadas; hojas basales o alternas cerca de la base, linear-lanceoladas a lanceoladas; inflorescencia en espiga; flores zigomorfas, blancas, con el labelo amarillo-verdoso claro en el centro, labelo glandular-papiloso externamente; fruto pardo.

Floración: De mayo a agosto

Fructificación: De julio a septiembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos de los lagos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla 1480* (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla 1584* (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: *Bonilla 490, 1562* (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla 1536* (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Veracruz.

Distribución en el mundo: Del sur de Estados Unidos a México (Peña, 1990).

POACEAE Barnhart

Familia representada por alrededor de 880 géneros y 10,000 especies, de distribución cosmopolita, con una mayor concentración en regiones semiáridas tropicales y templadas del norte (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Takhtajan, 1986; Herrera y Rzedowski, 1990). Tiene importancia desde el punto de vista económico, ya que muchas de sus especies son alimenticias, forrajeras, ornamentales, o para hacer artesanías. Algunas son malezas arvenses y ruderales (Cronquist, 1981; Herrera y Rzedowski, 1990). En el Parque se encuentran 4 géneros, *Agrostis*, *Glyceria*, *Pennisetum* y *Poa*.

1. Plantas de menos de 10 cm de alto; tallo rastrero *Pennisetum*
1. Plantas de más de 10 cm de alto; tallo recto.
 2. Láminas escabrosas; pálea sin nervios *Agrostis*
 2. Láminas glabras; pálea con nervios.
 3. Vainas foliares con los márgenes unidos, al menos en su mitad o tercio inferior *Glyceria*
 3. Vainas foliares con los márgenes libres hasta la base *Poa*

AGROSTIS L.

Género representado por cerca de 200 especies de distribución cosmopolita, pero particularmente de climas templados y fríos de ambos hemisferios. En los trópicos mayormente confinadas a las altas montañas (Beetle, 1983; Dahlgren et al., 1985; Acosta, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Agrostis bourgaei Fourn.

Hidrófita enraizada, emergente, amacollada, de 0.15 a 1.2 m de alto, tallos erectos, cilíndricos; láminas planas, dísticas, escabrosas; panícula abierta, con las ramas ascendentes o dispersas, las inferiores verticiladas; espiguilla aglomerada, purpúrea; glumas agudas; lema glabra con o sin arista, recta; pálea sin nervios.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a octubre

Especie subacuática, habita en las zonas pantanosas y margen de los arroyos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 1585** (HUMO, MEXU); **Fassett 24438** (MEXU); **Lyonnet 2518** (MEXU). LAGO QUILA: **Bonilla 1590** (HUMO, MEXU); **Cardoso y Matosic 1274** (MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, México, Morelos y Oaxaca.

Distribución en el mundo: Endémica a México (Beetle, 1983; Acosta, 1990).

GLYCERIA R. Br.

Género constituido por aproximadamente 40 especies, acuáticas o subacuáticas, de amplia distribución, principalmente en regiones de clima templado (Herrera y Rzedowski, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Glyceria striata (Lam.) Hitchc.

Hidrófita enraizada, emergente, amacollada, de 0.9 a 1 m de alto, tallos erectos, cilíndricos; lámina plana, dística, finamente escabrosa; panículas piramidales; espiguillas oblongo-lineares, purpúreas; glumas oblongas a agudas; lemas algo escabrosas, sin aristas, elípticas a obovadas, apicalmente obtusas; pálea con nervios.

Floración: De abril a junio

Fructificación: De junio a septiembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos o en el margen de los lagos y arroyos, hasta 15 cm de profundidad.

Nombre común: Pasto

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 1485, 1508** (HUMO, MEXU); **McAdams 44** (MEXU). LAGO TONATIAHUA: **Bonilla 1517** (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: **Bonilla 1561** (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: **Bonilla 1537** (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: **Bonilla 1325** (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Hidalgo, México, Morelos, Nuevo León y Puebla.

Distribución en el mundo: En zonas templadas de Norteamérica y México (Correll y Correll, 1972; Godfrey y Wooten, 1979; Beetle, 1983).

PENNISETUM L.

Género representado por cerca de 130 especies. Confinado a regiones tropicales y subtropicales del Viejo y Nuevo Mundo (Dahlgren et al., 1985; Herrera y Rzedowski, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Pennisetum clandestinum Hotchk. ex Chiov.

Hidrófita enraizada, emergente, cespitosa, de menos de 10 cm de alto; tallos rastreros, vilosos a glabros; láminas planas o conduplicadas, con el ápice obtuso, dísticas; espiguillas encerradas en la hoja superior, verdes; glumas ausentes; lema con nervaduras, sin aristas; pálea con nervios.

Floración: De agosto a diciembre

Fructificación: No presentó durante el estudio

Especie tolerante, habita en el margen de los lagos, y en lugares húmedos e inundados por corto tiempo.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1325 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Jalisco, México y Morelos.

Distribución en el mundo: Nativa de Africa Tropical, cultivada en muchas partes del mundo, pero naturalizada en México, Guatemala, Costa Rica y América del Sur (Herrera y Rzedowski, 1990; Rzedowski y Rzedowski, 1990).

POA L.

Género representado por aproximadamente 300 especies, de amplia distribución en el mundo, particularmente en regiones templadas y frías (Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Romero, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Poa annua L.

Hidrófita enraizada, emergente, amacollada, de 10 a 25 cm de alto; tallo erecto, cilíndrico; lámina plana, dística, glabra; panícula oblonga a piramidal; glumas acuminadas a agudas; lema aquillada, con 5 nervios, sin aristas; pálea sin nervios.

Floración: De abril a septiembre

Fructificación: De mayo a diciembre

Especie tolerante, habita en suelos húmedos del margen de los lagos.

Distribución en el PNLZ: LAGO COMPILA: Bonilla 1609 (HUMO, MEXU; McAdams 83 (MEXU)

Distribución en México: Aguascalientes, Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala y Veracruz.

Distribución en el mundo: Especie introducida de Europa y naturalizada en casi todo el mundo (Romero, 1990).

POTAMOGETONACEAE Dumort.

Familia representada por 3 géneros y cerca de 110 especies, de distribución cosmopolita (Haynes, 1980; Dahlgren et al., 1985; Novelo y Lot, 1990). Takhtajan (1986) indica que esta familia consta de dos géneros, mientras que Cronquist (1981) reporta un solo género. Novelo y Lot (1990) manifiestan que algunas especies han sido registradas como malezas acuáticas, pero también se ha reconocido que son un recurso alimenticio importante para la fauna silvestre. En el Parque se encuentra un solo género, *Potamogeton*.

POTAMOGETON L.

Género representado por alrededor de 100 especies, de amplia distribución (Haynes, 1980; Takhtajan, 1986; Novelo y Lot, 1990). González (1989) reporta que en México se presentan 9 especies y Novelo y Lot (1990) consideran que algunas especies de este género son plantas nocivas, porque obstruyen canales y lagos, debido a su excesivo crecimiento. En el Parque se encuentran tres especies.

- 1. Margen de la hoja dentado *P. crispus*
- 1. Margen de la hoja entero.
 - 2. Hojas lineares; sésiles *P. pusillus*
 - 2. Hojas elípticas, orbiculares o arqueadas; cortamente pecioladas *P. illinoensis*

Potamogeton crispus L.

Hidrófita enraizada, sumergida, hasta de 1.6 m de largo; tallo aplanado, verde; hojas alternas, sésiles, linear-oblongas, margen irregularmente dentado; espiga cilíndrica a moniliforme; flores verdes; fruto ovoides, verde a moreno.

Floración: De marzo a enero

Fructificación: De mayo a febrero

Especie estrictamente acuática, habita en aguas someras de menos de 2 m de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO TONATIAHUA: Bonilla 377, 397, 403, 527, 538 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos.

Distribución en el mundo: Especie nativa de Europa (Crum y Bachmann, 1973), se distribuye en Eurasia, África y Australia (Catling y Dobson, 1985). Introducida en América, de Canadá a México y Argentina (Morong, 1893; Aston, 1973) y Nueva Zelanda (Aston, 1973).

Potamogeton illinoensis Morong

Hidrófita enraizada, sumergida, hasta de 5 m de largo; tallo cilíndrico, verde amarillento; hojas inferiores alternas y las superiores subopuestas, cortamente pecioladas, elípticas u oblongo-elípticas, margen entero a sinuado; espiga cilíndrica; flores verdes; fruto obovoide a ovoide, verde.

Floración: De septiembre a octubre

Fructificación: De octubre a diciembre

Especie estrictamente acuática, habita desde aguas poco profundas hasta 5 m.

Nombre común: Laurelillo o tripilla

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 269, 362, 531 (HUMO, MEXU); Brigada de Vegetación Acuática 147B, 162 (MEXU); Fassett 28437 (ENCB, MEXU); Gallagos y González 1 (MEXU); González 22 (ENCB, MEXU); Moore Jr. 3433 (MEXU); Vázquez 1453 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 373, 437, 541 (HUMO, MEXU); Brigada de Vegetación Acuática 164 (MEXU); Fassett 28455 (ENCB, MEXU); Ulloa s.n (MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 348, 400, 525, 628 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Coahuila, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz.

Distribución en el mundo: Especie de amplia distribución en América, desde Canadá a Centroamérica y las Antillas (Standley y Steyermark, 1958; Haynes y Wentz, 1975; Novelo y Lot, 1990).

Potamogeton pusillus L.

Hidrófita enraizada, sumergida, hasta de 60 cm de largo; tallo cilíndrico o ligeramente comprimido, verde; hojas alternas, pero las superiores subopuestas, sésiles, lineares, margen entero; espiga capitada a cilíndrica; flores verdes; fruto obovoide, verde. En el Parque se encuentra una variedad.

Potamogeton pusillus L. var. *pusillus*

Hierba de 60 cm de largo, tallo cilíndrico, con glándulas en los nudos; estípulas connadas; espigas cilíndricas; flores verdes; aquenios de pared lisa.

Floración: De abril a julio

Fructificación: De junio a agosto.

Especie estrictamente acuática, habita en aguas someras de los lagos y arroyos, hasta 2 m de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla* 627 (HUMO, MEXU); *Fassett* 28445 (ENCB, MEXU); *Gallegos y González* 2 (MEXU); *González* 16 (MEXU); *Moore Jr.* 3435 (MEXU); *Ulloa s.n* (MEXU). LAGO COMPILA: *Bonilla* 392, 1509 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla* 378, 433 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla s.n.* 345, 628A (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Aguascalientes, Baja California Norte, Chiapas, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.

Distribución en el mundo: De amplia distribución en Norteamérica, desde Canadá hasta Guatemala. (Haynes y Wentz, 1975; González, 1989; Novelo y Lot, 1990).

TYPHACEAE A. L. Juss.

Takhtajan (1986) incluye dentro de esta familia a Sparganiaceae, indicando que consta de dos géneros y 30 especies, de distribución cosmopolita, pero principalmente en el Hemisferio Norte. Cronquist (1981), Dahlgren et al. (1985) y Novelo y Lot (1990), consideran que la familia es monogénica, con 15 especies, de distribución cosmopolita, pero ausente de algunas regiones tropicales y el Artico. En el Parque se encuentra el género *Typha*.

TYPHA L.

Género representado por cerca de 15 especies de distribución cosmopolita (Crespo y Pérez-Moreau, 1967; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Novelo y Lot, 1990). El género ha sido considerado importante económicamente, ya que con las hojas y las espigas se pueden hacer una gran cantidad de artesanías. También se le ha considerado en algunas partes del mundo como una maleza acuática, por cubrir grandes extensiones de terreno y obstaculizar el riego, la pesca y la navegación (Novelo y Lot, 1990). En el Parque se encuentra una sola especie.

Typha latifolia L.

Hidrófita enraizada, emergente, de 2.5 m de alto, tallo liso; hojas generalmente igualando la altura de las espigas; vaina con la superficie ventral conteniendo glándulas mucilaginosas incoloras; inflorescencia moreno oscuro, a veces casi negro; espigas terminales densas, las masculinas en la parte superior, las femeninas en la parte inferior, contiguas o muy poco separadas; flores desnudas, pilosas; fruto fusiforme.

Floración: De mayo a agosto

Fructificación: De julio a abril

Especie estrictamente acuática, habita en lugares pantanosos y en el borde de los lagos, hasta 40 cm de profundidad.

Nombre común: Tule

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla* 364, 1322, 1382 (HUMO, MEXU); *Ulloa* s.n (MEXU). LAGO ACOMANTLA: *Bonilla* 522, 1387 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla* 618, 1390, 1488 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Aguascalientes, Baja California Norte, Distrito Federal, Durango, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sonora, Tlaxcala y Veracruz.

Distribución en el mundo: Especie de amplia distribución en América, Eurasia y Africa (Crespo y Pérez-Moreau, 1967; Novelo y Lot, 1990).

DICOTYLEDONEAE

APIACEAE Lindl.

Familia representada por cerca de 300 géneros y 3,000 especies, de distribución casi cosmopolita, pero mejor desarrolladas en regiones templadas del norte y relativamente raras en las zonas tropicales (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). Cook et al. (1974) indican que 15 géneros tienen representantes acuáticos. Muchas especies son alimenticias o se usan como condimento, otras son tóxicas y algunas ornamentales (Cronquist, 1981; Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentran tres géneros, *Berula*, *Hydrocotyle* y *Lilaeopsis*.

1. Umbelas simples; tallos rastreros.

2. Hojas lineares, cilíndricas *Lilaeopsis*

2. Hojas no lineares, reniformes a orbiculares *Hydrocotyle*

1. Umbelas compuestas; tallos ascendentes o erectos *Berula*

BERULA Hoffm.

Género representado por dos especies, una del Hemisferio Norte y otra de Sudáfrica (Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Berula erecta (Hudson) Coville

Hidrófita enraizada, emergente, de 20 a 80 cm de alto, estolonífera; tallos ascendentes o erectos; lámina pinnada; inflorescencia en umbelas compuestas, terminales y axilares; flores blancas; fruto subgloboso, pardo.

Floración: De mayo a diciembre

Fructificación: De julio a diciembre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de arroyos hasta 25 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla 1482* (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla 664* (HUMO, MEXU); *Cruden 2209* (MEXU).

Distribución en México: Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

Distribución en el mundo: En regiones templadas y subtropicales del Hemisferio Norte (Rzedowski, 1985).

HYDROCOTYLE L.

Género representado por cerca de 100 especies, ampliamente distribuidas en regiones tropicales y templadas del mundo (Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentran dos especies.

1. Hojas reniformes, no peltadas *H. ranunculoides*
 1. Hojas orbiculares, peltadas *H. verticillata*

Hydrocotyle ranunculoides L. f.

Hidrófita enraizada, emergente, de 5 a 25 cm de alto; tallos rastreros o flotantes; láminas reniformes, no peltadas, palmatilobadas, con lóbulos crenados; inflorescencia en umbelas simples; flores dispuestas en verticilos, pediceladas, amarillas; fruto comprimido lateralmente, suborbicular ó elíptico transversalmente, verde.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De mayo a agosto

Especie subacuática, habita en el margen de los lagos y arroyos, flotante en lugares de aguas someras o enraizada hasta 15 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla 271, 421, 655, 1502* (HUMO, MEXU); *Brigada de Vegetación Acuática 145* (MEXU); *Fassett 28432* (MEXU); *German 278* (MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla 350, 670, 1554* (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: *Bonilla 357, 670* (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: *Bonilla 528, 621* (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Querétaro y Veracruz.

Distribución en el mundo: De Estados Unidos a Sudamérica (Rzedowski, 1985).

Hydrocotyle verticillata Thunb.

Hidrófita enraizada, emergente, de 5 a 15 cm de alto; tallos rastreros; láminas orbiculares, peltadas, crenadas o lobado-crenadas; inflorescencia en umbelas simples; flores dispuestas en verticilos, sésiles, subsésiles o pediceladas, blancas; fruto comprimido lateralmente, elipsoide, verde. En el Parque se encuentra una variedad.

Hydrocotyle verticillata Thunb. var. *triradiata* (A. Rich.) Fern.

Con flores sobre pedicelos de 2 a 10 mm de largo.

Floración: De abril a septiembre

Fructificación: De abril a septiembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos y en el margen de los lagos hasta 5 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1486 (HUMO, MEXU); Gallegos y González 19 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 404 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 477 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1524 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla y Veracruz.

Distribución en el mundo: Desde Estados Unidos a Sudamérica (Rzedowski, 1985).

LILAEOPSIS E. Greene

Género representado por cerca de 20 especies, principalmente americanas, distribuidas en Norte y Sudamérica, también en Australia, Nueva Zelanda y Tasmania (Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Lilaeopsis schaffneriana (Schldl.) Coulter & Rose

Hidrófita enraizada, emergente, de 5 a 30 cm de alto; tallos rastreros; hojas lineares, cilíndricas; umbelas simples; flores blanquecinas; fruto subgloboso, púrpura o pardo.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De mayo a septiembre

Especie subacuática, habita en el margen de los lagos y arroyos hasta 10 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 626** (HUMO, MEXU); **Brigada de Vegetación Acuática 156** (MEXU). LAGO TONATIAHUA: **Bonilla 418** (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: **Bonilla 1560** (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: **Bonilla 667, 1540** (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: **Bonilla 567** (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: **Bonilla 622** (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos y Puebla.

Distribución en el mundo: Endémica a México (Rzedowski, 1985).

ASTERACEAE Dumort.

Familia representada por alrededor de 1,300 géneros y 21,000 especies, de distribución cosmopolita, pero mejor representada en regiones templadas y subtropicales, como el Mediterráneo, México, Sudáfrica y Australia, ausente en el Antártico (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). Especies de muchos géneros son cultivados como ornamentales y pocas para alimento o aceites, considerándosele la familia más exitosa de plantas con flores (Cronquist, 1981). En el Parque se encuentran dos géneros adaptados al medio acuático, *Bidens* y *Eupatorium*.

1. Flores blancas*Eupatorium*
 1. Flores amarillas*Bidens*

BIDENS L.

Género representado por aproximadamente 150 especies, de amplia distribución en el mundo, algunas son malezas frecuentes (Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

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

Hidrófita cnraizada, emergente, hasta de 90 cm de alto, erecta o decumbente, con numerosas raíces en los nudos inferiores; tallos estriados, ramificados; hojas sésiles, simples, linear-lanceoladas, aserradas en el margen; cabezuelas solitarias o agrupadas en varias; flores liguladas y del disco amarillas, actinomorfas; aquenios negros; vilano de aristas barbadadas.

Floración: De junio a noviembre

Fructificación: De septiembre a enero

Especie estrictamente acuática, habita en aguas someras del margen de los lagos, hasta 50 cm de profundidad.

Nombre común: Dalia cimarrona

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 354, 602, 1322, 1389 (HUMO, MEXU); Brigada de Vegetación Acuática 159 (MEXU); Cardoso 1376 (MEXU); Fassett 28450 (MEXU); Matuda 25574 (ENCB, MEXU); Vázquez 4887 (MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 452, 565, 1385 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chiapas, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, San Luis Potosí y Tlaxcala.

Distribución en el mundo: Conocida en el este y suroeste de Estados Unidos hasta Chiapas, y también en Sudamérica (Rzedowski, 1985).

EUPATORIUM L.

Género representado por 600 ó más especies, principalmente americanas, distribuidas sobre todo en regiones tropicales y subtropicales, aunque alcanzan las zonas templadas (Cronquist, 1981; Espinoza, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Eupatorium pazcuarensis Kunth

Hidrófita enraizada, emergente, de 0.5 a 1.2 m de alto; tallo erguido, cilíndrico, de color pardo-rojizo; hojas ovadas a ovado-lanceoladas, borde aserrado; capítulos en corimbos terminales; flores actinomorfas, blancas; aquenio pubescente, pardo; vilano de cerdas blancas.

Floración: De agosto a octubre

Fructificación: De septiembre a diciembre.

Especie tolerante, habita en el margen de los lagos en suelo muy húmedo o inundado temporalmente.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1330 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 545 (HUMO, MEXU); Cardoso 1361 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 548 (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 566 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Veracruz.

Distribución en el mundo: Endémica a México (Espinoza, 1985).

BRASSICACEAE Burnett

Familia representada por alrededor de 380 géneros y 3,200 especies. Tres géneros tienen representantes acuáticos y cerca de 9 especies son acuáticas. Cosmopolita, pero principalmente en regiones templado-frías y templado-cálidas de ambos hemisferios, con la mayor concentración de géneros y especies en las regiones del Mediterráneo a Asia Central y una menor concentración en el oeste de Norteamérica; con centros subsidiarios en Sudamérica templada, Sudáfrica y Australia.

Son de climas secos, pero algunas se encuentran en regiones húmedas y otras pueden ser acuáticas (Rzedowski, 1979; Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). Muchas especies tienen importancia económica, principalmente por ser plantas alimenticias, ornamentales o malezas perjudiciales (Rzedowski, 1979). En el Parque se encuentran dos géneros, *Cardamine* y *Rorippa*.

1. Silicua de menos de 1 cm de largo, inflada; hojas con más de tres pares de foliólos
.....*Rorippa*
1. Silicua de más de 1 cm de largo, no inflada; hojas con menos de tres pares de foliólos
.....*Cardamine*

CARDAMINE L.

Género representado por cerca de 150 especies. Cosmopolita, pero principalmente en regiones templadas (Rzedowski, 1979; Cronquist, 1981). Muchas especies son alimenticias u ornamentales (Cronquist, 1981). En el Parque se encuentra una sola especie.

Cardamine flaccida Cham. & Schldl.

Hidrófita enraizada, emergente, de 10 a 35 cm de alto, estolonifera; tallos frecuentemente procumbentes; hojas algunas simples y redondeadas, otras compuestas y con máximo tres foliólos, peciolulados, de borde crenado, el segmento terminal mayor que los laterales, circular o reniforme; racimos con flores de pétalos blancos, silicuas lineares de más de 1 cm de largo, no infladas, verdes.

Floración: De marzo a octubre

Fructificación: De abril a noviembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos y en el margen de lagos y arroyos, hasta 20 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla* 507, 1564 (HUMO, MEXU); *Rzedowski* 23764 (ENCB, MEXU); *Vázquez* 2371 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla* 416 (HUMO, MEXU); *Fassett* 2845R (MEXU); *Rzedowski* 21636 (ENCB). LAGO ACOYOTONGO: *Bonilla* 358, 1490 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla* 1544 (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: *Bonilla* 676 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: *Bonilla* 623, 1565 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Durango, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, San Luis Potosí y Veracruz.

Distribución en el mundo: De México a Argentina y Chile (Rzedowski, 1979).

RORIPPA Scop.

Género representado por 50 especies de amplia distribución, especialmente en el Hemisferio Norte (Rzedowski, 1979). En el Parque se encuentran dos especies.

1. Flores blancas; hojas pinnadas, con los foliíolos ovados a orbiculares, su borde crenado a entero *R. nasturtium-aquaticum*
 1. Flores amarillas; hojas pinnatífidas, con los foliíolos lanceolados, su borde dentado a profundamente partido *R. mexicana*

Rorippa mexicana (Moc. & Sessé) Standl. & Steyerl.

Hidrófita enraizada, emergente, erguida, de 10 a 30 cm de alto, tallo ramificado desde la base; sin raíces en los nudos; hojas pinnatífidas, foliíolos delgados, lanceolados, borde dentado a profundamente partido; flores amarillas; silicuas cilíndricas, de menos de 1 cm de largo, infladas, pardas.

Floración: De abril a octubre

Fructificación: De mayo a octubre

Especie tolerante, habita en lugares pantanosos, margen de los lagos y arroyos hasta 10 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 441, 1489** (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: **Bonilla 417** (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: **Bonilla 1548** (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Guerrero, Hidalgo, México, Morelos, Oaxaca y Tlaxcala.

Distribución en el mundo: Desde México hasta Centroamérica (Rzedowski, 1979).

Rorippa nasturtium-aquaticum (L.) Hayek

Hidrófita enraizada, emergente, rastrera o flotante, de 10 a 80 cm de largo; tallo ramificado desde la base, con raíces en los nudos; forma densas colonias; hojas pinnadas, foliíolos anchos, ovalados a orbiculares, borde crenado a entero; flores blancas; silicuas cilíndricas, de menos de 1 cm de largo, infladas, pardas.

Floración: De marzo a diciembre

Fructificación: De abril a diciembre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos y arroyos hasta 30 cm de profundidad, y en zonas pantanosas.

Nombre común: Berro

Usos: Alimenticio

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla* 279, 1324 (HUMO, MEXU); *Brigada de Vegetación Acuática* 146 (MEXU); *Cardoso y Estrada* 1206 (MEXU); *Fassett* 28434 (MEXU); *Gallegos y González* 10 (MEXU); *Matuda y col.* 28151 (MEXU); *Smith* 46 (MEXU); *Vázquez* 1158 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla* 447 (HUMO, MEXU); *Brigada de Vegetación Acuática* 154 (MEXU); *Fassett* 28459 (MEXU); *González* 18 (MEXU); *Vázquez* 4655 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: *Bonilla* 1557 (HUMO, MEXU); *Vázquez* 2205 (MEXU). LAGO ACOYOTONGO: *Bonilla* 455, 1562 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla* 425, 1542 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: *Bonilla* 440, 1522 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Veracruz y Zacatecas.

Distribución en el mundo: Nativa de Europa, introducida en toda América Templada (Green, 1962; Rzedowski, 1979).

CAMPANULACEAE A. L. Juss.

Familia representada por alrededor de 70 géneros y 2,000 especies de distribución cosmopolita, pero mejor desarrollada en regiones templadas del Hemisferio Norte; en el Hemisferio Sur está pobremente representada (Cronquist, 1981; Morelos y Rzedowski, 1985; Takhtajan, 1986). Cook et al. (1974) indica que 10 géneros tienen especies acuáticas. En el Parque se encuentra un solo género, *Lobelia*.

LOBELIA (Plumier) L.

Género representado por alrededor de 365 especies ampliamente distribuidas, desde el sur de Canadá hasta Sudamérica, aunque la mayoría de las especies se encuentran en el Hemisferio Sur (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Morelos y Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Lobelia cardinalis L.

Hidrófita enraizada, emergente, de 0.4 a 1.5 m de alto; tallo erecto, verde a morado; hojas lineares, lanceoladas, ovadas y oblongas, margen entero a irregular o finamente dentado; flores zigomorfas, en racimos terminales, rojas; fruto pardo oscuro. En el Parque se encuentra una variedad.

Lobelia cardinalis L. var. *multiflora* (Paxton) McVaugh

Hierba densa, pubescente, con hojas lanceoladas a ovadas, enteras; inflorescencia en racimos terminales.

Floración: De junio a septiembre

Fructificación: De junio a septiembre

Especie subacuática, habita en praderas pantanosas.

Nombre común: Mirto

Usos: Medicinal

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 494, 1483 (HUMO, MEXU); Gutierrez 641 (MEXU); Mitastein 208 (ENCB, MEXU); Rowell 2035 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1563 (HUMO, MEXU); Cruz 1793 (ENCB, MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 491, 591 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Veracruz.

Distribución en el mundo: Desde Estados Unidos a Belice y Guatemala (Morelos y Rzedowski, 1985).

CARYOPHYLLACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 80 géneros y más de 2,000 especies. Cosmopolita, pero principalmente en regiones templadas y frías del Hemisferio Norte o en lugares montañosos elevados, ampliamente concentrada en las regiones del Mediterráneo y Cercano Este (Rzedowski, 1979; Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). Algunas especies son de importancia ornamental, medicinal o como malezas (Rzedowski, 1979). En el Parque se encuentra un solo género, *Arenaria*.

ARENARIA L.

Género representado por alrededor de 250 especies, distribuidas en el Hemisferio Boreal y en las montañas de Sudamérica (Beaman, 1979; Cronquist, 1981). En el Parque se encuentran dos especies.

1. Hierba rastrera; tallos de menos de 20 cm de largo, delgados, no cuadrangulares; hojas de menos de 1 cm de largo *A. bourgaei*
1. Hierba erecta; tallos de más de 20 cm de largo, gruesos y cuadrangulares; hojas de más de 1 cm de largo *A. paludicola*

Arenaria bourgaei Hemsley

Hidrófita enraizada, emergente, rastrera; tallos ramificados por lo general en la base, hasta 20 cm de largo; hojas lineares a oblanceoladas, de menos de 1 cm de largo, estípulas pequeñas, no envuelven al tallo; flores solitarias, axilares, blancas; cápsula verde; semillas pardo-rojizas oscuras.

Floración: De abril a septiembre

Fructificación: De junio a octubre

Especie subacuática, habita en lugares húmedos, en los márgenes de los lagos y arroyos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 426, 1487 (HUMO, MEXU); Cardoso 1043 (MEXU); Miranda 173 (MEXU); Rzedowski 23768 (ENCB); Yáñez 1123 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 1564 (HUMO, MEXU); Yáñez 2217 (ENCB, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 45R (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1529 (HUMO, MEXU); Yáñez 2159 (MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla y Querétaro.

Distribución en el mundo: De México a Guatemala (Beaman, 1979).

Arenaria paludicola Robinson

Hidrófita enraizada, emergente, erecta; tallos poco ramificados por encima de la base, de 20 a 45 cm de alto; hojas linear-lanceoladas, de más de 1 cm de largo, estípulas pequeñas, no envuelven al tallo; flores axilares, solitarias, blancas; cápsula verde; semillas rojizo-negrucas.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De junio a septiembre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos e inundables, hasta 15 cm de profundidad en el margen de los lagos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1494, 1503 (HUMO, MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 1565 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1528 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1519 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, México, Michoacán, Morelos, Sonora y Tlaxcala.

Distribución en el mundo: Costa del Pacífico de Estados Unidos y en México (Beaman, 1979).

CRASSULACEAE DC.

Familia representada por cerca de 33 géneros y 1,500 especies. Ampliamente distribuida (excepto Polinesia y Australia), pero principalmente en Sudamérica, comúnmente en regiones áridas, templadas o templado-cálidas. Son principalmente abundantes y diversificadas en

Sudáfrica, pero también bien desarrolladas en las montañas de México, Asia Central y la región del Mediterráneo (Rzedowski, 1979; Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). Muchas de sus especies son ornamentales y medicinales (Rzedowski, 1979). En el Parque se encuentra un solo género, *Tillaea*.

TILLAEA L.

Género representado por alrededor de 30 especies bien distribuidas en ambos hemisferios (Rzedowski, 1979). En el Parque se encuentra una sola especie.

Tillaea aquatica L.

Hidrófita enraizada, emergente, de 3 a 10 cm de largo, rastrera, agrupándose en colonias; hojas lineares; flores axilares, solitarias, pétalos blanco-verdosos; folículo ovoide, pardo.

Floración: De octubre a diciembre

Fructificación: De diciembre a enero

Especie estrictamente acuática, habita en lugares de suelo húmedo o arraigada en lugares poco profundos, en el margen de los lagos y arroyos, hasta 10 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1564 (HUMO, MEXU); Fassett 28456 (MEXU); Yáñez 4719 (MEXU).

Distribución en México: Chiapas, Hidalgo y Morelos.

Distribución en el mundo: Se conoce de Eurasia, Estados Unidos y México (Rzedowski, 1979).

HALORAGACEAE R. Br.

Familia representada por 5 a 8 géneros y 100 a 120 especies, 4 géneros contienen especies acuáticas y subacuáticas, con amplia distribución en el mundo, pero mejor representadas en el Hemisferio Sur, especialmente en Australia (Cronquist, 1981; Lot y Novelo, 1985). En el Parque se encuentra un solo género, *Myriophyllum*.

MYRIOPHYLLUM L.

Género representado por 40 especies, acuáticas o anfibias. Cosmopolita, aunque ausente en Africa, noreste de Sudamérica y sur de Asia. Su distribución es bimodal, el mayor centro de diversidad está en Australasia con cerca de 25 especies de las cuales 18 son endémicas, particularmente en Australia, y con un centro secundario en el este de Norteamérica (Orchard, 1979). Lot y Novelo (1985) reportan que algunas especies se cultivan como plantas de ornato para

acuarios, y algunas de ellas han sido consideradas como serias malezas acuáticas, principalmente en zonas por abajo de los 1,000 m de altitud. En el Parque se encuentran dos especies.

1. Hojas emergentes linear-subuladas *M. aquaticum*
 1. Hojas emergentes espatuladas u oblongas *M. heterophyllum*

Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc.

Hidrófita enraizada, sumergida y en ocasiones emergente; tallos ascendentes, hasta de 1.6 m de largo, no ramificados; hojas verticiladas, dimórficas, las emergentes linear-subuladas, erectas, y las sumergidas lineares; flores solitarias, sésiles, pero con pedicelos de menos de 2 mm durante la antesis, blancas. No se observaron frutos.

Floración: De abril a julio y de octubre a enero

Especie estrictamente acuática, habita en aguas someras y sin movimiento en el margen de los lagos, hasta 1.6 m de profundidad, y en lugares pantanosos.

Usos: Ornamental para acuarios

Distribución en el PNLZ: LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 456, 479, 552 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 349, 1553 (HUMO, MEXU); Vázquez 216Q (MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, México, Morelos, Oaxaca, Tamaulipas y Zacatecas.

Distribución en el mundo: Especie nativa de Sudamérica (Brasil, Argentina, Uruguay, Perú, Chile y Paraguay) (Orchard, 1979). Introducida al resto de América (a excepción de los Estados Unidos y Canadá), centro de Europa, Australia y Asia, en donde se ha extendido exclusivamente por propagación vegetativa, ya que fuera de América del Sur no se ha registrado la presencia de flores masculinas (Lot y Novelo, 1985).

Myriophyllum heterophyllum Michx.

Hidrófita enraizada, sumergida y en ocasiones emergente; tallos ascendentes, de 1 a 1.5 m de largo, ramificado; hojas verticiladas, dimórficas, las emergentes espatuladas u oblongas, las sumergidas pinnadas con lobulos filiformes; flores solitarias, sésiles, blanco-rojizas; esquizocarpo papiloso-punteado y rugoso-tuberculado.

Floración: De abril a noviembre

Fructificación: De mayo a febrero

Especie estrictamente acuática, habita en lugares someros del margen del lago hasta 1.3 m de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO TONATIAHUA: Bonilla 379, 436, 536 (HUMO, MEXU); Brigada de Vegetación Acuática 165 (MEXU); González 24 (MEXU).

Distribución en México: Hidalgo, Morelos y Veracruz.

Distribución en el mundo: Ampliamente distribuida en Norteamérica, desde el norte de México hasta Centroamérica (Standley y Williams, 1963).

LENTIBULARIACEAE L. Rich.

Familia representada por cerca de 5 géneros de los cuales 3 son principalmente acuáticos, con alrededor de 200 especies. Cosmopolita, pero mejor representada en regiones tropicales y templadas (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentra un solo género, *Utricularia*.

UTRICULARIA L.

Género conformado por cerca de 150 especies. Ampliamente distribuido en los trópicos y regiones templadas del norte, Sudamérica, las Antillas, África, Asia y Australia (Taylor, 1964; Cronquist, 1981). En el Parque se encuentra una sola especie.

Utricularia livida E. Meyer

Hidrófita enraizada, emergente, de 8 cm de alto; estolones filiformes, ramificados; hojas lineares a ovado-espátuladas; utrículos numerosos en las hojas y estolones; inflorescencia simple; flores zigomorfas, de color lila pálidas a púrpura oscuras, con manchas amarillas en el labio inferior; cápsula globosa a ovoide, negra.

Floración: Durante todo el año.

Fructificación: Durante todo el año.

Especie estrictamente acuática, habita en lugares pantanosos o palustres permanentes, y en suelos someros muy húmedos cerca de los arroyos.

Nombre común: Pensamiento

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 276, 1610 (HUMO, MEXU).
LAGO TONATIAHUA: Bonilla 1621 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chiapas, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz.

Distribución en el mundo: Del este y sur de África, Madagascar y México (Taylor, 1964). Aparentemente esta especie está separada de su área de distribución principal en el Viejo Mundo y localizada en las partes altas de México (Novelo y Lot, 1985).

ONAGRACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 20 géneros y 700 especies, siendo un número significativo de éstas, acuáticas. Ampliamente distribuida en ambos hemisferios, en regiones tropicales, subtropicales y templadas, especialmente en el Nuevo Mundo, donde está concentrada en el sudoeste de Norteamérica y México y muy abundante y diversificada en el oeste de Estados Unidos (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentran dos géneros adaptados a condiciones acuáticas, *Epilobium* y *Ludwigia*.

1. Flores amarillas; planta rastrera*Ludwigia*
 1. Flores blanco-rosadas; planta erecta*Epilobium*

EPILOBIUM L.

Género representado por más de 200 especies, de regiones templadas y frías, en las tropicales se restringen a las zonas montañosas (Cronquist, 1981; Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Epilobium ciliatum Raf.

Hierba rizomatosa, estolonífera; tallos erectos, de 20 a 80 cm de alto, a veces rojizos; hojas sésiles o con peciolos muy cortos, lanceoladas, ovadas a elípticas, borde serrulado; flores sésiles, axilares, pétalos blanco-rosados; cápsula subglobosa, verde-rojiza. En el Parque se reconoce una subespecie.

Epilobium ciliatum Raf. spp. *ciliatum*

Hidrófita enraizada, emergente; hojas angostamente lanceoladas a angostamente ovadas; sus peciolos no sobrepasan 1 cm de largo.

Floración: De marzo a octubre

Fructificación: De abril a noviembre

Especie subacuática, habita en el margen de los lagos y arroyos, así como, en lugares pantanosos.

Distribución en en PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Bonilla* 495, 1381 (HUMO, MEXU); *Cardoso* 1217 (MEXU); *McAdams* 90 (MEXU); *Yáñez* 1255 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla* 1323, 1496 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: *Bonilla* 481, 1581 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla* 15, 666 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: *Bonilla* 1526, 1582 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

Distribución en el mundo: Desde Alaska hasta Guatemala, introducida en el Viejo Mundo (Rzedowski, 1985).

LUDWIGIA L.

Género representado por aproximadamente 80 especies, de regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios, especialmente concentrado en Sudamérica Tropical (Cronquist, 1981; Rzedowski, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Ludwigia palustris (L.) Elliot

Hidrófita enraizada, emergente, rastrera, estolonífera, de 30 cm de largo, muy ramificada; hojas opuestas, láminas elípticas a casi ovadas, borde entero; flores sésiles, axilares, solitarias o por pares, amarillas; cápsula alargada-subglobosa, sésil, rojiza.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De julio a noviembre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen del lago en suelos inundados, hasta 5 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1321, 1583 (HUMO, MEXU); Brigada de Vegetación Acuática 159 (MEXU); Fassett 28441 (MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, San Luis Potosí y Veracruz.

Distribución en el mundo: De Canadá a Colombia, también existe en Europa y Africa (Rzedowski, 1985).

POLYGONACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 45 géneros y 1,100 especies. Ampliamente distribuida, pero sobre todo en regiones templadas del Hemisferio Norte (Rzedowski, 1979; Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentra un solo género, *Polygonum*.

POLYGONUM L.

Género representado por alrededor de 250 especies de amplia distribución (Rzedowski, 1979; Cronquist, 1981). En el Parque se encuentran tres especies.

1. Perianto punteado con glándulas muy manifiestas *P. punctatum*
 1. Perianto no punteado.
 2. Estambres 6 a 8; hojas linear-lanceoladas *P. mexicanum*
 2. Estambres 5; hojas lanceoladas a oblongo-elípticas *P. amphibium*

Polygonum amphibium L.

Hidrófita enraizada, emergente, de 0.25 a 1 m de alto, tallo rizomatoso, rastrero en el lodo y erguido en la superficie; hojas estipuladas, flotantes, oblongas, elípticas o elíptico-lanceoladas, no punteadas; inflorescencia en racimo denso, terminal; flor actinomorfa, perianto rosa, no punteado con glándulas, estambres 5; aquenio lenticular, biconvexo, negro.

Floración: De septiembre a enero

Fructificación: De octubre a marzo

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos, en las partes más someras, hasta 1 m de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 363, 509, 532, 534, 601** (HUMO, MEXU); **Cardoso y Motosic 1276** (MEXU); **Sousa s.n** (MEXU); **Traylor 36** (MEXU); **Ulloa s.n** (MEXU); **Vázquez 3216** (MEXU); **Wyatt 86** (MEXU). LAGO TONATIAHUA: **Bonilla 374, 396, 402, 496, 524** (HUMO, MEXU); **Gallegos y Pérez 14** (MEXU).

Distribución en México: Baja California Norte, Distrito Federal, Jalisco, Morelos y San Luis Potosí.

Distribución en el mundo: Europa y Asia; en América, de Alaska a México (Rzedowski, 1979).

Polygonum mexicanum Small

Hidrófita enraizada, emergente, de 0.3 a 1 m de alto; tallo rizomatoso en la base, erecto; hojas estipuladas, linear-lanceoladas, no punteadas; inflorescencia paniculada; flor actinomorfa, perianto rosa obscuro, no punteado con glándulas, estambres 6 a 8; aquenio lenticular, ovoide, negro.

Floración: De abril a diciembre

Fructificación: De junio a diciembre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos, hasta 40 cm de profundidad, y en lugares pantanosos.

Nombre común: Chilillo

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 451, 503, 535, 1384** (HUMO, MEXU); **Cardoso 1247** (MEXU). LAGO COMPILA: **Bonilla 450, 529, 1512** (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: **Bonilla 361, 476, 504, 1388** (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: **Bonilla 563, 569, 674** (HUMO, MEXU)

Distribución en México: Campeche, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Tabasco.

Distribución en el mundo: Desde el sur de Estados Unidos a México (Rzedowski, 1979).

Polygonum punctatum Elliot

Hidrófita enraizada, emergente, de 0.3 a 1.5 m de alto, glandulosa; tallo rizomatoso, erecto; hojas estipuladas, lanceoladas a oblongo-lanceoladas, conspicuamente punteadas; inflorescencia paniculada; flor actinomorfa, perianto verdoso a blanco-verdoso, conspicuamente punteado con glándulas, estambres 8; aquenio lenticular, trígono, negro. En el Parque se encuentra una variedad.

Polygonum punctatum Elliot var. *eciliatum* Small

Sin cilios en las ocreas.

Floración: De abril a noviembre

Fructificación: De julio a diciembre

Especie estrictamente acuática, habita en zonas pantanosas, en el margen de los lagos, en zonas inundables, hasta 50 cm de profundidad.

Nombre común: Chilillo, trigo sarraceno, maleza nudosa, maleza viva.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: *Allison* 78 (MEXU); *Bonilla* 493, 1326, 1492 (HUMO, MEXU); *Brigada de Vegetación Acuática* 149, 153 (MEXU); *Cole* 28 (MEXU); *McAdams* 63 (MEXU); *Teer* 39 (MEXU); *Traylor* 34 (MEXU); *Wyatt* 78 (MEXU). LAGO COMPILA: *Bonilla* 359, 1510 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: *Bonilla* 46, 501 (HUMO, MEXU); *Fassett* 28460 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: *Bonilla* 1559 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: *Bonilla* 475, 482 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: *Bonilla* 1546 (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: *Bonilla* 564 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: *Bonilla* 1518 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa y Veracruz.

Distribución en el mundo: Del sureste de los Estados Unidos a Guatemala (Rzedowski, 1979).

RANUNCULACEAE A. L. Juss.

Familia representada por cerca de 50 géneros y 2,000 especies. Ampliamente distribuida, pero mejor representada en regiones templadas y frías del Hemisferio Sur y Norte, pero sobre todo en regiones templadas y boreales del Viejo y Nuevo Mundo (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentra un solo género, *Ranunculus*.

RANUNCULUS L.

Género representado por aproximadamente 250 especies, de las cuales cerca de 35 son acuáticas. Se distribuye en regiones templadas y frías y en zonas montañosas tropicales (Cook et al., 1974; Rzedowski, 1979). En el Parque se encuentran tres especies.

1. Hojas simples *R. hydrocharoides*
 1. Hojas pinnadas o divididas en segmentos capilares.
 2. Plantas sumergidas; flores blancas *R. trychophyllus*
 2. Plantas emergentes; flores amarillas *R. dichotomus*

Ranunculus dichotomus Mocifio & Sessé

Hidrófita enraizada, emergente, de 10 a 30 cm de alto, tallos suberectos; hojas pinnadas, ovadas a ovado-lanceoladas; flores pedunculadas, axilares, amarillas; aquenio lenticular, verde.

Floración: De abril a octubre

Fructificación: De junio a diciembre

Especie tolerante, habita en lugares de suelo húmedo, en el margen de los lagos y arroyos, hasta 10 cm de profundidad.

Nombre común: Ranúnculo, pata de león.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Allison 64 (MEXU); Bonilla 427, 1507 (HUMO, MEXU); Cruz 2470 (ENCB); González 20 (MEXU); Gutierrez 630 (MEXU); McAdams 101 (MEXU); Montoya s.n (ENCB); Quiram 16 (MEXU); Reyes 1036 (MEXU); Smith 38 (MEXU); Teer 23 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 43 (HUMO, MEXU); Gallegos y González 17 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 1584 (HUMO, MEXU); Yáñez 2206 (MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 483 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 1552 (HUMO, MEXU); Cardoso 1210 (MEXU); Mitchell 23 (MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 679 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz.

Distribución en el mundo: De México a Guatemala, Colombia, Ecuador y Perú (Rzedowski, 1979).

Ranunculus hydrocharoides A. Gray

Hidrófita enraizada, emergente, de 10 a 30 cm de alto; tallos procumbentes o flotantes; hojas simples, ovadas a lanceoladas, margen entero o aserrado; flores pedunculadas, axilares, amarillas; aquenio obovoide, verde. En el Parque se encuentra una sola variedad.

Ranunculus hydrocharoides A. Gray var. *natans* (Nees) L. Benson

Hierba de hojas angostas, lanceoladas, rara vez ovadas.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De mayo a noviembre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos y arroyos, hasta 10 cm de profundidad, y en zonas pantanosas.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 280, 443, 1380** (HUMO, MEXU); **Brigada de Vegetación Acuática 157** (MEXU); **Mitchell 73** (MEXU); **Smith 47** (MEXU). LAGO TONATIAHUA: **Bonilla 45, 356, 1320, 1491** (HUMO, MEXU); **González 19** (MEXU). LAGO QUILA: **Bonilla 352, 380, 1545** (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Durango, México, Morelos y San Luis Potosí.

Distribución en el mundo: De México a Guatemala (Rzedowski, 1979).

Ranunculus trychophyllus Chaix

Hidrófita enraizada, sumergida, de 0.2 a 1 m de largo; tallos delgados, sumergidos; lámina de la hoja finamente trisecta en segmentos capilares; flores axilares o terminales, blancas, con pedicelos de 2 a 35 mm de largo; aquenio ovoide, verde.

Floración: De abril a septiembre

Fructificación: De mayo a octubre

Especie estrictamente acuática, habita en el margen de los lagos hasta 1 m de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: **Bonilla 1586** (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: **Bonilla 353** (HUMO, MEXU). LAGO HUEYAPAN: **Bonilla 568** (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Durango y Morelos.

Distribución en el mundo: En regiones de clima frío y templado del Hemisferio Norte, así como, en Australia (Rzedowski, 1979).

SCROPHULARIACEAE A. L. Juss.

Familia con aproximadamente 250 géneros y 4,000 especies, de distribución cosmopolita, pero más abundantes en regiones templadas (especialmente en el Hemisferio Norte) y en montañas de los trópicos (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Takhtajan, 1986). En el Parque se encuentran

seis géneros adaptados a condiciones acuáticas, *Gratiola*, *Limosella*, *Micranthemum*, *Mimulus*, *Pedicularis* y *Veronica*.

1. Plantas con flores blancas, azules, rosadas a moradas.
 2. Flores blancas.
 3. Hojas pecioladas, linear-espátuladas a oblongo-elípticas *Limosella*
 3. Hojas sésiles, orbiculares a ovado-orbiculares *Micranthemum*
 2. Flores azules, rosadas a moradas.
 4. Flores de color azul *Veronica*
 4. Flores de color rosado a morado *Pedicularis*
1. Plantas con flores amarillas.
 5. Hojas todas sésiles *Gratiola*
 5. Hojas inferiores pecioladas y superiores sésiles *Mimulus*

GRATIOLA L.

Género representado por aproximadamente 20 especies, de amplia distribución, pero principalmente en zonas templadas y en regiones montañosas de los trópicos (Cook et al., 1974; Rodríguez, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Gratiola oresbia Robinson

Hidrófita enraizada, emergente, estolonífera; hasta de 12 cm de largo; hojas linear-oblancooladas, sésiles; flores zigomorfas, axilares, amarillas con estrías pardas, garganta con pelos blanco-amarillentos, solitarias; cápsula globosa, glabra, parda.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De mayo a octubre

Especie subacuática, habita en lugares pantanosos del lago, hasta 5 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO QUILA: Bonilla 1539 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Chihuahua, Durango, México, Morelos y Puebla.

Distribución en el mundo: De México a Guatemala (Rodríguez, 1985).

LIMOSELLA L.

Género representado por cerca de 15 especies, cosmopolita, aunque distribuidas particularmente en las regiones templadas del mundo (Cook et al., 1974; Rodríguez, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Limosella aquatica L.

Hidrófita enraizada, emergente, estolonífera, hasta 15 cm de largo; tallos delgados y glabros; lámina linear-espatulada a oblongo-elíptica; flores zigomorfas, blancas, con manchas púrpuras; cápsula globosa u ovoide, parda.

Floración: De agosto a noviembre

Fructificación: De septiembre a diciembre

Especie estrictamente acuática, habita en áreas pantanosas del margen de los lagos y arroyos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1656, 1687 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz.

Distribución en el mundo: Cosmopolita (Rodríguez, 1985).

MICRANTHEMUM Michaux

Género representado por 4 especies, distribuidas en el este de Norteamérica y Sudamérica, México, Guatemala y Cuba (Cook et al., 1974). En el Parque se encuentra una sola especie.

Micranthemum sp.

Hidrófita enraizada, emergente, hasta 10 cm de largo; hojas alternas y algunas de las superiores opuestas, orbiculares a ovado-orbiculares, sésiles; flores zigomorfas, blancas, sésiles en la axila de las hojas; cápsula globosa, parda.

Floración: De abril a septiembre

Fructificación: De mayo a octubre

Especie subacuática, habita en el margen del lago y arroyos, en lugares protegidos y pantanosos.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 1500 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1544 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Morelos.

Distribución en el mundo: Endémica a México.

MIMULUS L.

Género representado por cerca de 120 especies, principalmente del Nuevo Mundo (en el oeste de Norteamérica), pero también presente en Sudamérica, Asia y Australia (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Rodríguez, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Mimulus glabratus Kunth

Hidrófita enraizada, emergente, de 10 a 60 cm de largo; tallos carnosos, erectos o prostrados, con raíces en los nudos; hojas ovadas a orbiculares, margen irregularmente dentado; flores zigomorfas, axilares, amarillas, con manchas rojas; cápsula oblonga, redondeada, pardo oscura.

Floración: De abril a noviembre

Fructificación: De mayo a noviembre

Especie subacuática, habita en el margen de los lagos y arroyos, hasta 20 cm de profundidad y en zonas pantanosas.

Usos: Medicinal

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 272, 506, 1319 (HUMO, MEXU); Cardoso 1218 (MEXU); Gutiérrez 629 (MEXU); McAdams 102 (MEXU); Quiram 17 (MEXU); Smith 28 (MEXU); Yáñez 3215 (MEXU). LAGO COMPILA: Bonilla 355, 1508 (HUMO, MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 357, 412, 449 (HUMO, MEXU); Estrada 1977 (MEXU); González 47 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 486, 1386 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 453, 1495 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 669, 1543 (HUMO, MEXU); Cardoso 1209 (MEXU); Cardoso y Matosic 1262 (MEXU); Straw y Gregory 1072 (MEXU). LAGO HUEYAPAN: Bonilla 677, 1588 (HUMO, MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 48, 1590 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas.

Distribución en el mundo: Se distribuye del sur de Canadá a Chile y Argentina (Rodríguez, 1985).

PEDICULARIS L.

Género que comprende alrededor de 500 especies, distribuidas principalmente en las regiones templadas y árticas del Hemisferio Norte (Cronquist, 1981; Rodríguez, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Pedicularis mexicana Zucc. ex Benth.

Hidrófita enraizada, emergente, de 15 a 50 cm de alto; tallo grueso; hojas pinnatipartidas, segmentos lanceolados y dentados; flores zigomorfas, en racimos densos, rosadas a moradas; cápsula elíptica a ovoide, pardo obscuro.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De junio a octubre

Especie subacuática, habita en zonas pantanosas, en el margen de los lagos y arroyos, hasta 10 cm de profundidad.

Nombre común: Trebol, escrofularia.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Allison 72 (MEXU); Bonilla 274, 1504 (HUMO, MEXU); Cardoso 1220 (MEXU); Cardoso y Matosic 1267 (MEXU); Cole 6 (MEXU); Cruden 1657 (MEXU); Gutierrez 643 (MEXU); McAdams 85 (MEXU); Traylor 2 (MEXU); Yáñez 947, 1252 (MEXU); Wyatt 52 (MEXU). LAGO ACOMANTLA: Bonilla 482, 1563 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 505, 1534 (HUMO, MEXU); Mitchell 20 (MEXU); Smith 6 (MEXU); Straw y Gregory 1054 (MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 1328, 1525 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Distrito Federal, Durango, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala.

Distribución en el mundo: Se conoce del sureste de Canadá a México (Rodríguez, 1985).

VERONICA L.

Género que comprende aproximadamente 300 especies, ampliamente distribuido en regiones templadas del norte (Cook et al., 1974; Cronquist, 1981; Rodríguez, 1985). En el Parque se encuentra una sola especie.

Veronica americana (Raf.) Schwein.

Hidrófita enraizada, emergente, de 10 a 70 cm de largo, rastrera o decumbente; tallos carnosos; lámina de las hojas ovada a lanceolada, margen aserrado a dentado; flores zigomorfas, axilares, azules con la base blanca; cápsula parda.

Floración: De abril a agosto

Fructificación: De junio a noviembre

Especie estrictamente acuática, habita en lugares cenagosos, pantanosos y en el margen de los lagos y arroyos, hasta 20 cm de profundidad.

Distribución en el PNLZ: LAGO ZEMPOALA: Bonilla 278, 1505 (HUMO, MEXU); Cardoso y Matosic 1265 (MEXU); González 51 (MEXU); McAdams 89 (MEXU); Mundo y Matosic 1282 (MEXU); Vigueros y Matosic 1265 (MEXU). LAGO TONATIAHUA: Bonilla 448, 1318 (HUMO, MEXU). LAGO ACOYOTONGO: Bonilla 454, 480 (HUMO, MEXU). LAGO QUILA: Bonilla 351, 665, 1535 (HUMO, MEXU); Straw y Gregory 1073 (MEXU); Yáñez 4177 (MEXU). JOYA DE ATEZCAPAN: Bonilla 366, 619, 1520 (HUMO, MEXU).

Distribución en México: Baja California Norte, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, México y Morelos.

Distribución en el mundo: Ampliamente distribuida en Norteamérica, llegando hasta México, también en el noreste de Asia (Rodríguez, 1985)

7.1.3 Fenología de las plantas acuáticas

La estacionalidad de las lluvias, su tiempo de duración y el clima templado prevaeciente en el área de estudio, son algunos de los factores que influyeron en el periodo de floración y fructificación de las plantas acuáticas. Sin embargo, el número de especies en floración y fructificación en un mismo lapso, variaron a través del tiempo (Fig. 2).

El mayor número de especies estuvieron en floración durante la época de lluvias, que coincide con la temperatura ambiental más alta, entre los meses de abril a julio, mientras que de agosto a enero pocas especies presentaron flores. Sin embargo, algunas especies como *Lemna minor*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Typha latifolia*, *Cardamine flaccida*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* y *Eleocharis montevidensis* iniciaron la floración desde el mes de marzo.

Varias especies se reprodujeron prácticamente durante todo el año, entre las que podemos mencionar a *Utricularia livida* (12 meses), siguiéndole *Egeria densa* y *Potamogeton crispus* (11 meses) y *Rorippa nasturtium-aquaticum* (10 meses). Mientras que las especies que tuvieron el periodo de floración más corto fueron *Eleocharis dombeyana*, *Lemna minor*, *Micranthemum* sp. y *Potamogeton illinoensis*, restringido solo a dos meses (Fig. 3).

En cuanto a la producción de frutos, el mayor número de especies lo hicieron durante los meses de junio a septiembre, mientras que de octubre a marzo pocas especies presentaron dichas estructuras. Las especies como *Hydrocotyle ranunculoides*, *H. verticillata* var. *triradiata*, *Cardamine flaccida*, *Rorippa mexicana*, *R. nasturtium-aquaticum*, *Carex hermannii*, *Eleocharis acicularis*, *Myriophyllum heterophyllum*, *Lemna minor*, entre otras, iniciaron su periodo de fructificación antes de la época de lluvias, y especies como *Bidens laevis*, *Eupatorium pazuarense*, *Tillaea aquatica*, *Polygonum amphibium* y *Potamogeton illinoensis*, lo iniciaron después de la época lluviosa.

Nuevamente varias especies presentaron frutos casi todo el año, de las cuales destacan *Utricularia livida* (12 meses), siguiéndole *Myriophyllum heterophyllum* y *Potamogeton crispus* (10 meses) y *Rorippa nasturtium-aquaticum* y *Typha latifolia* (9 meses). La especie que tuvo el periodo más corto de fructificación fue *Tillaea aquatica* con solo 2 meses (Fig. 3).

Por último, cabe señalar que algunas de especies de hidrófitas libremente flotadoras, como *Azolla mexicana* y *Lemna gibba*, no produjeron órganos reproductores y algunas hidrófitas sumergidas como *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum*, por ser especies introducidas no se detectaron frutos, por lo que sólo se propagaron vegetativamente. Esta es una estrategia que las plantas acuáticas desarrollan cuando las condiciones ambientales son adversas, como es el caso de bajas temperaturas, la altitud, el fotoperiodo, etc., reemplazando la reproducción sexual por la propagación vegetativa.

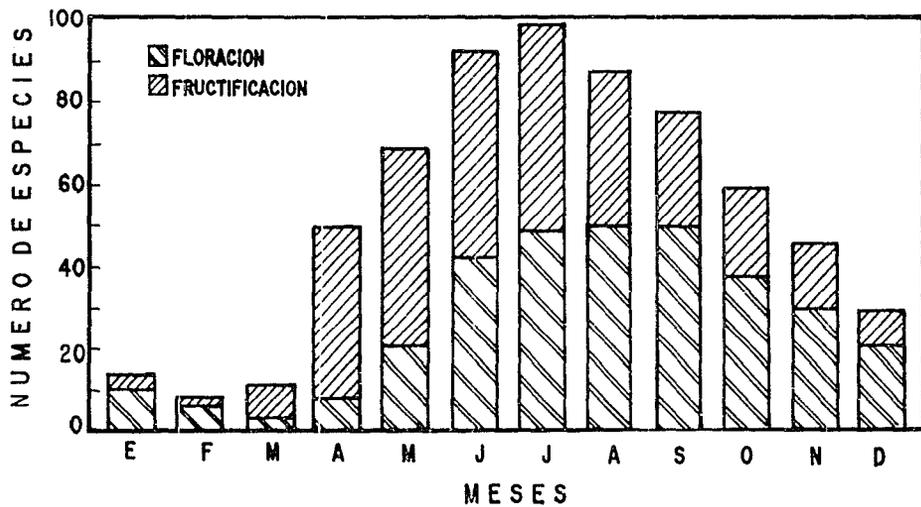
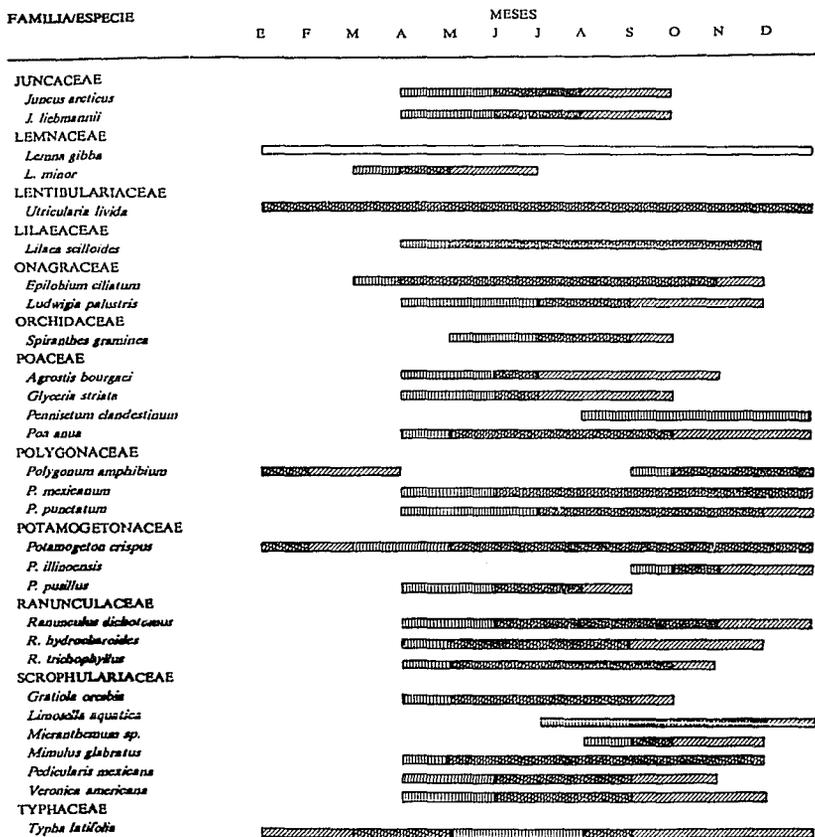


Fig. 2 Periodo de floración y fructificación de las plantas acuáticas durante el periodo de estudio en el Parque.

Fig. 3. (cont...)



 Floración
  Fructificación
  No se observó

7.1.4 Afinidades de la flora

La participación geográfica de las 63 especies de plantas acuáticas presentes en los lagos del Parque se ilustra en el Cuadro 7. En el se observa que el grupo mejor representado fue el de afinidad boreal, con el 65.07%, destacándose los elementos endémicos a México, de los cuales sobresalen *Arenaria bourgaei*, *Isöetes mexicana*, *Carex hermannii*, *Eleocharis densa*, *Eriocaulon ehrenbergianum*, *E. microcephalum*, *Sisyrinchium scabrum*, *S. toluense*, *Agrostis bourgaei*, *Lilaeopsis schaffneriana*, *Eupatorium pazcuarensis* y *Micranthemum* sp.

CUADRO 7. Afinidad de los elementos florísticos de los lagos del Parque.

AFINIDAD	No. DE TAXA	SUBTOTAL	PORCENTAJE
Afinidad boreal	27		
Endémicas a México	12		
Introducidas	2	41	65.07
Afinidad neotropical	4		
Endémicas a México	0		
Introducidas	3	7	11.11
Amplia distribución en América	8	8	12.70
Cosmopolitas	5	5	7.94
Afinidad con Africa	1		
Introducidas	1	2	3.18
Total	63	63	100.00

Otro grupo bien representado en la flora acuática de los lagos, es el de amplia distribución en América, con el 12.7%, constituido por taxa estrictamente acuáticos como *Azolla mexicana*, *Lilaea scilloides*, *Potamogeton illinoensis* y por taxa subacuáticos y tolerantes como *Carex lurida*, *C. psilocarpa*, *Cyperus niger*, *Eleocharis dombeyana*, *E. filiculmis*, *E. macrostachya*, *E. montevidensis*, *Juncus arcticus* var. *andicola*, *J. liebmannii* var. *liebmannii*, *Spiranthes graminea*, *Glyceria striata*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *H. verticillata* var. *triradiata* y *Bidens laevis*, entre otros.

En un porcentaje menor se encuentran las especies de afinidad neotropical, con el 11.11%, sobresaliendo taxa estrictamente acuáticos que son introducidos como *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum*. Los elementos cosmopolitas están representados con el 7.94%, que con frecuencia invaden diferentes ambientes o zonas ecológicas de los lagos y otros habitats acuáticos continentales. Las especies cosmopolitas más importantes en cuanto al nicho ecológico que ocupan

y su cobertura en los lagos son *Lemna minor*, *L. gibba* y *Typha latifolia*. Por último, los elementos de afinidad con Africa están representados con el 3.18%, de los cuales las especies que sobresalen son *Utricularia livida* y *Pennisetum clandestinum*, esta última fue introducida.

Al efectuar la comparación de la flora acuática de los lagos del Parque con algunos lagos mexicanos, se encontró que se comparten 15 especies con el lago Cuitzeo, 13 especies con el lago de Pátzcuaro, 10 especies con las lagunas de Tecocomulco y Yuriria, 7 con el lago de Texcoco, 6 con los lagos cráter del estado de Puebla y ninguna especie con el lago Coatetelco.

7.2 VEGETACION ACUATICA

Con el objeto de elaborar un mapa lo más actualizado posible de las comunidades acuáticas más notables, por su extensión y permanencia en cada uno de los lagos, se ilustra la zonificación que guardan las asociaciones de hidrófitas entre sí. Además, se muestra su distribución y cobertura aproximada en el vaso de cada uno de los lagos, en épocas del año contrastantes.

La tipificación y descripción de la vegetación acuática en el Parque, está relacionada a la inestabilidad, temporalidad y fluctuaciones que sufren las comunidades de hidrófitas en periodos cortos de tiempo, comúnmente menores de un año. La movilidad de ciertas formas de vida y la substitución alternada de éstas, en la dominancia de comunidades y asociaciones, que cubren importantes secciones de los lagos, junto con el manejo y perturbaciones ocasionadas por el hombre, son los elementos que más influencia tienen sobre la vegetación acuática.

Las comunidades en cada uno de los lagos, definidas estructuralmente, se dividieron en unidades de vegetación, basadas en las formas de vida dominantes. Las plantas que ocupan la línea de costa o zonas marginales, son las primeras en esta secuencia y son denominadas hidrófitas enraizadas emergentes. Estas plantas se encuentran enraizadas al substrato con una porción del tallo sumergido y las hojas y estructuras reproductivas por encima del agua. El siguiente grupo en la secuencia, es el de aquellas plantas encontradas desarrollándose entre la línea de costa y aguas más profundas, en la zona transicional. Este grupo incluye la forma de vida de las hidrófitas enraizadas sumergidas, que están unidas al substrato, sus estructuras vegetativas están completamente sumergidas y sus órganos reproductivos pueden estar sumergidas, emergiendo o flotando. El último grupo comprende a las hidrófitas libremente flotadoras, y son aquellas plantas que se desarrollan en aguas someras, no están fijas al substrato y sus estructuras vegetativas y reproductivas flotan sobre la superficie del agua.

La vegetación acuática de los lagos del Parque, está representada por las hidrófitas enraizadas emergentes, siendo sus elementos dominantes *Typha latifolia*, *Scirpus californicus*, *Juncus arcticus* var. *andicola*, *Eleocharis densa*, *Bidens laevis*, *Carex lurida*, *C. hermannii*, *Glyceria striata*, *Polygonum amphibium*, *P. mexicanum* y *P. punctatum* var. *eciliatum*, que forman áreas relativamente grandes en los lagos, particularmente en lugares someros y pantanosos.

Otras especies que por su abundancia y cobertura son importantes dentro de las hidrófitas emergentes son *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Eriocaulon ehrenbergianum*, *E. microcephalum*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Lilaea scilloides*, *Berula erecta*, *Cardamine flaccida*, *Arenaria paludicola*, *A. bourgaei*, *Ranunculus hydrocharoides* var. *natans*, *Mimulus glabratus* y *Veronica americana*, que forman manchones aislados o forman asociaciones con los elementos dominantes.

En orden, de importancia, las hidrófitas enraizadas sumergidas están representadas por *Egeria densa*, *Potamogeton illinoensis*, *P. crispus*, *Myriophyllum aquaticum* y *M. heterophyllum*, creciendo en áreas profundas de los lagos, *P. pusillus* var. *pusillus* que se desarrolla en áreas muy someras y protegidas, e *Isòetes mexicana* que se encuentra en áreas pantanosas del margen de los lagos.

Por último, las hidrófitas libremente flotadoras se encuentran escasamente representadas; su distribución es heterogénea, siendo la especie más abundante *Lemna minor*, mientras que *L. gibba* y *Azolla mexicana*, crecen particularmente en áreas someras de los márgenes de los lagos y arroyos, estando protegidas por otras hidrófitas.

A continuación se describen las formas de vida dominantes en cada uno de los lagos del Parque.

7.2.1 Lago Zempoala

La vegetación acuática del lago se encontró representado principalmente por hidrófitos emergentes, seguidos por los hidrófitos sumergidos y por último las libremente flotadoras. Este lago presenta problemas de filtración del agua en los meses de estiaje, por lo que en algunas áreas la vegetación desaparece por completo o cambia su fisonomía (Fig. 4).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Esta forma de vida se encuentra ampliamente distribuida en los bordes someros, casi secos del este, noreste, sur y oeste del lago, hasta una profundidad máxima de 2 m. La especie dominante de esta comunidad en la playa sur fue *Typha latifolia*, llamado localmente "tule", que abarcó una extensión del 15% del área del lago, alcanzando profundidades de 40 cm. Asociadas a ella estuvieron, *Eleocharis densa*, *Polygonum amphibium*, *P. mexicanum*, *P. punctatum* var. *ciliatum*, *Bidens laevis*, *Carex hermannii*, *C. lurida* y *Glyceria striata*, que cubrieron el 12% del área del lago (Fig. 5c).

En las zonas abiertas del tular, dominadas por *Typha*, *Carex* y *Glyceria*, se llegan a asociar también *Isòetes mexicana*, *Eriocaulon microcephalum*, *Sisyrinchium scabrum*, *S. toluense*, *Arenaria bourgaei*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Cardamine flaccida*, *Cyperus niger*, *Eleocharis acicularis*, *E. dombeyana*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Juncus liebmannii* var. *liebmannii*, *Lilaea scilloides*, *Lilaeopsis schaffneriana*, *Pedicularis mexicana*, *Ranunculus hydrocharoides* var. *natans*, y como elementos acompañantes de hidrófitas libremente

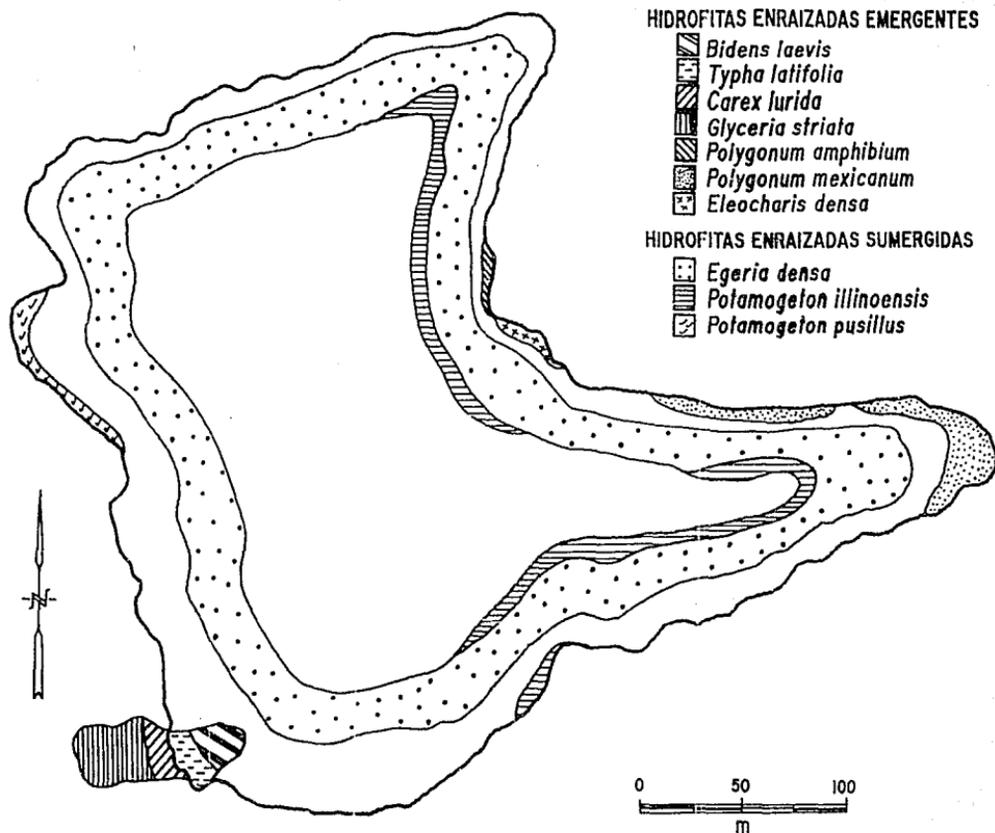


Fig. 4 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Zempoala.

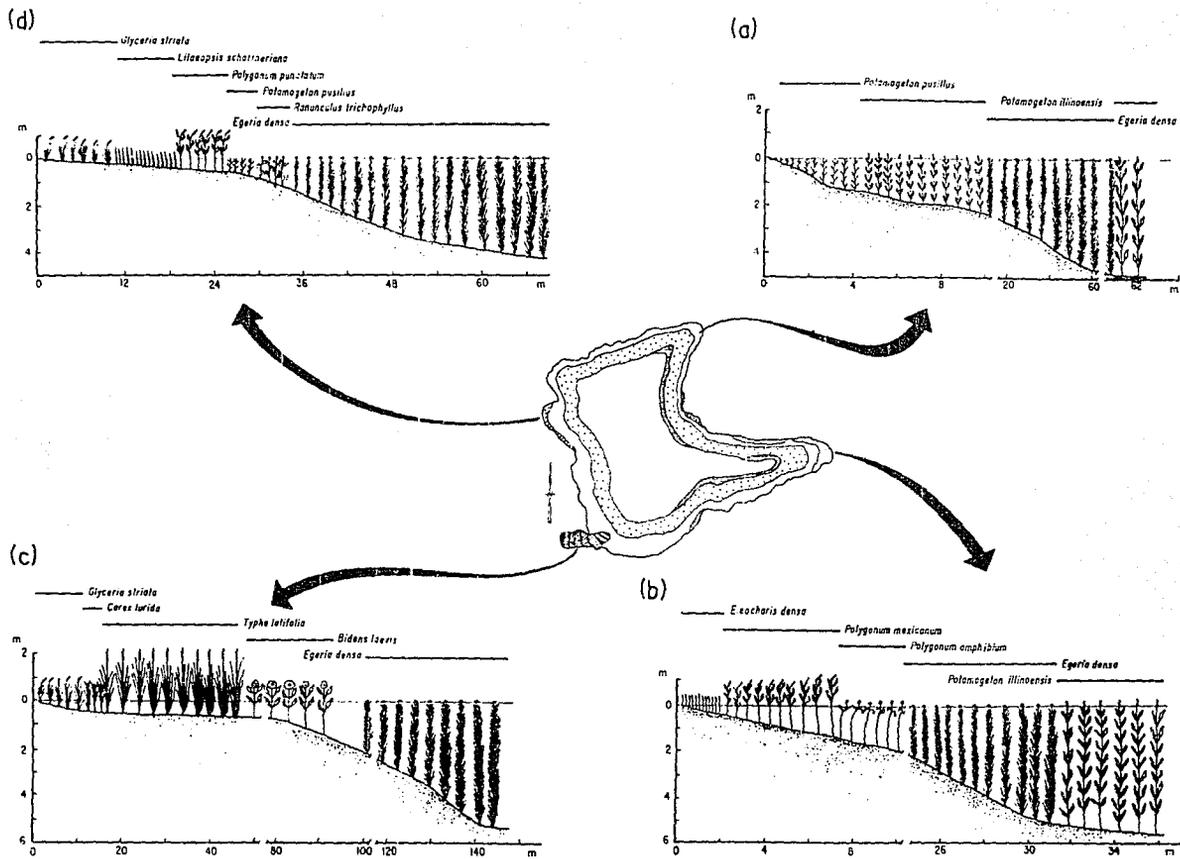


Fig. 5 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes, durante la época de lluvias en el lago Zempoala.

flotadoras están *Lemna minor* y *Azolla mexicana*. Entre las áreas abiertas de *Typha* y *Bidens*, se encontraron poblaciones mezcladas de hidrófitas emergentes, representadas particularmente por *Eleocharis densa*, *Agrostis bourgaei*, *Hydrocotyle verticillata* var. *triradiata*, *Cardamine flaccida*, *Rorippa mexicana*, *Arenaria paludicola*, *Polygonum punctatum* var. *eciliatum*, *Gratiola oresbia*, *Limosella aquatica* y *Micranthemum* sp. Y por último hacia la parte más profunda del lago estas especies se encontraron asociadas con hidrófitas sumergidas, dominadas principalmente por *Egeria densa* (Fig. 6c).

Estas especies comunmente se encontraron mezcladas con algunas otras hidrófitas emergentes o libremente flotadoras, principalmente en las zonas más someras del sur y suroeste del lago, llegando a cubrir en estas áreas, pequeñas extensiones. Sin embargo, en los bordes este y noreste donde la pendiente es muy pronunciada y el substrato es rocoso (Fig. 5b), este tipo de vegetación fue dominado por *Eleocharis densa*, *Polygonum amphibium*, *P. mexicanum* y *P. punctatum* var. *eciliatum*, asociados a la comunidad de *Egeria*. En esta zona en la época de estiaje, debido a la disminución del nivel del agua en estos meses, es dominado unicamente por *Egeria densa*, desapareciendo las demás especies (Fig. 6b).

En las áreas pantanosas del oeste del lago se encuentran especies que cubren pequeñas extensiones dominadas particularmente por *Eriocaulon ehrenbergianum* y asociadas a ésta se presentan *Juncus arcticus* var. *andicola*, *J. liebmannii* var. *liebmannii*, *Lobelia cardinalis* var. *multiflora*, *Utricularia livida* y *Glyceria striata*. Y en el margen del lago se encontró una comunidad de especies dominada por *Glyceria striata* y asociadas a ella estuvieron *Lilaeopsis schaffneriana*, *Polygonum punctatum* var. *eciliatum*, que limitan hacia el centro del lago con la hidrófita sumergida *Egeria densa* (Fig. 5d).

En el arroyo Las Trancas las especies dominantes de esta forma de vida son *Rorippa nasturtium-aquaticum* y asociadas a ella se encuentran *Berula erecta*, *Lilaeopsis schaffneriana* y *Cyperus niger* y como elementos acompañantes de hidrófitos libremente flotadores a *Lemna minor*.

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

Las comunidades pertenecientes a esta forma de vida ocupan la mayor superficie del cuerpo de agua, desde los bordes someros de todo el lago hasta los 6 m de profundidad, hacia la parte media del lago. Entre las especies sumergidas más comunes en los bordes someros del sur, oeste, norte y noreste del lago se encontraron, escasamente representados *Potamogeton pusillus* var. *pusillus* y *Ranunculus trichophyllus* (Fig. 5d). Como especie dominante de la asociación de zonas más profundas, destaca *Egeria densa* que abarca el 60% del área cubierta en el lago en la playa norte (Fig. 5a). En la playa este, se encontró asociada a ella *Potamogeton illinoensis* desde la zona litoral hasta la zona de aguas profundas (Fig. 5b), limitando en la zona sur, este y noreste (Fig. 5c), con las comunidades de hidrófitas emergentes de *Typha*, *Bidens*, *Eleocharis* y *Polygonum* spp.

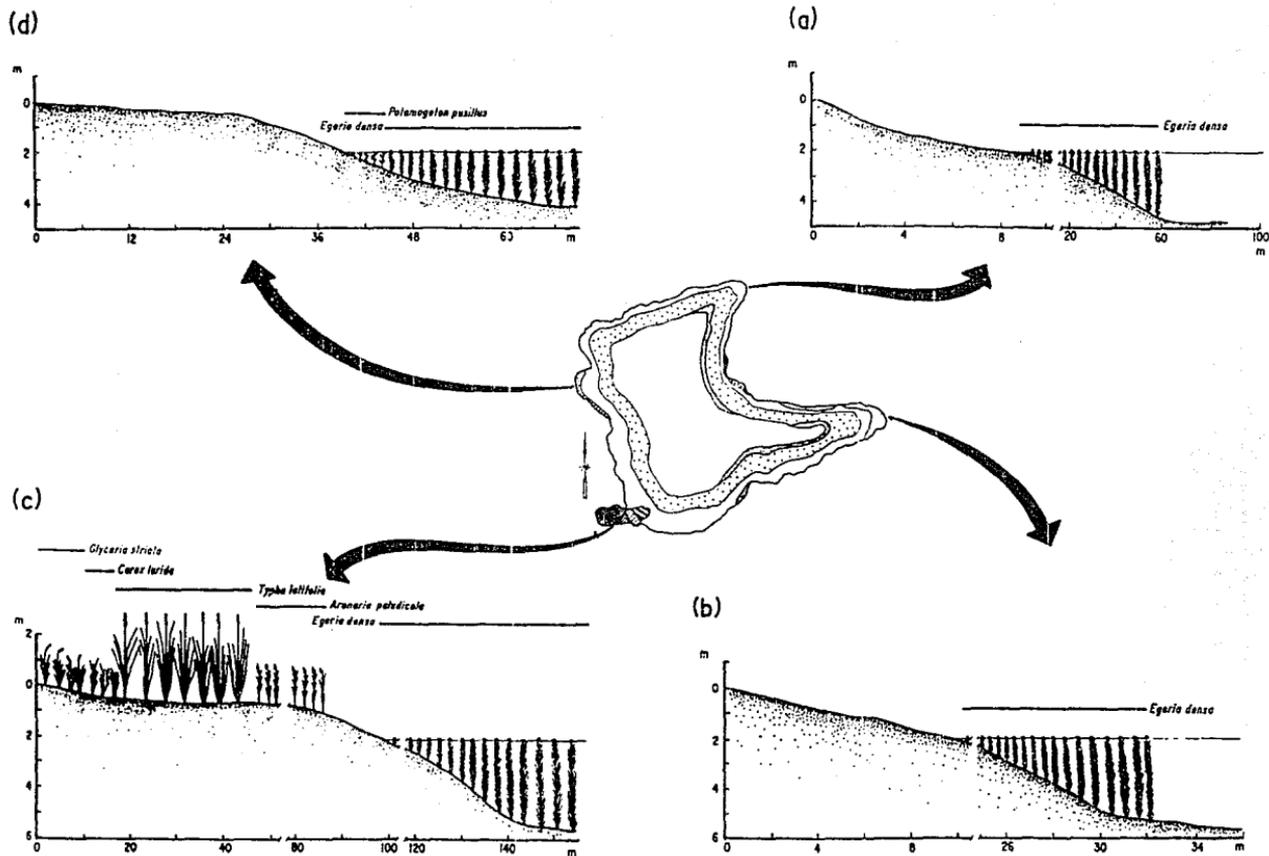


Fig. 6 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes, durante la época de estiaje en el lago Zempoala.

En la época de estiaje las dos especies de *Potamogeton* presentaron una extensión muy limitada (Fig. 6), debido a la disminución en el nivel del agua en este lago, de aproximadamente 2 m, en el cual fué dominada exclusivamente por *Egeria* en las playas norte (Fig. 6a) y este (Fig. 6b).

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

Entre las especies que forman pequeños manchones puros y mezclados en áreas someras de la parte sur del lago y en el arroyo Las Trancas, se encuentran *Lemna minor* y *Azolla mexicana*, considerando que el habitat en el cual se encuentran estas especies en forma abundante se puede definir como las partes más protegidas del viento en lugares inundables del tular y en el margen del arroyo Las Trancas. Sin embargo, *Azolla mexicana* se encontró escasamente dispersa en los bordes someros del sur del lago y en los meses de invierno se llegó a reducir su tamaño, presentando gran fragilidad en sus frondas.

7.2.2 Lago Compila

Este lago presenta características particulares debido a su forma y por los problemas de filtración del agua que tiene en la época de estiaje, por lo que la vegetación acuática esta pobremente representada (Fig. 7).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Las comunidades pertenecientes a esta forma de vida ocupan la menor superficie del cuerpo de agua (2%), desde los bordes someros del sur y suroeste hasta 40 cm de profundidad en la parte media del lago en la época de estiaje. La especie dominante de esta comunidad es *Lilaea scilloides*, y asociada a ella se encontró a *Polygonum mexicanum*, limitando hacia el centro con *Potamogeton pusillus* var. *pusillus* (Fig. 8a). En las zonas húmedas de los bordes del lago se encontraron otras hidrófitas emergentes, particularmente en la zona sur, oeste y norte, llegando a cubrir pequeñas extensiones, las cuales estuvieron escasamente representadas por *Poa annua*, *Mimulus glabratus*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Eleocharis acicularis* y *Juncus liebmannii* var. *liebmannii*.

En la playa sur del lago en donde la pendiente es más pronunciada y el sustrato rocoso, en contacto con el Lago Zempoala, este tipo de vegetación fue dominado por *Polygonum mexicanum* y asociado a él se encontró disperso *P. punctatum* var. *eciliatum* (Fig. 8b).

Las especies de esta forma de vida desaparecieron en la época de lluvias debido a que se incrementó el volumen del lago y por lo tanto no les permitio su desarrollo.

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

-  *Polygonum mexicanum*
-  *Lilaea scilloides*

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

-  *Potamogeton pusillus*

--- Nivel mínimo del agua

— Límite del lago

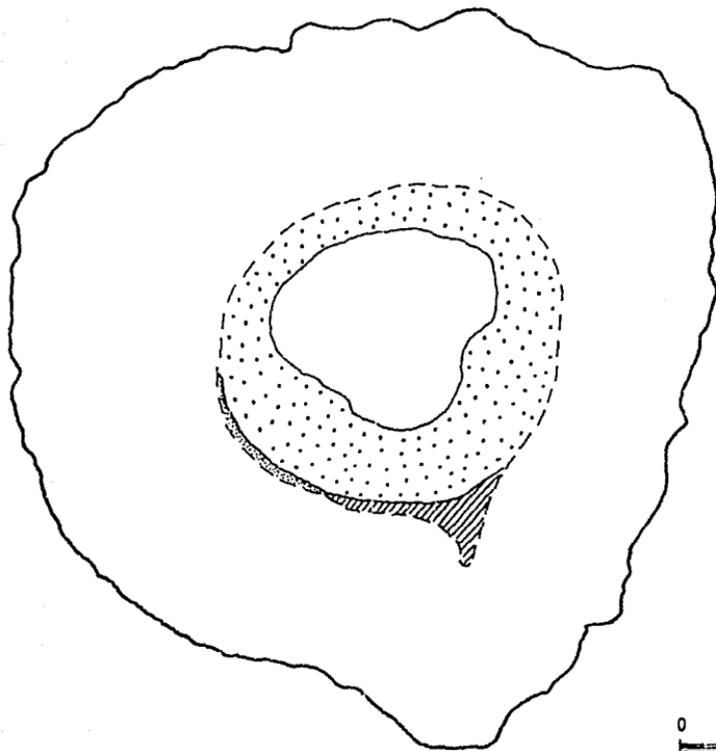


Fig. 7 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Compila.

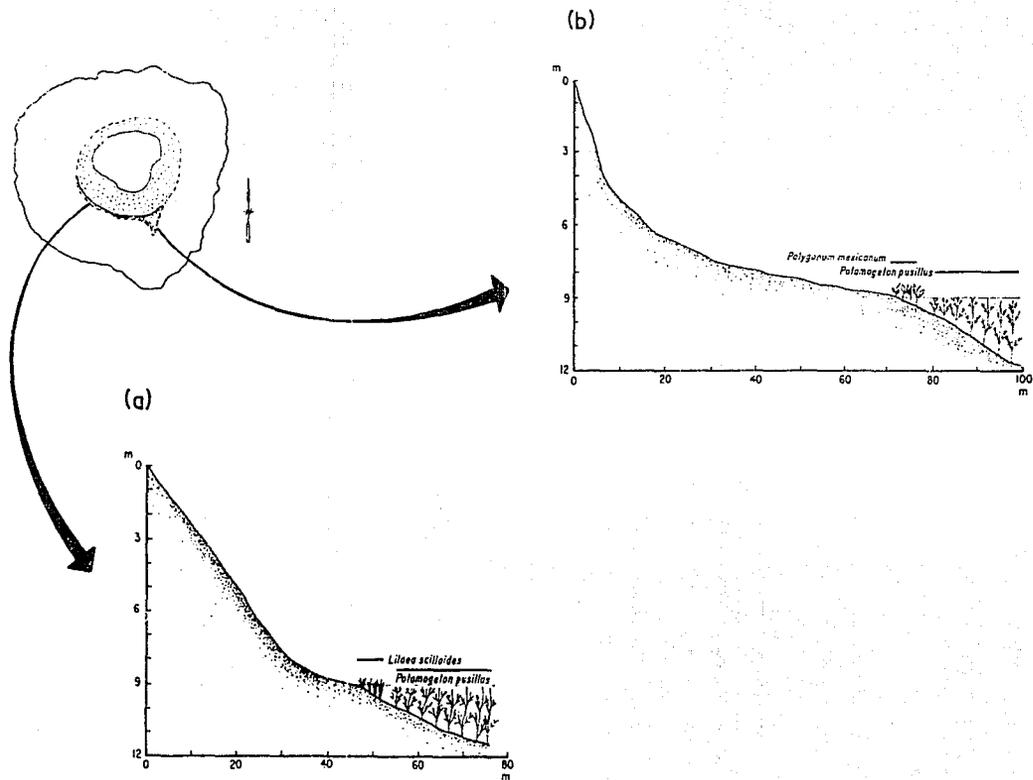


Fig. 8 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en el lago Compila.

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

Las comunidades pertenecientes a esta forma de vida, ocupan la mayor superficie del cuerpo de agua, desde los bordes someros de todo el lago hasta los 10 m de profundidad, hacia la parte media del lago. La especie dominante fue *Potamogeton pusillus* var. *pusillus*, alcanzando una profundidad máxima de 10 m, en la época de lluvias y una mínima de 1.8 m en la época de estiaje. En la playa sur se asocia a *Polygonum mexicanum* (Fig. 8b), y en la playa suroeste con *Lilaea scilloides* como representantes más comunes de las hidrófitas emergentes hacia la zona litoral, formando manchones puros (Fig. 8a).

7.2.3 Lago Tonatihua

La vegetación acuática del lago se encontró representado en mayor parte por hidrófitos sumergidos, seguidos por los hidrófitos emergentes y por último las libremente flotadoras. Este lago también presenta problemas de filtración del agua en los meses de estiaje, por lo que en algunas áreas la vegetación desaparece por completo o cambia su fisonomía (Fig. 9).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Esta forma de vida se encontró ampliamente distribuida en los bordes someros del este, sur, oeste y suroeste del lago hasta una profundidad de 2.5 m. La especie dominante de esta comunidad en la playa oeste del lago fue *Scirpus californicus*, llamado localmente "tular" y asociadas a ella se encontraron *Polygonum amphibium*, *P. punctatum* var. *ciliatum*, *Eleocharis densa*, *E. macrostachya* y *Ranunculus hydrocharoides* var. *natans*, limitando hacia la parte profunda con una asociación de *Egeria densa* y *Potamogeton illinoensis* (Fig. 10c). Sin embargo, en la época de estiaje el nivel del agua disminuye dos metros lo que ocasiona que esta comunidad quede en suelos húmedos y gran parte de las especies que ahí habitaron desaparezcan (Fig. 11c). La comunidad de *Scirpus* comunmente se encuentra mezclada con algunas otras hidrófitas emergentes o libremente flotadoras, primordialmente en la zona oeste del lago, llegando a cubrir pequeñas extensiones. Sin embargo, en los arroyos y áreas pantanosas del suroeste del lago este tipo de vegetación es dominado por *Glyceria striata*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Eriocaulon ehrenbergianum*, *Mimulus glabratus*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Cardamine flaccida*, *Lobelia cardinalis* var. *multiflora*, *Spiranthes graminea* y *Veronica americana*, y como elementos acompañantes de otra forma de vida se encontraron *Lemna minor* e *Isöetes mexicana*.

En los bordes someros de la zona sur hasta una profundidad de 30 cm se encontró dominado por *Eleocharis densa* y asociadas a ella estuvieron *Juncus arcticus* var. *andicola*, *Carex hermannii*, *C. psilocarpa*, *Polygonum punctatum* var. *ciliatum* e *Hydrocotyle verticillata* var.

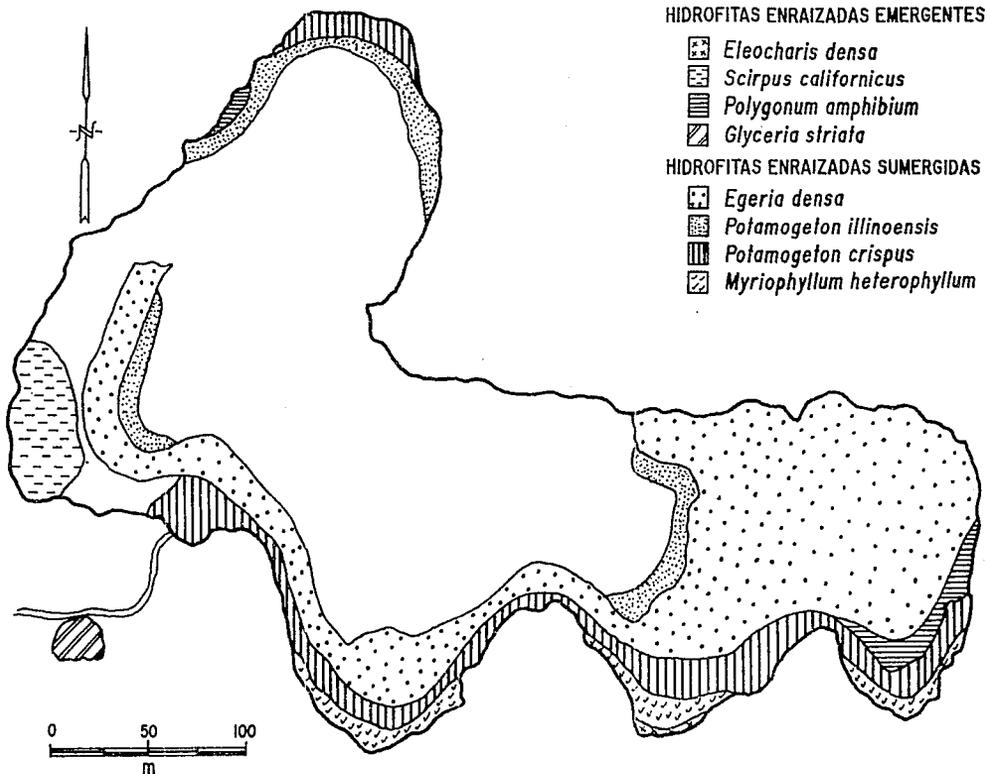


Fig. 9 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Tonatiagua.

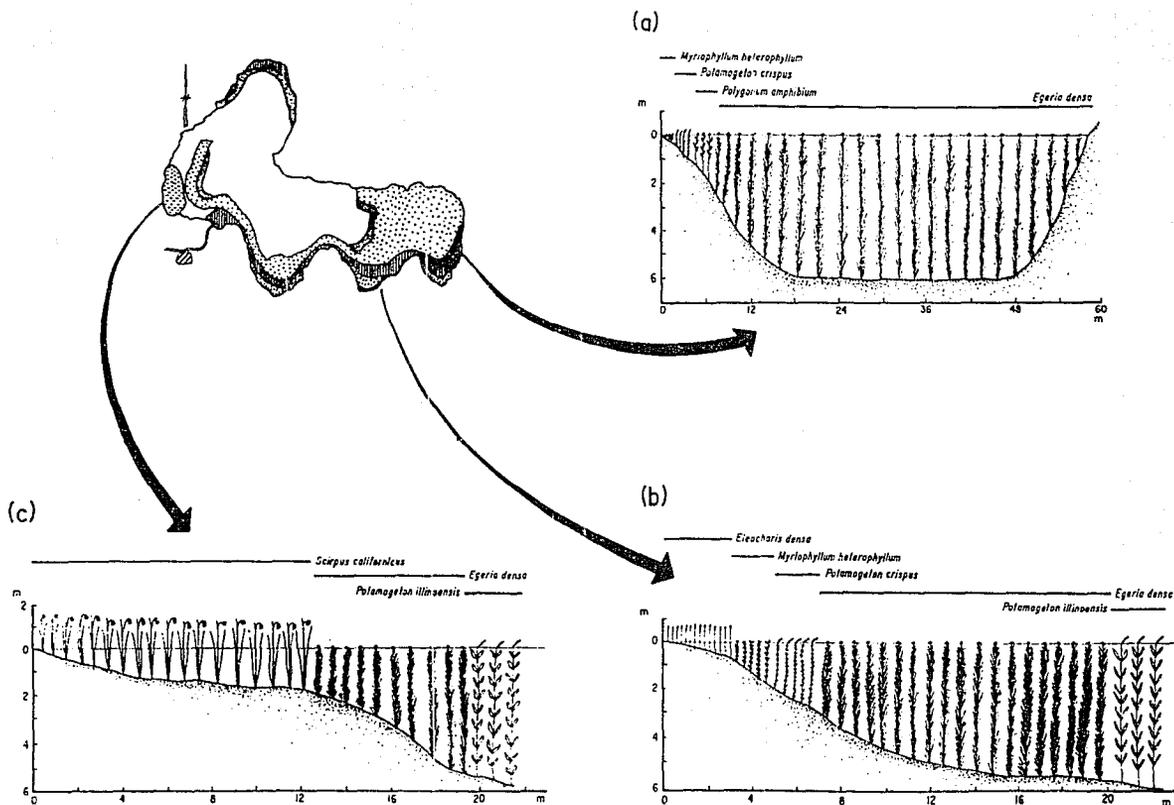


Fig. 10 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes, durante la época de lluvias en el lago Tonatiagua.

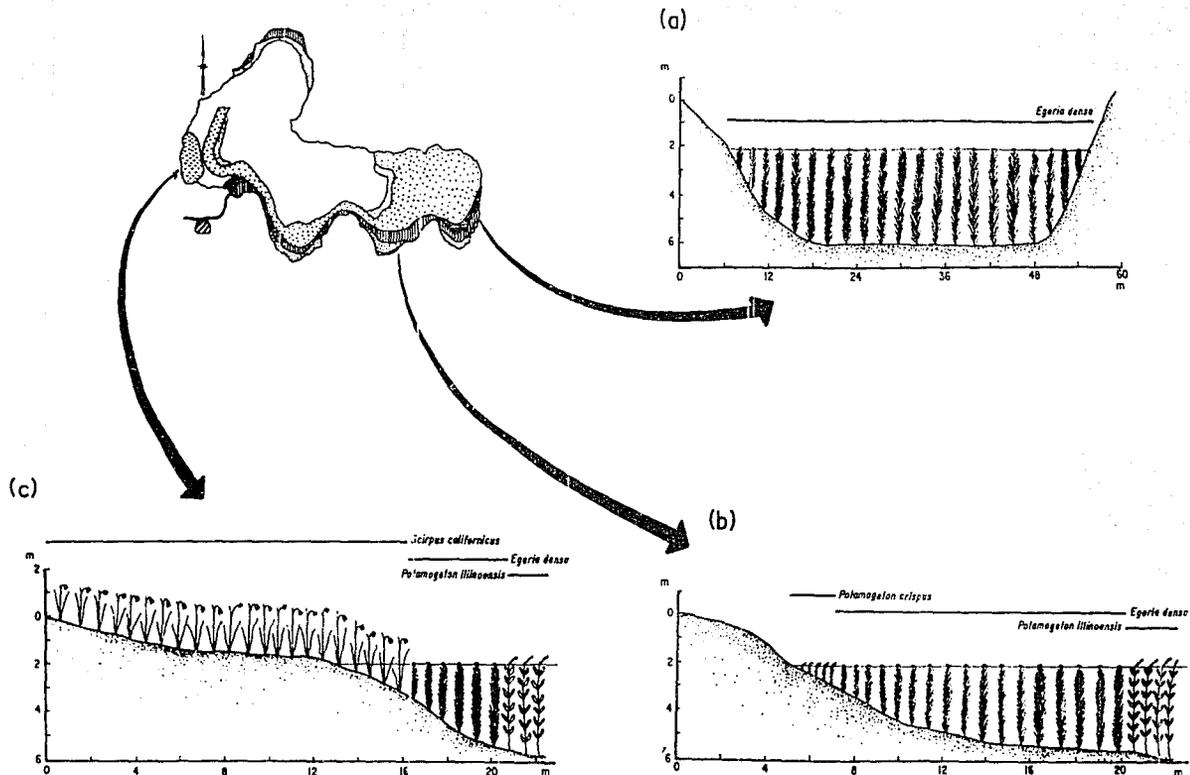


Fig. 11 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes, durante la época de estiaje en el lago Tonatiagua.

triradiata, limitando al centro del lago con hidrófitas sumergidas como *Potamogeton crispus*, *P. illinoensis* y *Egeria densa* (Fig. 10b). Sin embargo, en la época de estiaje cuando el nivel del agua disminuye, esta comunidad de hidrófitas emergentes desaparece, dominando solamente *Egeria densa* (Fig. 11b).

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

Las comunidades pertenecientes a esta forma de vida ocuparon la mayor superficie del cuerpo de agua, desde los bordes someros de todo el lago hasta los 6 m de profundidad en la parte media.

Entre las especies sumergidas más comunes en los bordes someros del lago se encontraron *Potamogeton crispus*, *P. pusillus* var. *pusillus*, *Myriophyllum heterophyllum* y *Ranunculus trichophyllus* que se encontraron escasamente dispersas, alcanzando una profundidad máxima de 1.8 m (Fig. 10a). Como especies dominantes de la asociación de zonas más profundas, destacan *Egeria densa* que cubre aproximadamente una hectárea en la playa sur hacia el centro del lago y asociada a ella se encontró a *Potamogeton illinoensis*, limitando en la zona este, oeste y sur con las comunidades de *Scirpus californicus*, *Polygonum amphibium*, *Juncus arcticus* var. *andicola*, *Carex hermannii* y *C. psilocarpa* (Fig. 10c). Sin embargo, en la playa sureste, debido a la fluctuación en el nivel del agua, *Egeria densa* es la especie exclusivamente dominante (Fig. 11a), y en la playa sur dominó *Egeria densa* y asociadas a ella se encontraron a *Potamogeton crispus* y *P. illinoensis* (Fig. 11b).

En la zona suroeste del lago, en las áreas pantanosas, se encontró a *Isöetes mexicana*, asociado con hidrófitas emergentes como *Eriocaulon ehrenbergianum*.

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

La especie dominante de esta forma de vida se encontró representada en la parte suroeste de los arroyos y el lago por *Lemna minor*, que estuvo protegida por hidrófitas emergentes, pero fue escasa.

7.2.4. Lago Acomantla

Este lago presenta características también muy particulares, debido a que está constituido por áreas pantanosas y sólo en la época de lluvias llega a tener una lámina de agua de 30 cm en la parte sur del lago y en la de estiaje se seca (Fig. 12).

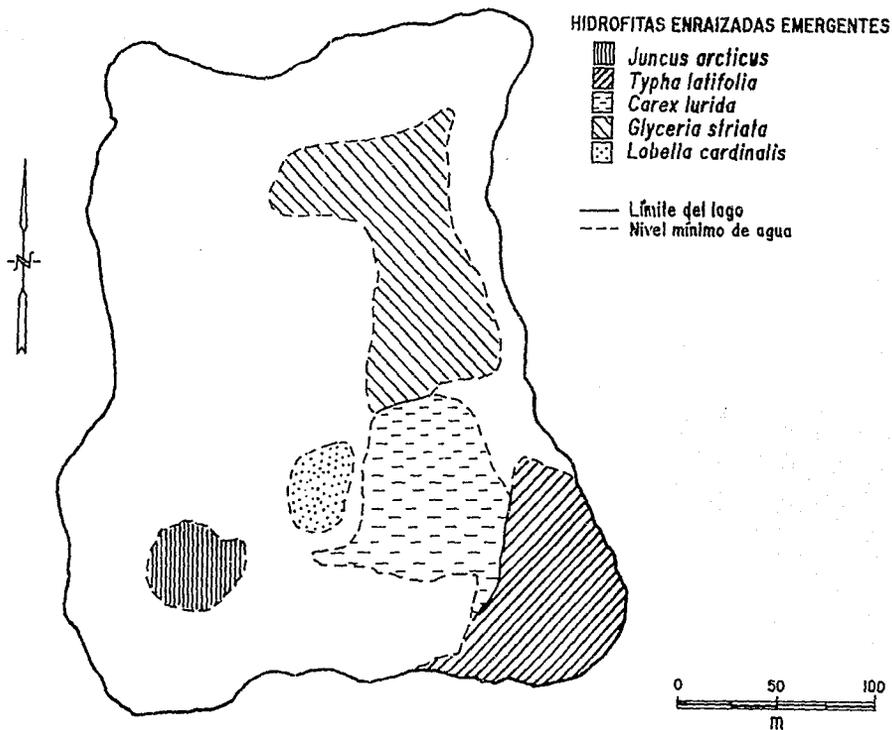


Fig. 12 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Acomantla.

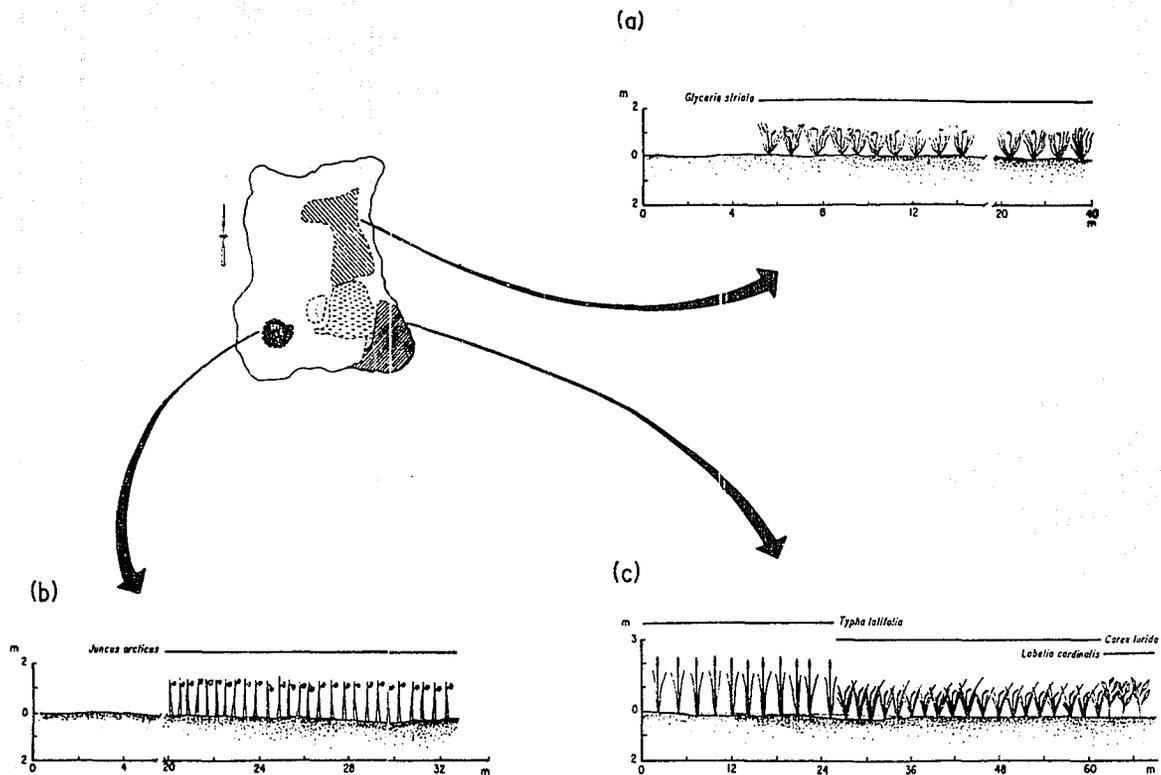


Fig. 13 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en el lago Acomantla.

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Esta forma de vida se encontró ampliamente distribuida en los pantanos del sur, suroeste, sureste, centro y norte del lago, alcanzando en la zona sureste una profundidad máxima de 30 cm en la época de lluvias.

La especie dominante de esta forma de vida, en la playa sureste, fue *Typha latifolia*, llamada localmente "tular". Asociadas a ella se encontraron *Carex lurida* y *Lobelia cardinalis* var. *multiflora* (Fig. 13c). Estas especies comúnmente estuvieron mezcladas con algunas otras hidrófitas emergentes, primordialmente en las zonas pantanosas del suroeste y norte del lago, llegando a cubrir pequeñas extensiones. En la zona suroeste, dominada por *Juncus arcticus* var. *andicola*, se encontraron asociadas a ella *Arenaria paludicola*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Cyperus niger*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Pedicularis mexicana* y *Veronica americana*, particularmente en las zonas abiertas de esta comunidad (Fig. 13b). En la playa noreste del lago, la hidrófita con mayor dominancia fue *Glyceria striata*, desde el margen hacia el centro del área pantanosa del lago (Fig. 13a). En las áreas abiertas de esta asociación se encontraron manchones pequeños y aislados de *Lobelia cardinalis* var. *multiflora*, *Spiranthes graminea* y *Carex lurida*.

7.2.5. Lago Acoyotongo

Este lago presenta condiciones de inundación en la época de lluvias, pero en la de estiaje reduce mucho su volumen, presentando características particulares que le permiten el establecimiento de escasas poblaciones dentro de las comunidades de hidrófitas (Fig. 14).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Las comunidades pertenecientes a esta forma de vida se encontraron en la zona sur y estuvieron representadas por *Rorippa nasturtium-aquaticum*, asociada a ella, estuvo *Hydrocotyle ranunculoides* hacia la parte central del lago (Fig. 15). En las áreas abiertas de la comunidad de *Rorippa* estuvieron asociadas también *Veronica americana*, *Mimulus glabratus*, *Polygonum punctatum* var. *ciliatum* y muy escasamente *Eleocharis filiculmis*. En la zona sureste del lago se presentaron individuos aislados de *Equisetum hyemale* var. *affine*, cerca de lugares rocosos.

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

Las comunidades pertenecientes a esta forma de vida ocuparon la mayor superficie del cuerpo de agua, desde los bordes someros del sur, sureste y suroeste, hasta los 2 m de profundidad en la parte media del lago.

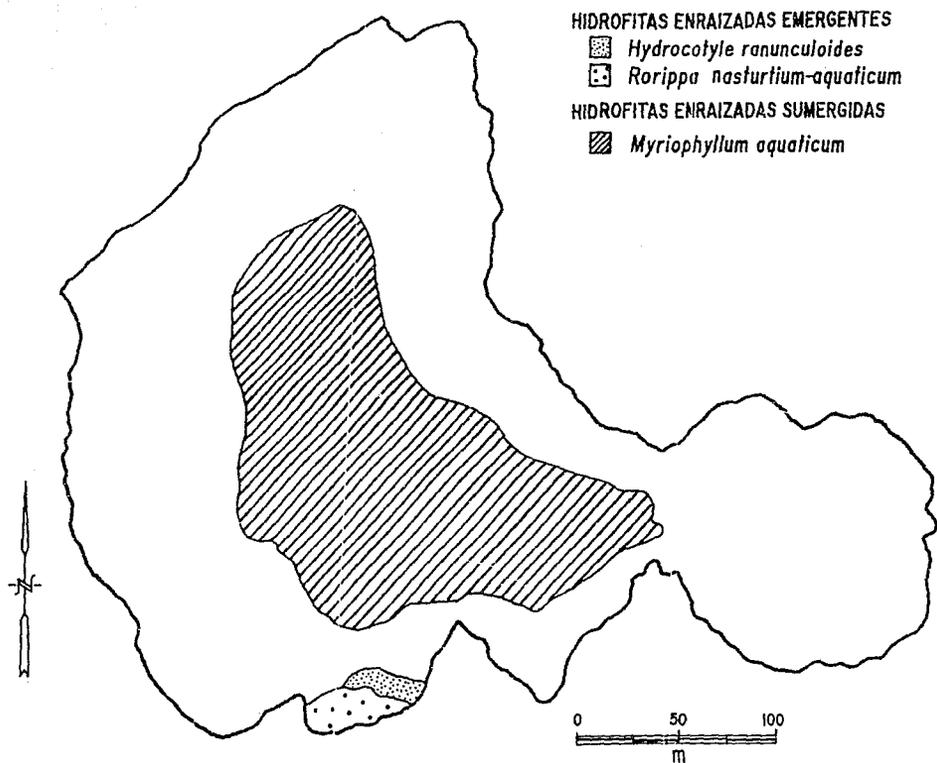


Fig. 14 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Acoyotongo.

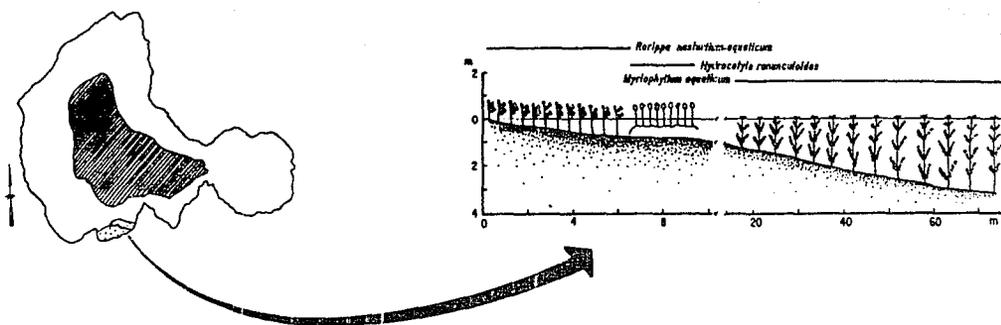


Fig. 15 Sección diagramática de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en el lago Acoyotongo.

Entre las especies más comunes en los bordes someros del lago, aunque en forma muy escasa, se encontró a *Potamogeton pusillus* var. *pusillus*, alcanzando una profundidad de 50 cm. Como especie dominante de la asociación de zonas más profundas, destacó *Myriophyllum aquaticum* que cubrió una extensión de 1.5 hectáreas desde la playa sur hacia la parte más profunda y limitó en las áreas más someras con las hidrófitas emergentes de *Hydrocotyle ranunculoides* y *Rorippa nasturtium-aquaticum* (Fig. 15).

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

Entre las especies pertenecientes a esta forma de vida y que se encontraron formando pequeños manchones puros aislados y escasos, destacó *Lemna minor*, particularmente en pequeños arroyos del sureste y sur del lago.

7.2.6 Lago Quila

Este lago presenta características particularmente de áreas pantanosas y sólo en la época de lluvias presenta agua en los arroyos, pero no aumenta su volumen (Fig. 16).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Esta forma de vida se encontró ampliamente distribuida en los bordes someros casi secos del sur y escasamente en el norte del lago, tanto en zonas pantanosas como en arroyos, hasta una profundidad de 30 cm. La especie dominante de esta comunidad, en la playa suroeste del lago, fue *Scirpus californicus*, llamada localmente "tular", y asociadas a ella estuvieron *Juncus arcticus* var. *andicola* y *Glyceria striata* hacia el centro del lago. En las partes más inundadas, hacia el margen del lago, se encontró a *Eleocharis densa*, alcanzando los 30 cm de profundidad y asociadas a ella estuvieron *E. acicularis*, *E. montevidensis*, *Polygonum punctatum* var. *ciliatum* y *Arenaria paludicola*, cubriendo el 50% del área pantanosa del lago (Fig. 17b).

Estas especies comunmente estuvieron mezcladas con algunas otras hidrófitas emergentes, sumergidas y flotantes, particularmente en las zonas más someras del sur y sureste del lago, llegando a cubrir en éstas, pequeñas extensiones. Sin embargo, en los bordes de los arroyos del norte y oeste este tipo de vegetación estuvo dominado por *Berula erecta*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Veronica americana* e *Hydrocotyle ranunculoides*.

En las zonas abiertas del tular, dominadas por *Typha latifolia*, *Juncus arcticus* var. *andicola* y *Glyceria striata*, también se llegaron a asociar *Arenaria bourgaei*, *Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Cardamine flaccida*, *Cyperus niger*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *H. verticillata* var. *triradiata*, *Lilaea scilloides*, *Lilaeopsis schaffneriana* y *Mimulus*

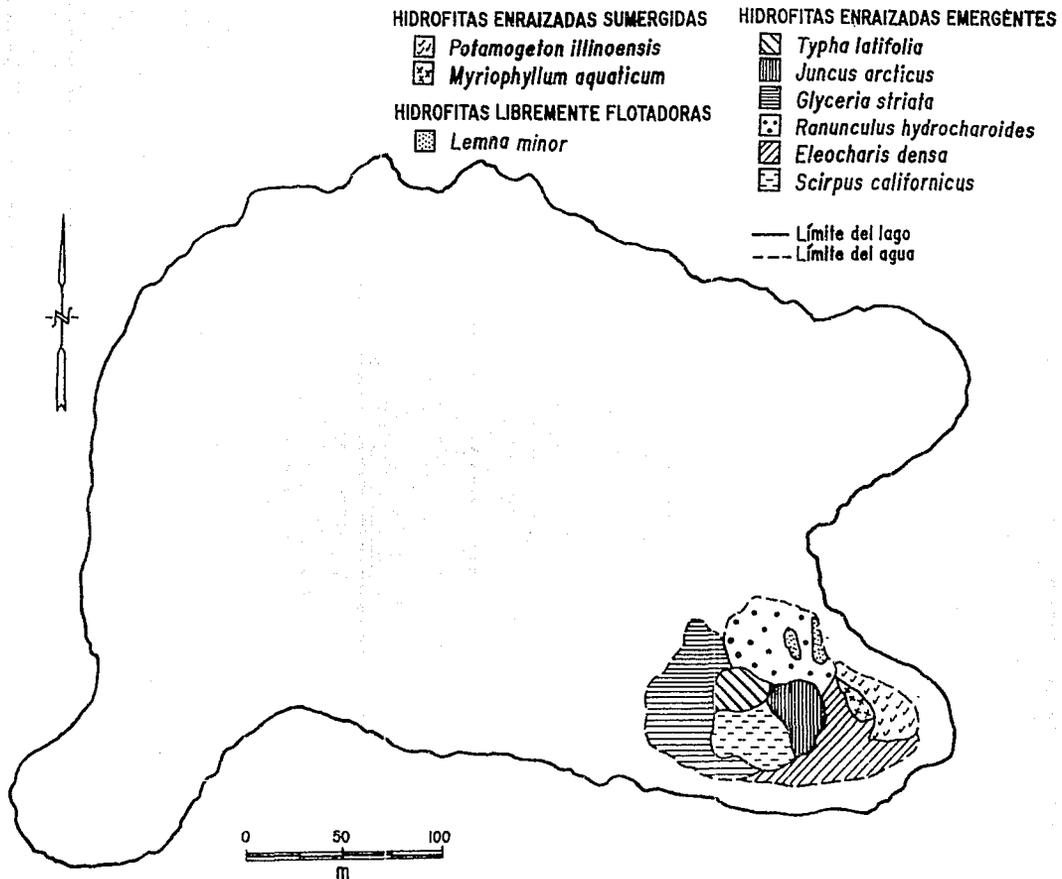


Fig. 16 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Quila.

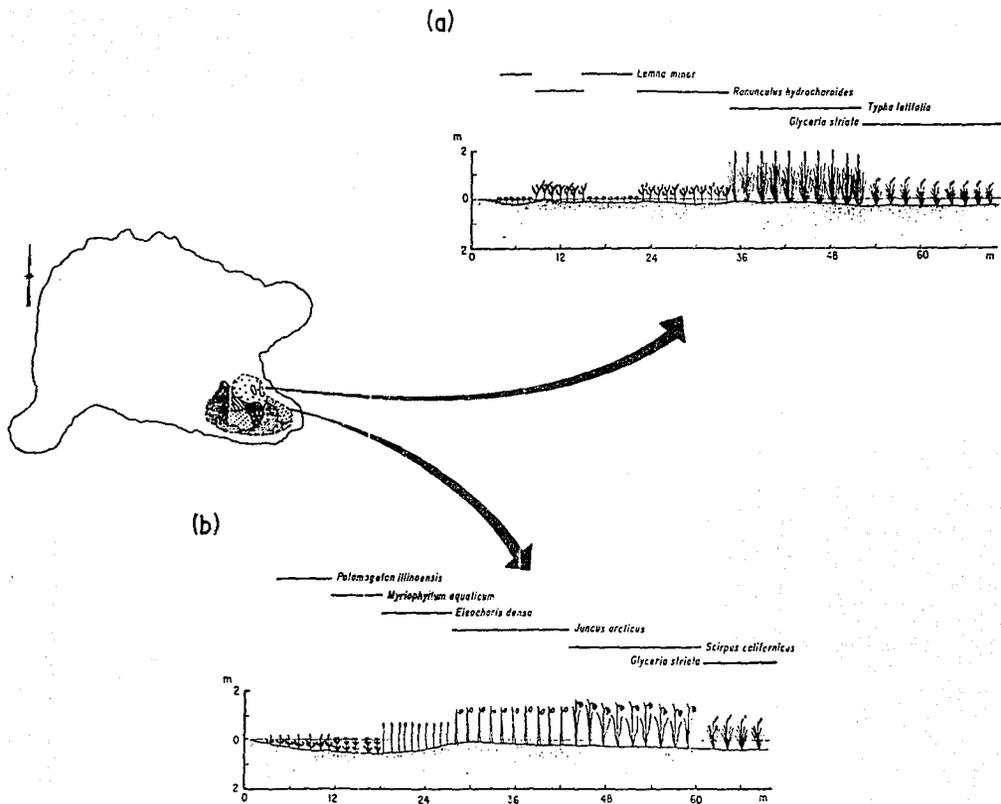


Fig. 17 Secciones diagramáticas de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en el lago Quila.

glabratus, abarcando el 40% de la zona inundable, y como elementos acompañantes de otras formas de vida, estuvieron *Lemna gibba*, *L. minor*, *Myriophyllum aquaticum*, *Potamogeton illinoensis*, *P. pusillus* var. *pusillus* e *Isôetes mexicana* (Fig. 17a).

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

Las especies pertenecientes a esta forma de vida ocuparon el segundo lugar en superficie cubierta del lago, desde los bordes someros del sur, hasta los arroyos del norte.

Entre las especies más comunes en las áreas inundadas del suroeste del lago se encontraron *Potamogeton illinoensis*, *P. pusillus* var. *pusillus*, *Myriophyllum aquaticum* y *Ranunculus trichophyllus*, alcanzando una profundidad máxima de 30 cm (Fig. 17b). *Isôetes mexicana*, se encontró en áreas pantanosas del norte, presentándose escasamente.

Esta forma de vida llegó a cubrir el 5% del área total de las zonas inundables y pantanosas, fueron escasas y en el caso de *P. illinoensis* no presentó flores ni frutos.

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

Las especies de esta forma de vida se encontraron en los arroyos de escasa corriente al oeste y noroeste del lago y en áreas pantanosas de la zona sur, donde el nivel del agua fue poco profundo, representadas por *Azolla mexicana*, *Lemna gibba* y *Lemna minor* (Fig. 17a). Estas especies formaron pequeños manchones puros o mezclados y protegidos por comunidades de hidrófitas emergentes, llegando a cubrir el 10% del área inundada.

7.2.7 Lago Hueyapan

Este lago se encuentra totalmente seco y sólo en la época de lluvias llegó a tener una lámina de agua no mayor a los 40 cm de profundidad, por lo que su vegetación fue muy escasa (Fig. 18).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Esta forma de vida se encontró escasamente distribuida en los bordes someros casi secos del norte del lago, hasta una profundidad de 20 cm en la época lluviosa. La especie dominante de esta comunidad fue *Bidens laevis* y asociadas a ella estuvieron *Polygonum punctatum* var. *eciliatum*, *Ranunculus hydrocharoides* var. *natans*, y como elementos acompañantes de hidrófitas libremente flotadoras a *Lemna gibba* (Fig. 19). Estas especies comúnmente se encontraron escasamente mezcladas con otras hidrófitas emergentes o libremente flotadoras, primordialmente

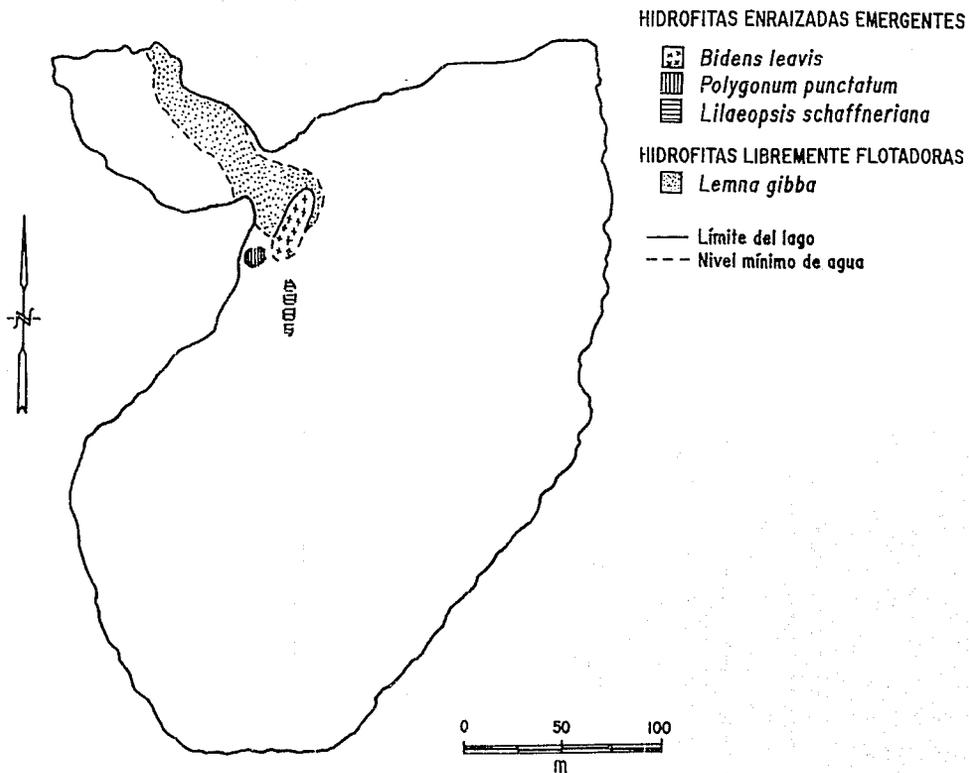


Fig. 18 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas del lago Hueyapan.

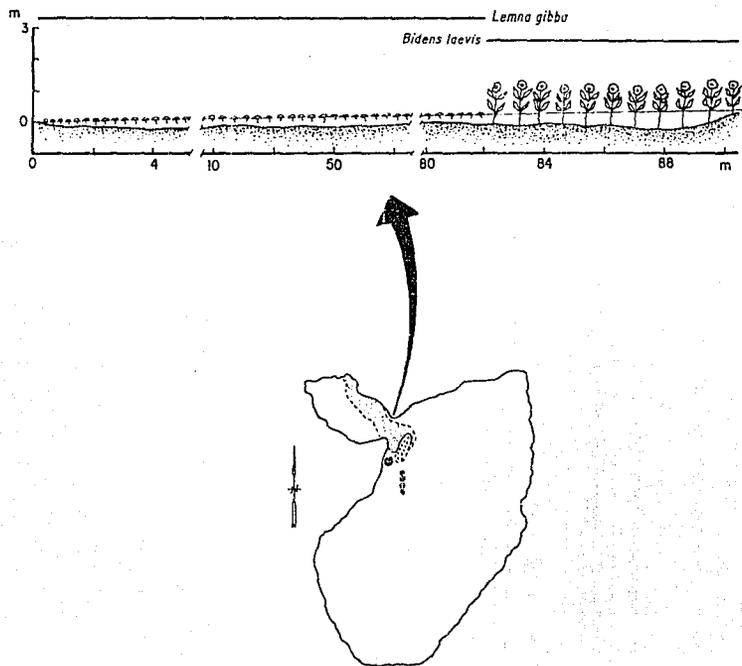


Fig. 19 Sección diagramática de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en el lago Hueyapan.

en las zonas más someras del norte del lago, llegando a cubrir pequeñas extensiones. Sin embargo, en los bordes pantanosos de esta misma zona, en donde el suelo es muy húmedo y escasamente saturado de agua, este tipo de vegetación fue dominado por *Hydrocotyle ranunculoides*, *Lilaeopsis schaffneriana* y *Arenaria paludicola*.

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

Entre las especies que formaron manchones puros y mezclados en los bordes someros del norte del lago, se encontró una comunidad de hidrófitas ampliamente representada por *Lemna gibba*, estando asociadas a ella *L. minor*, una briofita acuática *Ricciocarpus natans* y, hacia la parte central, con hidrófitas emergentes como *Bidens*, *Polygonum* y *Ranunculus* (Fig. 19).

7.2.8. Joya de Atezcapan

Este cuerpo de agua está formado por una pequeña poza de agua, construida para mantener un vivero forestal y por un pequeño ojo de agua o manantial, el cual tiene agua durante todo el año. Sin embargo, en la zona norte sólo presenta una comunidad de hidrófitas escasamente dispersas (Fig. 20).

HIDROFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES

Esta forma de vida se encontró ampliamente distribuida, principalmente en los bordes someros casi secos del norte, hasta una profundidad de 30 cm en un pequeño arroyo. La especie dominante de esta comunidad en la parte norte fue *Juncus arcticus* var. *andicola* y asociadas a ella estuvieron *Polygonum punctatum* var. *ciliatum*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Veronica americana*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* y *Lilaeopsis schaffneriana*, cubriendo aproximadamente el 70% del área pantanosa e inundada (Fig. 21). Estas especies comúnmente estuvieron mezcladas con otras hidrófitas emergentes o libremente flotadoras, primordialmente en las zonas más someras y de suelos inundados o muy húmedos, llegando a cubrir pequeñas extensiones.

En las zonas abiertas de esta comunidad, dominada por *J. arcticus* var. *andicola*, particularmente en el arroyo, se llegaron a asociar también *Arenaria paludicola*, *Cardamine flaccida*, *Glyceria striata*, *Cyperus niger*, *Eleocharis acicularis*, *E. dombeyana*, *Mimulus glabratus*, *Pedicularis mexicana*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Hydrocotyle verticillata* var. *triradiata* y *Juncus liebmannii* var. *liebmannii*, cubriendo aproximadamente el 25% del área, y como elementos acompañantes de otras formas de vida estuvieron *Isobetes mexicana* y *Lemna minor*.

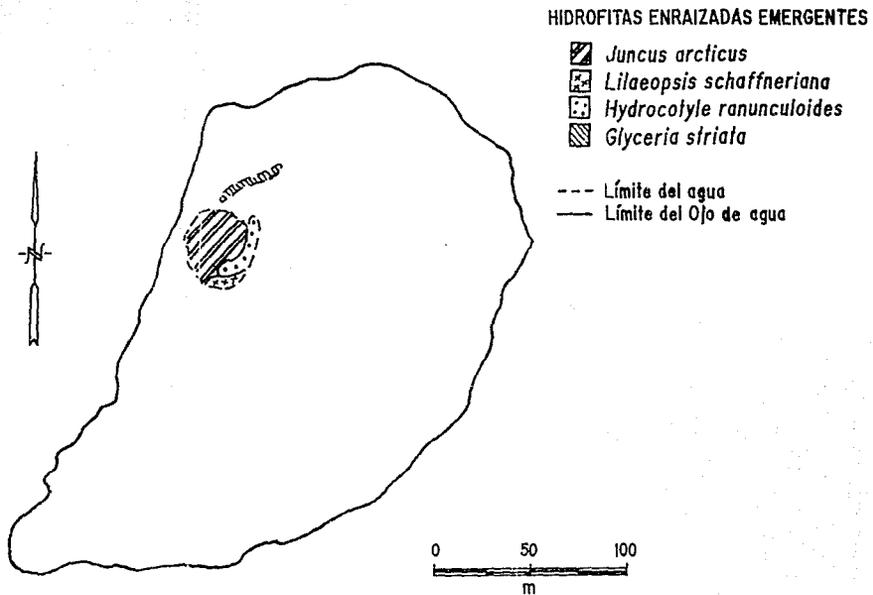


Fig. 20 Distribución de las asociaciones más importantes de plantas acuáticas de la Joya de Atezcapan.

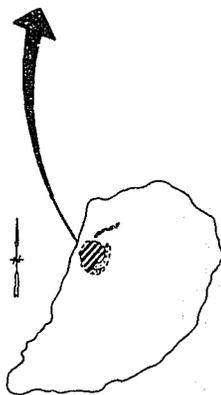
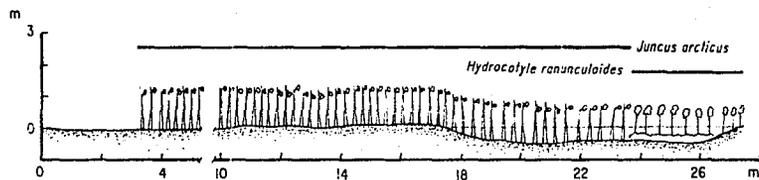


Fig. 21 Sección diagramática de la distribución de las hidrófitas más frecuentes en la Joya de Atezcapan.

HIDROFITAS ENRAIZADAS SUMERGIDAS

Esta forma de vida se encontró escasamente representada por *Isòetes mexicana*, especie que habita en el margen del arroyo y con una distribución muy escasa. Asimismo, se encontró protegida por otras formas de vida como las hidrófitas emergentes, de las cuales las mejor representadas fueron *Veronica americana* y *Cyperus niger*.

HIDROFITAS LIBREMENTE FLOTADORAS

Esta forma de vida se encontró representada por *Lemna minor*, especie que habita en el márgen del manantial y del arroyo, abarcando el 15% de éste cuerpo de agua. Estuvo protegida en el centro del manantial, por hidrófitas emergentes como *Juncus arcticus* var. *andicola*, *Lilaeopsis schaffneriana* e *Hydrocotyle ranunculoides*.

7.3 CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA

7.3.1 Nivel del agua

Los lagos Zempoala y Tonatiahua (Cuadro 8), presentaron grandes variaciones en su nivel de la columna de agua, apreciándose un máximo de 8.55 m en Tonatiahua en el mes de septiembre y un mínimo de 6.14 m en el mes de mayo (Fig. 22). Zempoala presentó un máximo de 8.20 m en el mes de octubre y un mínimo de 6.18 m en el mes de mayo (Fig. 22). Estas variaciones se presentaron muy marcadamente tanto espacial como temporalmente (Cuadro 8). Los meses comprendidos en la época de estiaje fueron de diciembre a mayo.

7.3.2 Transparencia

El lago que tuvo la mayor transparencia durante todo el año fue Tonatiahua (Cuadro 9), con un valor máximo de 3.08 m en el mes de septiembre y un mínimo de 1.53 m en el mes de marzo (Fig. 22). El lago Zempoala (Cuadro 9), presentó los valores más bajos, con un máximo de 2.49 m en el mes de mayo y el mínimo de 1.31 m en el mes de febrero (Fig. 22).

La época de mayor transparencia para ambos lagos fue del mes de mayo a septiembre y la menor del mes de octubre a abril.

CUADRO 8. Valores del nivel del agua (m), de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

MESES	LAGOS	
	ZEMPOALA	TONATIAHUA
Octubre	8.20	7.70
Noviembre	7.83	7.50
Diciembre	7.18	7.23
Enero	7.01	7.81
Febrero	7.10	6.95
Marzo	6.52	6.46
Abril	6.25	6.25
Mayo	6.18	6.14
Junio	6.65	6.66
Julio	7.73	7.17
Agosto	8.00	7.80
Septiembre	8.19	8.55
MEDIA	7.24	7.17

7.3.3 Temperatura

El lago que registró los valores más altos de temperatura durante todo el año fue Zempoala (Cuadro 10), con un valor máximo de 21 °C en el mes de junio y un mínimo de 9.2 °C en el mes de marzo (Fig. 23). El Lago Tonatiahua (Cuadro 10), registró los valores más bajos, siendo el máximo de 20 °C en los meses de julio y septiembre y el mínimo de 10.17 °C en el mes de diciembre (Fig. 23).

El patrón de variación de este parámetro durante todo el año fue alto, considerándose que los meses de mayo a septiembre se registraron los valores más altos y los mínimos en los meses de diciembre a marzo para ambos lagos.

7.3.4 Conductividad eléctrica

El lago que registró los valores de conductividad eléctrica más altos durante todo el año fue Tonatiahua (Cuadro 11), con un máximo de 155.83 micromohs/cm en el mes de mayo y un mínimo de 100.33 micromohs/cm en el mes de septiembre (Fig. 23). Zempoala (Cuadro 11), presentó los valores más bajos, con un máximo en el mes de mayo de 91 micromohs/cm y un mínimo en el mes de agosto de 66.33 micromohs/cm (Fig. 23).

Esto indica que el lago con mayor cantidad de sales ionizables fue Tonatiagua, siendo que los valores más altos se registraron después de la época lluviosa, de septiembre a abril.

CUADRO 9. Valores de transparencia (m) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiagua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	3.68	2.78	2.50	2.60	0.70	0.86	2.19	1.07
Noviembre	3.52	3.12	2.10	1.57	0.41	0.72	1.91	1.15
Diciembre	1.81	3.34	2.86	2.76	1.10	1.57	2.24	0.80
Enero	3.21	1.42	2.36	1.37	1.50	2.91	2.13	0.74
Febrero	1.85	1.89	1.40	1.13	0.30	1.29	1.31	0.53
Marzo	1.99	1.98	1.47	1.17	0.35	1.48	1.41	0.56
Abril	1.97	1.66	2.16	2.17	1.78	2.22	1.99	0.21
Mayo	2.61	2.14	2.68	2.79	2.50	2.23	2.49	0.23
Junio	2.70	2.20	1.89	2.80	1.76	1.76	2.19	0.43
Julio	2.32	2.51	1.83	2.62	1.20	1.30	1.96	0.56
Agosto	2.41	2.25	2.34	2.26	2.41	2.31	2.33	0.06
Septiembre	3.50	3.15	2.83	2.63	0.91	0.77	2.30	1.07
MEDIA	2.64	2.37	2.20	2.16	1.24	1.62		
D. S.	0.66	0.59	0.47	0.63	0.73	0.66		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	1.02	1.84	1.93	0.77	2.61	1.98	1.69	0.62
Noviembre	1.85	1.91	1.93	1.66	1.78	1.52	1.78	0.14
Diciembre	1.83	2.11	2.36	1.83	2.42	1.62	2.03	0.29
Enero	2.10	1.80	1.34	0.61	1.81	2.20	1.64	0.54
Febrero	1.36	1.38	2.20	2.08	1.15	2.20	1.73	0.44
Marzo	2.08	1.92	2.00	0.80	0.38	2.00	1.53	0.68
Abril	1.50	2.10	0.65	1.52	1.49	2.52	1.63	0.68
Mayo	1.85	1.00	1.80	1.77	1.11	3.00	1.76	0.65
Junio	2.74	2.00	1.61	2.62	1.71	2.77	2.24	0.48
Julio	3.20	2.73	3.19	1.60	2.81	2.70	2.71	0.53
Agosto	3.10	2.95	3.15	1.90	2.60	3.40	3.85	0.49
Septiembre	3.00	3.25	3.17	2.12	2.67	4.25	3.08	0.65
MEDIA	2.14	2.08	2.11	1.61	1.88	2.51		
D. S.	0.69	0.61	0.74	0.58	0.73	0.75		

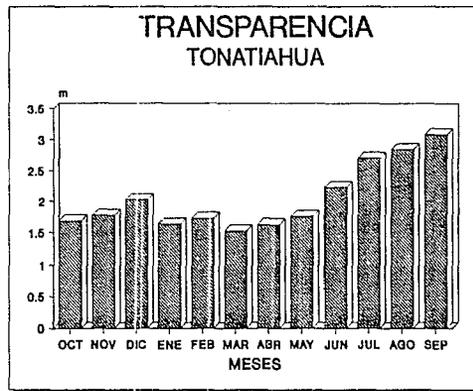
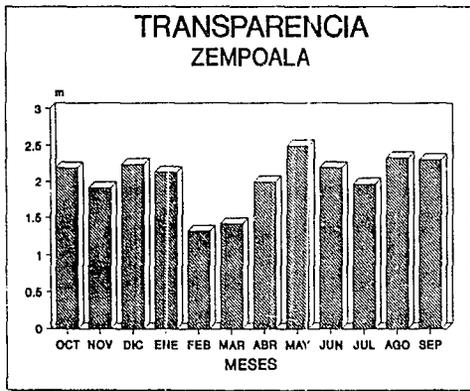
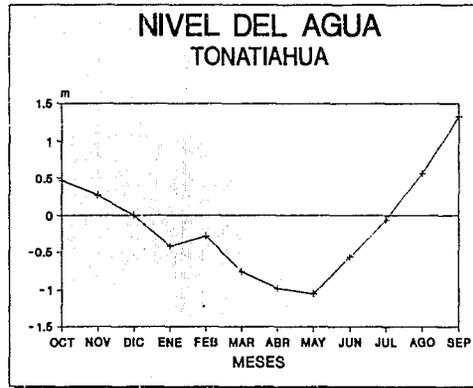
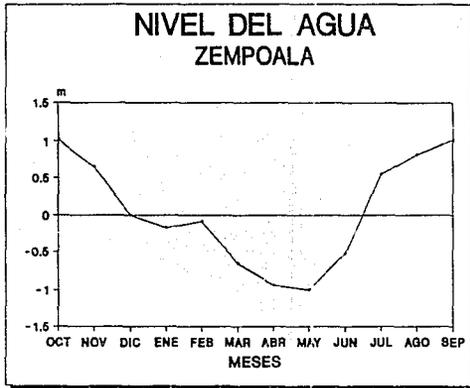


Fig. 22 Variación anual del nivel y la transparencia del agua en los lagos Zempoala y Tontiahua.

CUADRO 10. Valores de temperatura (°C) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	15	18	20	12	12	20	16.17	3.39
Noviembre	13	15	14	12	13	15	13.67	1.11
Diciembre	12	13	13	12	14	13	12.83	0.69
Enero	11	10	11	10	12	12	11.00	0.82
Febrero	13	13	13	13	13	13	13.00	0.00
Marzo	10	10	9	9	8	9	9.17	0.69
Abril	18	16	10	17	16	16	15.50	2.57
Mayo	18	21	18	17	20	20	19.00	1.41
Junio	21	20	20	20	22	20	20.50	0.76
Julio	17	20	17	17	20	19	18.33	1.37
Agosto	20	20	20	19	20	20	19.83	0.37
Septiembre	21	20	20	20	21	20	20.33	0.47
MEDIA	15.75	16.33	15.42	14.83	15.92	16.42		
D. S.	3.57	3.91	3.98	3.57	4.25	3.78		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	20	19	19	18	19	19	18.83	0.49
Noviembre	16	15	16	15	15	15	15.33	0.40
Diciembre	10	13	8	10	10	10	10.17	1.60
Enero	10	10	10	11	12	11	10.67	0.75
Febrero	13	13	12	12	10	9	11.50	1.47
Marzo	16	18	18	18	10	10	15.00	3.92
Abril	19	18	17	11	17	17	16.50	2.53
Mayo	19	18	19	18	19	18	18.50	0.49
Junio	19	18	18	19	17	19	18.33	0.75
Julio	20	20	20	20	20	20	20.00	0.00
Agosto	19	20	20	19	20	20	19.67	0.40
Septiembre	20	20	20	20	20	20	20.00	0.00
MEDIA	16.75	16.83	16.42	15.92	15.67	15.67		
D. S.	3.63	3.16	3.97	3.71	3.94	4.25		

CUADRO 11. Valores de conductividad eléctrica (micromhos/cm) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	81	77	74	77	53	77	73.17	9.25
Noviembre	78	78	75	77	61	72	73.50	5.97
Diciembre	81	77	81	80	81	79	79.83	1.46
Enero	87	83	83	84	82	85	84.00	1.63
Febrero	87	77	76	84	64	104	82.00	12.23
Marzo	85	85	90	87	85	86	86.33	1.80
Abril	89	88	86	92	92	89	89.33	2.13
Mayo	92	91	88	92	90	93	91.00	1.63
Junio	82	83	85	85	82	83	83.33	1.25
Julio	76	71	75	76	76	77	75.17	1.95
Agosto	66	71	69	69	61	62	66.33	3.73
Septiembre	76	76	77	76	75	80	76.67	1.60
MEDIA	81.67	79.75	79.92	81.58	75.17	82.25		
D. S.	6.79	6.03	6.24	6.68	12.06	10.17		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	121	125	124	168	124	125	131.17	16.55
Noviembre	138	140	136	135	128	128	134.17	4.63
Diciembre	148	146	140	157	133	148	145.33	7.43
Enero	146	146	147	154	143	152	148.00	3.79
Febrero	148	150	149	150	153	152	150.33	1.70
Marzo	150	149	144	146	147	148	147.33	1.97
Abril	152	155	151	156	154	156	154.00	1.91
Mayo	154	158	157	156	154	156	155.83	1.46
Junio	150	149	150	143	138	147	146.17	4.37
Julio	118	118	116	111	114	116	115.50	2.43
Agosto	110	110	108	99	104	108	106.50	3.91
Septiembre	94	93	103	110	101	101	100.33	5.71
MEDIA	135.75	136.58	135.42	140.42	132.75	136.42		
D. S.	19.04	19.50	17.43	21.16	18.11	18.96		

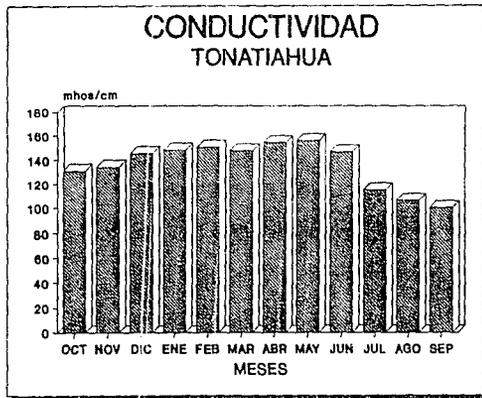
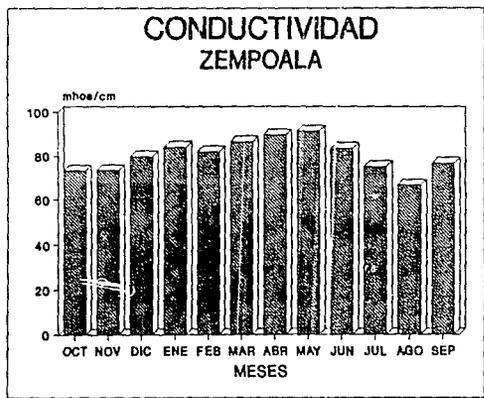
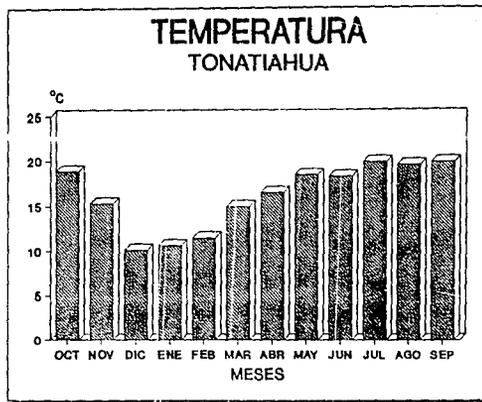
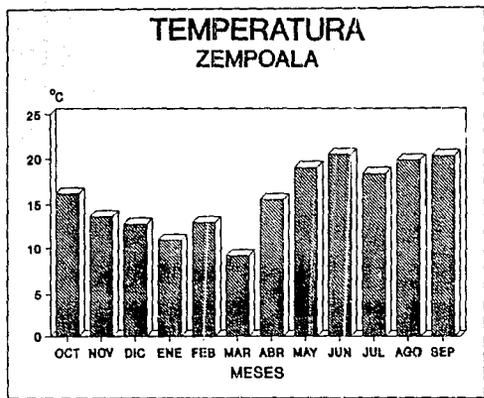


Fig. 23 Variación anual de la temperatura y la conductividad eléctrica del agua en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

7.4 CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA

7.4.1 Concentración de pH

El agua de estos lagos tuvo un pH ligeramente ácido (5.4) a ligeramente alcalino (8.4), que vario a lo largo del año. El lago que registró los valores de pH más altos durante todo el año fue Zempoala (Cuadro 12), con un valor máximo de 8.4 en el mes de junio y un mínimo de 5.4 en el mes de abril en la estación cinco, respectivamente, registrando la media promedio más alta en el mes de septiembre de 8.13 y una mínima en el mes de abril de 5.67 (Fig. 24). Tonatiahua (Cuadro 12), presentó los valores más bajos de pH, siendo el máximo de 8.3 en el mes de septiembre y el mínimo de 5.6 en el mes de diciembre, en las estaciones tres y cinco, respectivamente. Los valores promedio anual más altos de este parámetro, se presentaron en el mes de septiembre con 7.97 y el mínimo de 5.87 en el mes de diciembre (Fig. 24).

7.4.2 Composición iónica

El análisis de la composición iónica del agua de los lagos, señala que son lagos diluidos o dulces debido a que tuvieron bajas concentraciones de sales. Ambos lagos presentaron altas concentraciones de iones bicarbonato y magnesio como dominantes. Sin embargo, no llegaron a presentar concentraciones elevadas durante todo el año. El ión carbonato no se presentó en ninguno de los lagos.

7.4.2.1 Sodio

La concentración del catión sodio fue muy baja en los dos lagos, pero fue el catión dominante en cuanto a su concentración. El lago Tonatiahua (Cuadro 13), tuvo la mayor concentración del ión durante todo el año, con un valor máximo de 0.80 mEq/l en el mes de abril y un mínimo de 0.26 mEq/l en el mes de agosto (Fig. 25). Zempoala (Cuadro 13) tuvo la menor concentración de sodio durante el año, con un valor máximo de 0.74 mEq/l en el mes de abril y un mínimo de 0.25 mEq/l en el mes de septiembre (Fig. 25).

La mayor concentración de este ión se presentó en el lago Tonatiahua en los meses de diciembre a mayo y en el lago Zempoala en los meses de febrero a mayo.

7.4.2.2 Potasio

El potasio, el último catión en importancia en el agua de los lagos, presentó la concentración más alta durante todo el año en ambos lagos (Cuadro 14). La concentración máxima registrada de 0.05 mEq/l fue en los meses de enero y junio en Zempoala y mayo en Tonatiahua, con valores mínimos de 0.03 mEq/l en los meses de marzo, abril, mayo, agosto y

septiembre, del lago Zempoala, y en los meses de octubre, noviembre, febrero, marzo, abril, y junio a septiembre del lago Tonatiagua (Fig. 25).

La mayor concentración registrada fue en el lago Zempoala durante los meses de enero y junio, y en el lago Tonatiagua en el mes de mayo.

CUADRO 12. Valores de pH del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiagua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	7.2	8.0	7.4	7.5	7.5	7.2	7.47	0.27
Noviembre	6.0	6.4	6.3	6.5	6.3	6.3	6.30	0.15
Diciembre	5.8	6.3	6.2	6.2	6.6	6.2	6.22	0.23
Enero	5.8	6.0	6.1	5.5	5.8	5.8	5.83	0.19
Febrero	6.3	5.9	6.3	5.9	5.9	5.9	6.03	0.19
Marzo	5.8	6.1	6.1	6.1	5.8	5.9	5.97	0.14
Abril	5.9	5.6	5.8	5.6	5.4	5.7	5.67	0.16
Mayo	7.3	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3	7.33	0.05
Junio	8.3	8.0	7.9	7.9	8.4	8.0	8.08	0.20
Julio	6.7	7.2	6.7	6.7	7.3	7.3	6.98	0.29
Agosto	7.4	7.7	7.7	7.5	7.6	7.4	7.55	0.13
Septiembre	8.2	8.0	8.1	8.2	8.2	8.1	8.13	0.07
MEDIA	6.73	6.88	6.83	6.74	6.84	6.76		
D. S.	0.90	0.88	0.78	0.88	0.97	0.85		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	6.4	6.4	6.6	6.5	6.5	6.4	6.47	2.27
Noviembre	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.3	6.35	2.04
Diciembre	6.0	5.7	6.0	5.8	5.6	6.1	5.87	1.81
Enero	6.0	6.2	5.8	6.3	6.3	6.3	6.15	1.66
Febrero	6.8	7.2	7.1	7.2	6.8	7.5	7.10	1.64
Marzo	7.1	7.3	6.9	6.9	6.9	7.0	7.02	1.58
Abril	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.30	0.00
Mayo	7.3	7.4	7.1	7.3	7.3	7.4	7.30	1.26
Junio	6.8	7.3	6.9	7.3	6.6	6.9	6.97	0.52
Julio	6.8	6.7	6.4	6.2	6.5	6.9	6.58	0.50
Agosto	7.2	7.1	7.6	6.9	6.9	7.4	7.18	0.52
Septiembre	8.0	8.0	8.3	7.4	8.2	7.9	7.97	0.29
MEDIA	6.83	6.91	6.87	6.79	6.78	6.95		
D. S.	0.57	0.62	0.66	0.51	0.62	0.55		

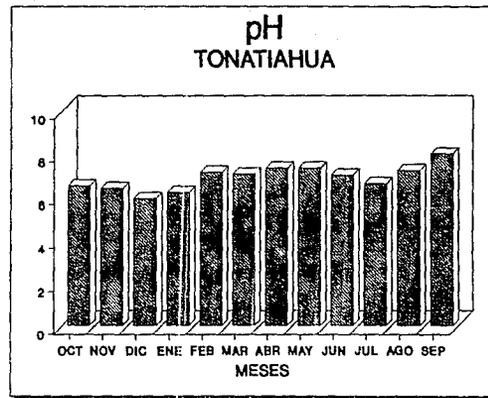
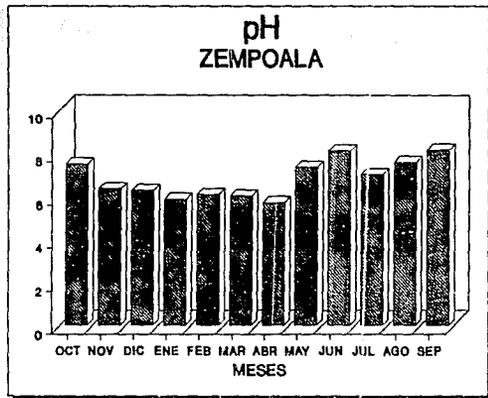


Fig. 24 Variación anual del pH del agua en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

CUADRO 13. Valores de sodio (mEq/l) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiagua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.43	0.43	0.43	0.40	0.42	0.43	0.42	0.01
Noviembre	0.42	0.43	0.47	0.52	0.43	0.52	0.47	0.04
Diciembre	0.55	0.56	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.01
Enero	0.44	0.56	0.50	0.50	0.54	0.46	0.50	0.04
Febrero	0.66	0.53	0.61	0.56	0.66	0.67	0.62	0.05
Marzo	0.70	0.76	0.77	0.70	0.71	0.74	0.73	0.03
Abril	0.71	0.76	0.77	0.69	0.76	0.76	0.74	0.03
Mayo	0.77	0.68	0.73	0.58	0.69	0.59	0.67	0.07
Junio	0.30	0.33	0.29	0.31	0.29	0.31	0.30	0.01
Julio	0.27	0.25	0.25	0.25	0.26	0.28	0.26	0.01
Agosto	0.27	0.24	0.27	0.29	0.26	0.26	0.26	0.01
Septiembre	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00
MEDIA	0.48	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48		
D. S.	0.18	0.18	0.19	0.16	0.18	0.18		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.41	0.40	0.40	0.40	0.43	0.40	0.41	0.01
Noviembre	0.51	0.52	0.54	0.52	0.49	0.54	0.52	0.02
Diciembre	0.57	0.59	0.62	0.68	0.65	0.63	0.62	0.04
Enero	0.63	0.64	0.66	0.69	0.66	0.65	0.65	0.02
Febrero	0.67	0.68	0.72	0.70	0.81	0.79	0.73	0.05
Marzo	0.76	0.78	0.75	0.77	0.83	0.81	0.79	0.03
Abril	0.78	0.79	0.79	0.81	0.79	0.82	0.80	0.01
Mayo	0.70	0.74	0.70	0.73	0.71	0.72	0.72	0.02
Junio	0.35	0.38	0.34	0.32	0.32	0.36	0.34	0.02
Julio	0.28	0.28	0.30	0.27	0.28	0.30	0.29	0.01
Agosto	0.26	0.27	0.27	0.26	0.25	0.24	0.26	0.01
Septiembre	0.27	0.25	0.27	0.27	0.30	0.27	0.27	0.01
MEDIA	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54		
D. S.	0.19	0.20	0.19	0.21	0.21	0.21		

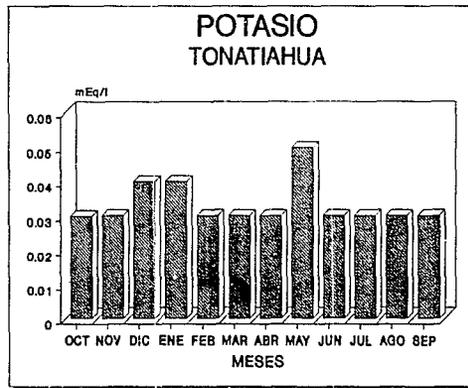
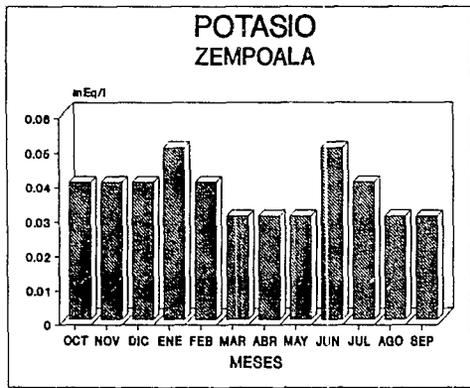
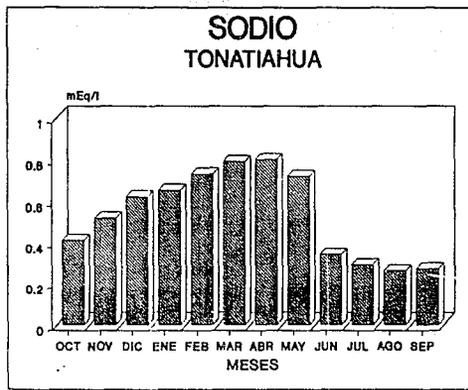
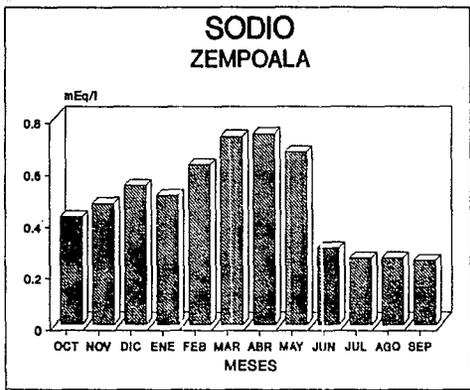


Fig. 25 Variación anual del sodio y potasio del agua en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

7.4.2.3 Calcio

El calcio, tercer catión en importancia en el agua de los lagos, presentó la concentración más alta en el lago Tonatiahua (Cuadro 15), en el mes de junio con un valor máximo de 0.27 mEq/l y el mínimo en el mes de octubre con 0.03 mEq/l (Fig. 26). El lago Zempoala (Cuadro 15), presentó los valores más bajos, siendo el máximo de 0.16 mEq/l en los meses de junio, julio y agosto, y el mínimo de 0.02 mEq/l en el mes de octubre (Fig. 26).

El patrón de variación estacional, registró una época de mayor concentración en los meses de junio a septiembre en Zempoala y de diciembre a septiembre en Tonatiahua.

7.4.2.4 Magnesio

Este es el principal catión dominante en los lagos. Su concentración es baja, pero mayor que los demás cationes. El lago Tonatiahua (Cuadro 16), tuvo la mayor concentración de magnesio durante todo el año, con un valor máximo de 1.64 mEq/l en el mes de junio y un mínimo de 0.02 mEq/l en el mes de octubre (Fig. 26). Zempoala (Cuadro 16) registró la menor concentración durante todo el año, con un valor máximo de 1.50 mEq/l en el mes de junio y un valor mínimo de 0.01 mEq/l en los meses de marzo, abril y mayo (Fig. 26).

El patrón de variación estacional registró que la época de mayor concentración de este catión, en los dos lagos, fue durante los meses de junio a septiembre y la menor de octubre a mayo.

7.4.2.5 Bicarbonatos

Dentro de los aniones más importantes, por su concentración durante todo el año, fue el bicarbonato, siendo relativamente alto en ambos lagos, pero aún más en Tonatiahua. El lago Tonatiahua (Cuadro 17) registró la máxima concentración de 4.01 mEq/l en el mes de abril y la mínima de 2.13 mEq/l en el mes de agosto (Fig. 27). La menor concentración de este anión se tuvo en el lago Zempoala (Cuadro 17), con una máxima de 1.87 mEq/l en el mes de noviembre y la mínima de 0.85 mEq/l en el mes de febrero (Fig. 27).

La variación estacional de este anión fluctuó durante todo el año. Sin embargo, la mayor concentración en los lagos se presentó de febrero a abril en Tonatiahua y de julio a noviembre en Zempoala.

7.4.2.6 Carbonatos

El anión carbonato se presentó a concentraciones de 0 mEq/l para ambos lagos durante todo el año.

CUADRO 15. Valores de calcio (mEq/l) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.02	0.01	0.06	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
Noviembre	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01
Diciembre	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.09	0.01
Enero	0.09	0.10	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09	0.01
Febrero	0.08	0.07	0.06	0.08	0.06	0.08	0.07	0.01
Marzo	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.01
Abril	0.08	0.08	0.06	0.09	0.08	0.08	0.08	0.01
Mayo	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.00
Junio	0.71	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17	0.16	0.00
Julio	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16	0.16	0.16	0.01
Agosto	0.17	0.15	0.16	0.15	0.17	0.17	0.16	0.01
Septiembre	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.01
MEDIA	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10		
D. S.	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00
Noviembre	0.03	0.04	0.07	0.03	0.05	0.08	0.05	0.02
Diciembre	0.17	0.17	0.15	0.19	0.19	0.16	0.17	0.01
Enero	0.18	0.18	0.16	0.18	0.17	0.17	0.17	0.01
Febrero	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.00
Marzo	0.16	0.17	0.15	0.15	0.18	0.15	0.16	0.01
Abril	0.16	0.16	0.18	0.19	0.19	0.18	0.17	0.01
Mayo	0.17	0.19	0.17	0.19	0.17	0.18	0.18	0.01
Junio	0.28	0.26	0.27	0.26	0.26	0.28	0.27	0.01
Julio	0.24	0.25	0.24	0.22	0.24	0.23	0.24	0.01
Agosto	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.20	0.21	0.01
Septiembre	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.01
MEDIA	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17		
D. S.	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06		

CUADRO 16. Valores de magnesio (mEq/l) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.01
Noviembre	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	0.05	0.01
Diciembre	0.32	0.40	0.35	0.33	0.33	0.43	0.36	0.04
Enero	0.40	0.40	0.35	0.39	0.39	0.35	0.38	0.02
Febrero	0.38	0.33	0.37	0.38	0.40	0.38	0.37	0.02
Marzo	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Abril	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
Mayo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Junio	1.45	1.49	1.55	1.55	1.46	1.53	1.50	0.04
Julio	1.28	1.31	1.34	1.34	1.30	1.36	1.32	0.03
Agosto	1.04	1.19	1.28	1.28	1.03	1.10	1.15	0.10
Septiembre	1.13	1.19	1.13	1.13	1.19	1.29	1.17	0.06
MEDIA	0.51	0.53	0.54	0.54	0.52	0.55		
D. S.	0.53	0.56	0.58	0.58	0.54	0.57		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
Noviembre	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.01
Diciembre	0.50	0.51	0.51	0.54	0.53	0.51	0.51	0.01
Enero	0.33	0.36	0.34	0.47	0.39	0.48	0.40	0.06
Febrero	0.38	0.40	0.40	0.39	0.40	0.38	0.39	0.01
Marzo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
Abril	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.00
Mayo	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00
Junio	1.65	1.60	1.65	1.70	1.55	1.70	1.64	0.05
Julio	1.45	1.45	1.50	1.35	1.40	1.40	1.43	0.05
Agosto	1.25	1.25	1.25	1.20	1.30	1.25	1.25	0.03
Septiembre	1.25	1.25	1.25	1.20	1.25	1.25	1.26	0.02
MEDIA	0.58	0.59	0.59	0.60	0.59	0.60		
D. S.	0.60	0.59	0.61	0.59	0.58	0.60		

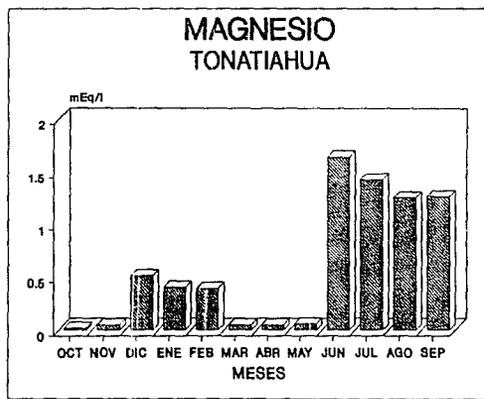
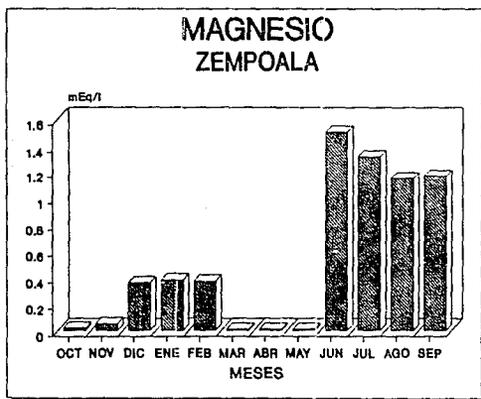
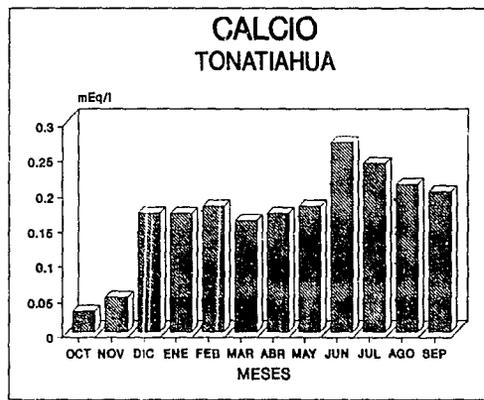
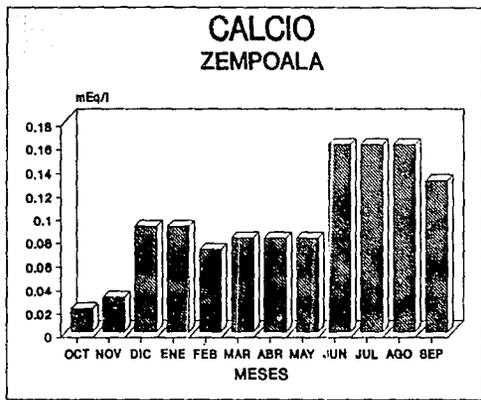


Fig. 26 Variación anual del calcio y magnesio del agua en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

CUADRO 17. Valores de bicarbonatos (mEq/l) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	1.86	1.74	1.86	1.80	2.04	1.86	1.86	0.60
Noviembre	1.86	1.74	1.86	1.98	1.80	1.98	1.87	0.62
Diciembre	1.92	1.86	1.74	1.80	1.80	1.80	1.82	0.58
Enero	1.80	1.86	1.68	1.86	1.80	1.80	1.80	0.58
Febrero	0.00	1.50	1.50	0.00	0.48	1.62	0.85	0.48
Marzo	0.00	1.62	1.50	2.10	1.86	1.80	1.48	0.54
Abril	0.00	0.00	2.10	2.28	0.00	1.86	1.04	0.54
Mayo	1.62	2.10	0.90	1.14	2.10	2.22	1.68	0.65
Junio	0.90	1.68	0.96	1.26	1.74	0.60	1.19	0.35
Julio	1.92	1.56	1.62	1.44	1.62	1.26	1.57	0.47
Agosto	1.80	1.50	1.50	1.56	1.62	1.62	1.60	0.52
Septiembre	2.16	1.92	1.68	1.74	1.80	1.68	1.83	0.56
MEDIA	1.32	1.59	1.58	1.58	1.56	1.68		
D. S.	0.81	0.51	0.33	0.57	0.61	0.39		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	2.88	2.76	3.06	2.88	2.82	2.82	2.87	0.09
Noviembre	2.82	3.06	3.12	2.94	3.00	3.00	2.99	0.09
Diciembre	2.70	2.64	3.00	2.70	3.00	2.52	2.76	0.18
Enero	2.70	2.64	3.00	2.70	3.00	2.52	2.76	0.18
Febrero	3.66	3.60	3.66	3.60	3.66	3.60	3.63	0.03
Marzo	3.72	3.78	3.66	3.78	3.78	3.72	3.74	0.04
Abril	4.26	3.84	3.90	4.20	3.90	3.96	4.01	0.16
Mayo	3.18	2.94	2.52	2.88	3.00	2.64	2.86	0.22
Junio	3.60	3.36	3.42	3.24	3.54	3.42	3.43	0.12
Julio	2.58	2.70	2.64	2.40	2.58	2.64	2.59	0.09
Agosto	2.22	2.16	2.10	1.86	2.16	2.28	2.13	0.13
Septiembre	2.46	2.22	2.34	2.40	2.10	2.40	2.32	0.12
MEDIA	3.07	2.98	3.04	2.97	*3.05	2.96		
D. S.	0.59	0.54	0.54	0.62	0.57	0.55		

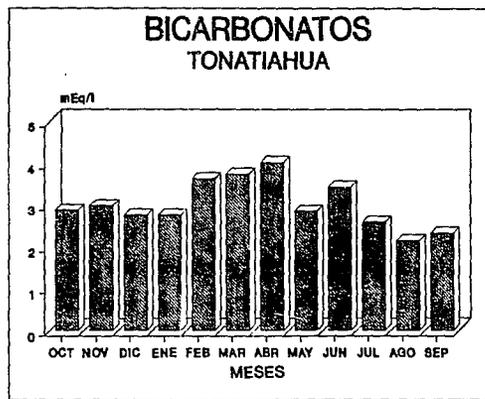
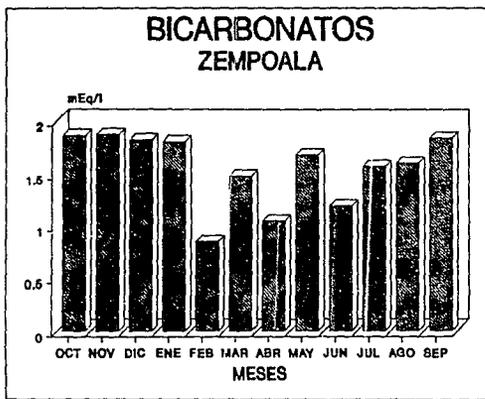


Fig. 27 Variación anual del bicarbonato del agua en los lagos Zempoala y Tontiahua.

7.4.2.7 Cloruros

Fué el segundo anión en importancia por su concentración en los lagos durante todo el año. El lago Zempoala (Cuadro 18), presentó la máxima concentración de 0.49 mEq/l en el mes de junio y la mínima de 0.22 mEq/l en el mes de noviembre (Fig. 28). El lago Tonatiahua (Cuadro 18) tuvo la menor concentración de este anión, con un máximo de 0.44 mEq/l en el mes de junio y un mínimo de 0.19 mEq/l en el mes de octubre (Fig. 28).

El patrón de variación del anión cloruro se presentó con mayor concentración durante los meses de febrero a octubre y la menor durante los meses de noviembre a enero, para ambos lagos.

7.4.2.8 Sulfatos

El tercer anión en importancia por su concentración en los lagos fue el sulfato, registrándose la concentración más alta durante todo el año en el lago Tonatiahua (Cuadro 19), con un máximo de 0.15 mEq/l en el mes de noviembre y el mínimo de 0.07 mEq/l en el mes de septiembre (Fig. 28). El lago Zempoala (Cuadro 19) tuvo los valores más bajos, con un máximo de 0.09 mEq/l en el mes de diciembre y un mínimo de 0.01 mEq/l en los meses de mayo y junio (Fig. 28).

El patrón de variación en la concentración del anión sulfato se presentó con altas concentraciones en los meses de octubre a enero, en el lago Zempoala y de octubre a febrero en Tonatiahua.

7.4.2.9 Fósforo total

El fósforo presentó su mayor concentración en el lago Zempoala (Cuadro 20) en el mes de mayo, con un máximo de 1398.33 $\mu\text{g/l}$ y el mínimo de 60.0 $\mu\text{g/l}$ en el mes de septiembre (Fig. 29). El lago Tonatiahua (Cuadro 20) presentó los valores más bajos de fósforo, siendo su máximo de 1176.67 $\mu\text{g/l}$ en el mes de mayo y el mínimo de 40.0 $\mu\text{g/l}$ en el mes de septiembre (Fig. 29).

El patrón de variación en la concentración de fósforo total se presentó en altas concentraciones de marzo a mayo en Zempoala y de noviembre a diciembre y mayo en Tonatiahua.

7.4.2.10 Nitrógeno total

El nitrógeno presentó su mayor concentración en el lago Tonatiahua (Cuadro 21), en el mes de marzo, con un máximo de 1396.67 $\mu\text{g/l}$ y un mínimo de 155.0 $\mu\text{g/l}$ en el mes de abril (Fig. 29). El lago Zempoala (Cuadro 21), registró los valores más bajos, teniendo el máximo de 1328.33 $\mu\text{g/l}$ en el mes de agosto y un mínimo de 138.33 $\mu\text{g/l}$ en el mes de abril (Fig. 29).

El patrón de variación en la concentración de nitrógeno total se presentó en altas concentraciones de junio a octubre y febrero a marzo en Zempoala y de febrero a marzo y de junio a agosto en Tonatiahua.

CUADRO 18. Valores de cloruros (mEq/l) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Noviembre	0.33	0.16	0.16	0.16	0.16	0.33	0.22	0.08
Diciembre	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25	0.25	0.27	0.04
Enero	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Febrero	0.33	0.33	0.33	0.33	0.49	0.33	0.36	0.06
Marzo	0.49	0.33	0.33	0.49	0.49	0.33	0.41	0.08
Abril	0.33	0.33	0.33	0.49	0.33	0.33	0.36	0.06
Mayo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Junio	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
Julio	0.49	0.49	0.33	0.33	0.33	0.33	0.38	0.08
Agosto	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Septiembre	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
MEDIA	0.37	0.34	0.32	0.35	0.35	0.33		
D. S.	0.07	0.08	0.07	0.10	0.10	0.05		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.16	0.16	0.16	0.16	0.33	0.16	0.19	0.06
Noviembre	0.16	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.30	0.06
Diciembre	0.25	0.25	0.16	0.33	0.33	0.16	0.25	0.07
Enero	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Febrero	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00
Marzo	0.33	0.33	0.49	0.49	0.33	0.33	0.38	0.08
Abril	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Mayo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Junio	0.49	0.49	0.49	0.33	0.33	0.49	0.44	0.08
Julio	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Agosto	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
Septiembre	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
MEDIA	0.30	0.31	0.32	0.32	0.32	0.31		
D.S.	0.08	0.07	0.10	0.07	0.02	0.08		

CUADRO 19. Valores de sulfatos (mEq/l) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.09	0.06	0.09	0.07	0.06	0.07	0.08	0.01
Noviembre	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.01
Diciembre	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.01
Enero	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.01
Febrero	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.07	0.04	0.01
Marzo	0.00	0.04	0.03	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01
Abril	0.03	0.02	0.02	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01
Mayo	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Junio	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00
Julio	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01
Agosto	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.01
Septiembre	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.00
MEDIA	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04		
D. S.	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	0.13	0.14	0.13	0.15	0.14	0.13	0.14	0.01
Noviembre	0.15	0.15	0.16	0.14	0.14	0.15	0.15	0.01
Diciembre	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.00
Enero	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.15	0.14	0.01
Febrero	0.14	0.13	0.15	0.14	0.13	0.15	0.14	0.01
Marzo	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.01
Abril	0.11	0.11	0.13	0.10	0.10	0.11	0.11	0.01
Mayo	0.09	0.08	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.01
Junio	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.00
Julio	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.01
Agosto	0.07	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.00
Septiembre	0.07	0.06	0.08	0.08	0.06	0.08	0.07	0.01
MEDIA	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12		
D. S.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02		

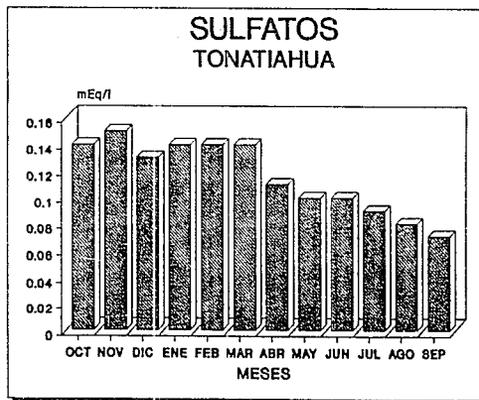
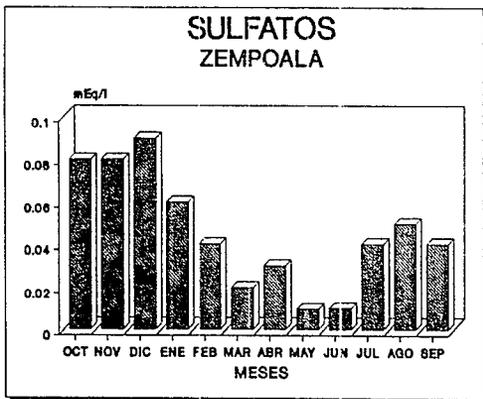
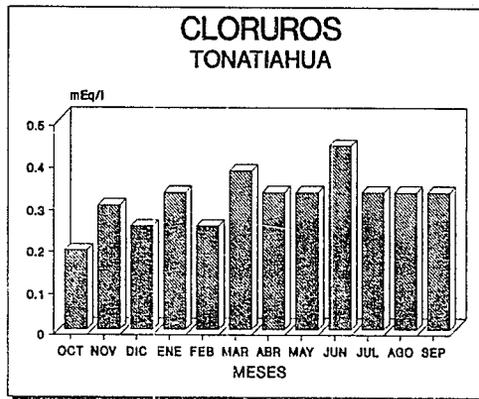
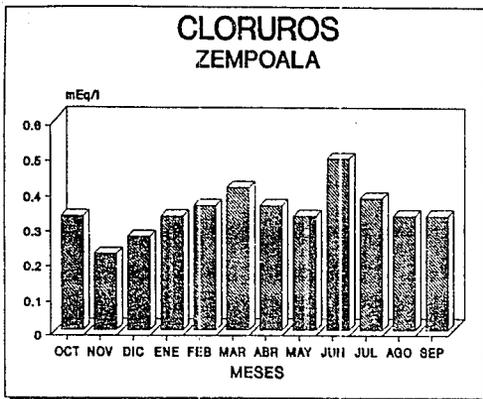


Fig. 28 Variación anual del cloruro y sulfato del agua en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

CUADRO 20. Valores de fósforo ($\mu\text{g/l}$) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	71	150	200	220	10	80	121.67	74.70
Noviembre	80	360	30	140	110	340	176.67	127.10
Diciembre	110	210	30	140	110	340	156.67	97.58
Enero	160	140	280	750	340	190	310.00	208.65
Febrero	000	20	000	190	290	370	145.00	147.96
Marzo	300	180	210	260	190	210	225.00	41.93
Abril	170	130	110	210	160	390	195.00	92.69
Mayo	1390	1180	1350	1610	1400	1460	1398.33	128.25
Junio	40	30	40	20	180	60	61.67	54.29
Julio	50	20	60	1040	10	220	233.33	367.41
Agosto	50	110	130	30	100	20	73.33	41.90
Septiembre	50	120	80	30	50	30	60.00	31.62
MEDIA	205.83	220.83	210.00	386.67	245.83	309.17		
D. S.	365.23	302.83	353.34	472.55	361.19	370.21		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	40	20	200	40	50	90	73.33	60.46
Noviembre	250	150	850	290	240	260	340.00	232.09
Diciembre	860	450	370	170	140	140	355.00	255.26
Enero	190	330	150	250	170	190	213.33	60.46
Febrero	220	270	140	270	190	190	213.33	46.43
Marzo	270	210	120	280	210	180	211.67	53.98
Abril	60	250	130	510	60	300	218.33	158.47
Mayo	1020	1040	1030	1500	1390	1080	1176.67	193.28
Junio	250	60	60	90	60	80	100.00	68.07
Julio	10	330	150	220	470	110	215.00	150.31
Agosto	90	120	10	10	40	800	178.33	280.92
Septiembre	20	000	10	20	10	40	16.67	12.47
MEDIA	273.33	269.17	268.33	304.17	252.50	288.33		
D. S.	313.54	266.60	315.70	385.71	363.50	305.34		

CUADRO 21. Valores de nitrógeno ($\mu\text{g/l}$) del agua, de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	1130	1050	970	2110	1260	1100	1270.00	385.70
Noviembre	1090	930	1230	1220	620	770	976.67	226.69
Diciembre	370	880	510	880	1020	1010	778.33	248.83
Enero	840	690	690	760	1040	540	760.00	154.38
Febrero	760	630	1460	1060	1750	1140	1133.33	384.09
Marzo	1160	1150	1220	1420	1000	1070	1170.00	131.91
Abril	230	80	70	60	200	190	138.33	69.62
Mayo	130	110	250	240	230	220	196.67	55.28
Junio	1320	1310	1010	1880	1140	980	1273.33	301.31
Julio	1160	1250	1150	1910	1280	990	1290.00	292.29
Agosto	1210	1150	1230	1790	1580	1010	1328.33	268.73
Septiembre	1180	1090	1130	1820	1330	1060	1268.33	261.50
MEDIA	881.67	860.00	910.00	1262.5	1037.5	840.00		
D. S.	399.68	394.74	415.59	649.73	459.69	324.11		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	1030	1250	800	940	940	960	986.67	136.10
Noviembre	610	760	760	600	1190	890	801.67	199.78
Diciembre	1300	1150	860	420	990	770	915.00	282.30
Enero	680	810	670	740	660	870	738.33	78.19
Febrero	490	1320	900	1310	1580	1580	1196.67	389.30
Marzo	1060	1260	1520	1790	1780	970	1396.67	324.28
Abril	180	170	160	150	140	130	155.00	17.08
Mayo	60	50	50	180	1050	1040	405.00	454.78
Junio	1890	1600	1310	1170	1210	1180	1393.33	266.25
Julio	1670	1710	1420	1200	1220	1190	1401.67	218.28
Agosto	1510	1380	1230	1120	1090	1070	1233.33	162.34
Septiembre	1220	1310	90	980	990	990	930.00	396.61
MEDIA	975.00	1064.2	814.17	883.33	1070.0	970.00		
D. S.	555.81	499.61	487.66	465.75	396.25	321.71		

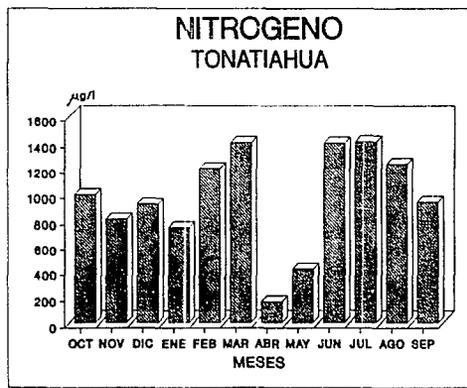
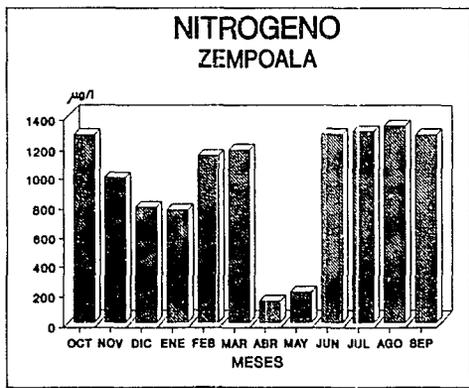
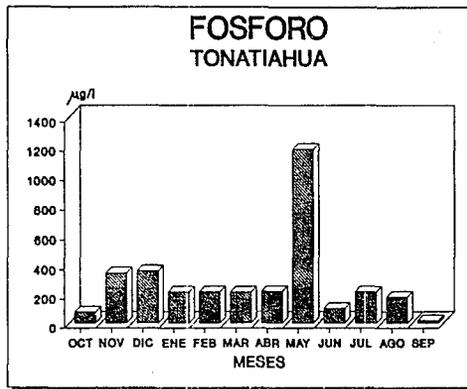
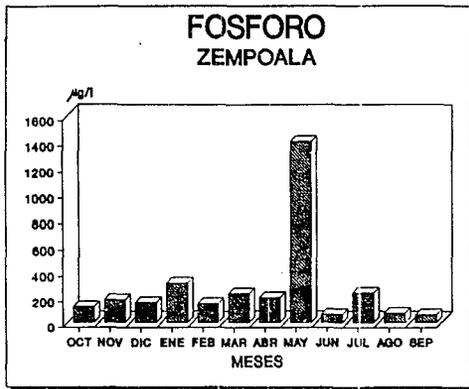


Fig. 29 Variación anual del fosforo y nitrógeno total del agua en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

7.5 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL SEDIMENTO

7.5.1 Textura

Los sedimentos de los lagos se pueden clasificar como sedimentos arcillosos. Sin embargo, dentro de esta clasificación hubo variaciones estacionales en los porcentajes de arena y limo en algunos sedimentos. El porcentaje de arenas también fue alto en casi todos los sedimentos y el limo fue el más bajo, durante la mayor parte del año (Cuadros 22 y 23).

El porcentaje de arena durante todo el año se presentó con altos valores en la mayoría de los sedimentos de los lagos, pero más alto en Tonatiahua, con un máximo de 93.4% en el mes de abril y un mínimo de 36.4% en el mes de febrero. Los valores más bajos de arenas se presentaron en Zempoala, con un máximo de 77.6% en el mes de octubre y un mínimo de 33.8% en el mes de diciembre.

El porcentaje de arcilla, segundo en importancia en la textura de los lagos, se presentó con valores más altos en el lago Zempoala, con un máximo de 62% en los meses de diciembre y febrero y un mínimo de 22.4% en el mes de octubre. Tonatiahua registró los valores más bajos con un máximo y un mínimo de 60.4% y 5.6% en el mes de abril, respectivamente.

El porcentaje de limos varió en forma inversa a los porcentajes de arena y arcilla y, en general, los valores máximos fueron registrados en Tonatiahua con 11.2% en el mes de febrero y los mínimos de 0% en el mes de abril. Zempoala tuvo los valores más bajos, con un máximo de 8.6% en el mes de agosto y los mínimos de 0% en los meses de octubre, diciembre y agosto, respectivamente.

En general la textura del suelo en los lagos fue arcillo-arenosa, siguiendo en importancia la migajón-arcillo-arenosa y por último las arcillas (Cuadros 22 y 23).

7.5.2 Concentración de pH

El pH de los sedimentos varió de fuertemente ácido a neutro durante todo el año para ambos lagos, ya que tuvieron los valores más altos de 6.8 (Cuadro 24). El lago Zempoala presentó su máximo de 6.8 en el mes de febrero, un mínimo de 6.0 y un promedio de 6.4 para ese mismo mes (Fig. 30). Tonatiahua también presentó el valor más alto de 6.8 en los meses de diciembre y febrero, una mínima de 6.1 y 5.9 y con un promedio de 6.5 y 6.43, respectivamente (Fig. 30).

El pH varió desde los fuertemente ácidos (5.0) hasta los neutros (6.8). La fluctuación más amplia de pH se presentó en la estación cinco (5.0-6.8) del lago Zempoala, mientras que la menos amplia se tuvo en la estación cuatro del lago Tonatiahua, con valores de 6.1 a 6.8 (Cuadro 24).

CUADRO 22. Clasificación textural del sedimento de las seis estaciones de muestreo del lago Zempoala.

MES/ESTACION	PORCIENTO (%)			CLASIFICACION
	ARCILLA	ARENA	LIMO	
OCTUBRE				
1	42.0	57.8	0.2	Arcillo-arenoso
2	40.2	53.6	6.2	Arcillo-arenoso
3	22.4	77.6	0.0	Migajón-arcillo-arenoso
4	52.4	45.6	2.0	Arcillo-arenoso
5	30.4	68.0	1.6	Migajón-arcillo-arenoso
6	52.4	45.6	2.0	Arcillo-arenoso
DICIEMBRE				
1	62.0	33.8	4.2	Arcilla
2	39.8	54.0	6.2	Arcillo-arenoso
3	54.0	44.2	1.8	Arcillo-arenoso
4	59.6	40.4	0.0	Arcilla
5	59.6	34.0	6.4	Arcilla
6	57.6	40.4	2.0	Arcillo-arenoso
FEBRERO				
1	62.0	34.2	3.8	Arcilla
2	35.8	56.0	8.2	Migajón-arcillo-arenoso
3	52.0	46.2	1.8	Arcillo-arenoso
4	44.2	54.0	1.8	Arcillo-arenoso
5	38.8	60.0	1.2	Arcillo-arenoso
6	58.8	39.8	1.4	Arcilla
ABRIL				
1	60.4	35.6	4.0	Arcilla
2	38.4	53.4	8.2	Arcillo-arenoso
3	52.2	47.6	0.2	Arcillo-arenoso
4	42.8	54.0	3.2	Arcillo-arenoso
5	56.0	43.2	0.8	Arcillo-arenoso
6	38.4	53.6	8.0	Arcillo-arenoso
JUNIO				
1	35.8	60.0	4.2	Migajón-arcillo-arenoso
2	39.8	58.0	2.2	Arcillo-arenoso
3	32.0	65.8	2.2	Migajón-arcillo-arenoso
4	45.6	54.0	0.4	Arcillo-arenoso
5	43.6	52.0	4.4	Arcillo-arenoso
6	25.6	70.0	4.4	Migajón-arcillo-arenoso
AGOSTO				
1	31.8	63.6	4.6	Migajón-arcillo-arenoso
2	32.4	66.4	1.2	Migajón-arcillo-arenoso
3	32.0	68.0	0.0	Migajón-arcillo-arenoso
4	37.8	53.6	8.6	Arcillo-arenoso
5	39.6	52.0	8.4	Arcillo-arenoso
6	23.6	71.6	4.8	Migajón-arcillo-arenoso

CUADRO 23. Clasificación textural del sedimento de las seis estaciones de muestreo del lago Tonatiahua.

MES/ESTACION	PORCIENTO (%)			CLASIFICACION
	ARCILLA	ARENA	LIMO	
OCTUBRE				
1	18.4	79.6	2.0	Migajón-arenoso
2	26.0	71.2	2.8	Migajón-arcillo-arenoso
3	32.0	65.4	2.6	Migajón-arcillo-arenoso
4	30.8	68.0	1.2	Migajón-arcillo-arenoso
5	24.0	74.0	2.0	Migajón-arcillo-arenoso
6	16.2	82.0	1.8	Migajón-arcillo-arenoso
DICIEMBRE				
1	50.4	45.8	3.8	Arcillo-arenoso
2	48.6	43.8	7.6	Arcillo-arenoso
3	50.7	39.7	9.6	Arcillo-arenoso
4	48.4	45.6	6.0	Arcillo-arenoso
5	54.6	43.6	1.8	Arcillo-arenoso
6	50.4	45.6	4.0	Arcillo-arenoso
FEBRERO				
1	45.6	49.6	4.8	Arcillo-arenoso
2	45.6	50.4	4.0	Arcillo-arenoso
3	52.4	36.4	11.2	Arcilla
4	49.2	48.4	2.4	Arcillo-arenoso
5	52.8	44.4	2.8	Arcillo-arenoso
6	49.6	45.6	4.8	Arcillo-arenoso
ABRIL				
1	40.4	58.0	1.6	Arcillo-arenoso
2	36.8	59.8	3.4	Arcillo-arenoso
3	60.4	39.6	0.0	Arcilla
4	7.6	92.4	0.0	Arena
5	5.6	92.4	2.0	Arena
6	5.6	93.4	1.0	Arena
JUNIO				
1	44.6	53.6	1.8	Arcillo-arenoso
2	46.4	51.8	1.8	Arcillo-arenoso
3	44.0	54.2	1.8	Arcillo-arenoso
4	16.2	83.6	0.2	Arena-migajonosa
5	12.0	86.2	1.8	Arena-migajonosa
6	15.6	82.4	2.0	Arena-migajonosa
AGOSTO				
1	24.0	74.4	1.6	Migajón-arcillo-arenoso
2	30.2	68.4	1.4	Migajón-arcillo-arenoso
3	36.0	62.2	1.8	Arcillo-arenoso
4	29.6	66.2	4.2	Migajón-arcillo-arenoso
5	26.0	71.8	2.2	Migajón-arcillo-arenoso
6	19.8	80.0	0.2	Migajón-arenoso

CUADRO 24. Valores de pH del sedimento de las seis estaciones de muestreo de los lagos Zempoala y Tonatiahua.

ZEMPOALA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	5.4	5.4	5.5	5.6	5.0	5.5	5.47	0.27
Diciembre	6.2	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	6.40	0.17
Febrero	6.2	6.5	6.4	6.6	6.8	6.0	6.42	0.26
Abril	6.4	6.0	5.3	5.8	5.9	6.2	5.93	0.34
Junio	6.3	6.4	6.4	6.7	6.4	6.5	6.45	0.13
Agosto	6.7	6.6	6.6	6.6	6.5	6.7	6.62	0.07
MEDIA	6.20	6.20	6.18	6.32	6.15	6.18		
D. S.	0.40	0.43	0.45	0.44	0.58	0.38		

TONATIAHUA								
MESES	ESTACIONES						MEDIA	D. S.
	1	2	3	4	5	6		
Octubre	6.1	6.3	6.0	6.4	6.4	6.5	6.28	0.18
Diciembre	6.2	6.6	6.1	6.7	6.6	6.8	6.50	0.26
Febrero	6.8	6.4	6.3	6.4	6.8	5.9	6.43	0.31
Abril	5.9	5.2	5.8	6.1	5.4	6.2	5.77	0.36
Junio	5.8	5.1	5.2	6.2	5.3	6.1	5.62	0.44
Agosto	6.0	5.6	5.7	6.3	5.9	6.2	5.95	0.25
MEDIA	6.13	5.87	5.85	6.35	6.07	6.28		
D. S.	0.32	0.59	0.35	0.19	0.58	0.29		

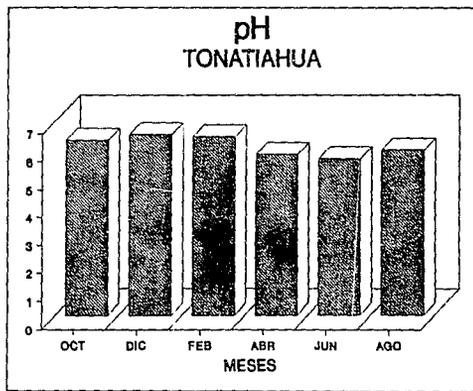
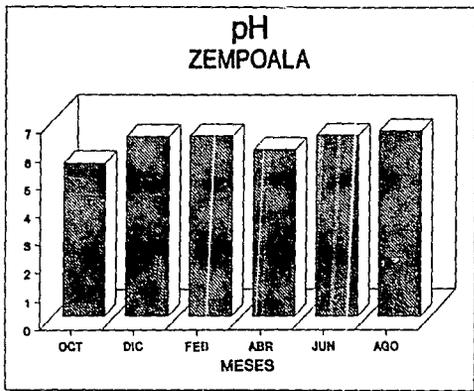


Fig. 30 Variación anual del pH de los sedimentos en los lagos Zempoala y Tonatiahua.

8. DISCUSION

8.1 FLORA ACUATICA VASCULAR

La flora acuática vascular del Parque es considerada rica en diversidad florística, con 63 especies, comparada con algunos lagos mexicanos, como Chapala con 8 especies, los lagos cráter de Puebla con 14, Coatetelco con 31, Tecocomulco con 36, Yuriria con 45, Pátzcuaro y Xochimilco con 48, a excepción de los lagos Cuitzeo y Texcoco con 92 y 78 especies, respectivamente (Cuadro 25). Del total de las 63 especies registradas en el Parque, la flora de los lagos Zempoala, Quila y Tonatiahua es claramente más rica en especies con 52, 41 y 34, respectivamente, que el resto de los lagos del Parque, siendo Compila el que presentó el menor número de especies (7).

Se tiene como posible especie nueva a *Micranthemum* sp., localizada en el lago Zempoala y la Joya de Atezcapan, a *Lemna minor* como nuevo registro de plantas acuáticas para México, localizada en la mayoría de los lagos, a excepción de Compila y Acomantla. Asimismo, se encontraron 18 especies como nuevos registros para el Parque. Almeida et al. (1990), registra el género *Isòetes* en el lago Quila, mientras que en este estudio es registrado en los lagos Zempoala, Tonatiahua, Quila y la Joya de Atezcapan, correspondiendo a la especie *Isòetes mexicana*. Rzedowski (1978) y Lot et al. (1986) consideran que que en general la flora acuática de México, adolece en mayor o menor grado de una buena representación de taxa acuáticos. Esto se debe en parte a la deficiente exploración de los ambientes acuáticos, por lo que en este estudio se han encontrado registros nuevos, no sólo para el Parque, sino para México, así como una especie nueva.

Con base en los criterios establecidos por Dalton y Novelo (1983) y Novelo y Gallegos (1988), la flora de los lagos del Parque estuvo representada por 30 especies estrictamente acuáticas, 24 subacuáticas y 9 tolerantes.

En el Cuadro 25 se observa el número de especies de cada uno de los lagos del Parque, comparado con el número de especies de algunos lagos mexicanos. El área de los lagos del Parque es pequeña, su origen es volcánico, el clima es templado subhúmedo, la altitud oscila entre los 2,750 a 3,000 m, la composición iónica de las aguas de los lagos Zempoala y Tonatiahua es del tipo "blandas" y su profundidad máxima es de 8.2 y 8.55 m, respectivamente. Mientras que el resto de los lagos del Parque están secos o presentan suelos muy húmedos.

Las diferencias entre la flora de los lagos del Parque y los lagos mexicanos son causados por factores como la profundidad, la cual determina la diversidad de especies, así como el origen volcánico, a excepción de Coatetelco, que es una dolina, representado particularmente por su tipo de flora.

CUADRO 25. Número de especies de plantas acuáticas de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, indicando las características físicas y químicas de cada uno de ellos, comparados con algunos lagos mexicanos.

LAGO	EDO.	ORIGEN	AREA Km²	VOLUMEN m³	PROF. m	TIPO DE AGUA	CLIMA	ALT. msnm	No. sp.	REFERENCIA
ZEMPOALA	MOR	VOLCANICO	12.3	446,751	8.2	BLANDA	Cw	2,800	52	En este estudio
COMPILA	MOR	VOLCANICO	4.8	-----	8.8	-----	Cw	2,800	7	En este estudio
TONATTAHUA	MOR	VOLCANICO	6.1	158,427	8.55	BLANDA	Cw	2,810	34	En este estudio
ACOMANTLA	MOR	VOLCANICO	4.1	SECA	SECA	SECA	Cw	2,815	18	En este estudio
ACOYOTONGO	MOR	VOLCANICO	4.4	-----	1.5	-----	Cw	2,830	15	En este estudio
QUILA	MEX	VOLCANICO	5.2	SECA	0.3	SECA	Cw	3,010	41	En este estudio
HUEYAPAN	MOR	VOLCANICO	3.2	SECA	0.3	SECA	Cw	2,830	12	En este estudio
J. ATEZCAPAN	MOR	VOLCANICO	0.5	-----	0.4	SECA	Cw	2,750	19	En este estudio
CHAPALA	JAL	VOLCANICO	1.11	7,962'	8.0	-----	Cw	1,525	8	Borges et al., 1984
COATETELCO	MOR	DOLINA	15.0	-----	1.0	ALCALINA	Aw	1,000	31	Mijangos (en prep.)
CUITZEO	MICH	VOLCANICO	420.0	484,539'	2.75	BL, DU y ALC	Cw	1,820	92	Rojas, 1991
PATZCUARO	MICH	VOLCANICO	100.0	-----	---	-----	Cw	2,040	48	Lot y Novelo, 1988
TECOCOMULCO	HGO	VOLCANICO	---	11,746	1.5	-----	Cw	2,520	36	Lot y Novelo, 1978
TEXCOCO	MEX	-----	270.0	36,802	0.5	ALCALINA	Cw	2,240	78	Rzedowski, 1957
XOCHIMILCO	D.F.	PLUVIAL	---	1,212	6.0	BIC-SULF.	Cw	2,500	48	Novelo y Gallegos, 1988
YURIRIA	GTO	VOLCANICO	97.0	225,000	2.2	DURA	Ac	1,750	45	Ramos, 1991
ALCHICHICA	PUE	VOLCANICO	1.81	69.9'	64.61	ALCALINA	Bs	2,345	2	Ramirez y Novelo, 1984
ALJOJUCA	PUE	VOLCANICO	0.44	11.6'	50.6	ALCALINA	Cw	2,390	6	Ramirez y Novelo, 1984
ATEXCAC	PUE	VOLCANICO	0.29	6.1'	39.1	ALCALINA	Bs	2,510	4	Ramirez y Novelo, 1984
LA PRECIOSA	PUE	VOLCANICO	0.78	16.2'	45.5	ALCALINA	Bs	2,365	4	Ramirez y Novelo, 1984
QUECHULAC	PUE	VOLCANICO	0.50	10.9'	40.04	ALCALINA	Bs	2,395	5	Ramirez y Novelo, 1984
TECUITLAPA	PUE	VOLCANICO	0.26	0.35'	2.5	ALCALINA	Cw	2,390	7	Ramirez y Novelo, 1984

La composición química del agua de los lagos del Parque del tipo "blandas", ha hecho posible la presencia de una gran riqueza florística que, comparada con las aguas de los lagos cráter de Puebla y Coatetelco, que son del tipo "alcalina", presentaron menor diversidad florística, aunado a las grandes profundidades, la topografía con pendientes muy pronunciadas y el clima tan extremo en el primero, y a las condiciones más tropicales, menor altitud y condiciones ambientales del segundo. Sin embargo, el lago de Texcoco que también tiene este tipo de aguas, presenta mayor número de especies (78), por lo que su riqueza florística es debida principalmente a las profundidades menores a 1 m, el área que ocupa el cuerpo de agua es mayor y los habitats presentes en él son más variados. Por otra parte, el lago de Cuitzeo, uno de los lagos con mayor diversidad florística en México (92 especies), debe su riqueza florística, por una parte, a las condiciones de la química del agua la cual esta representada por tres tipos, que son "blandas", "duras" y "alcalinas", y por la otra a la gran extensión del cuerpo de agua y las bajas profundidades que presenta (Cuadro 25).

8.2 FENOLOGIA

En relación a la fenología de las especies, la floración y fructificación varío a lo largo del año. El periodo de floración de las plantas acuáticas esta relacionado directamente con la época climática, por lo que Grainger (1947) establece que la floración de las angiospermas acuáticas en áreas templadas, se presenta fundamentalmente en el verano, cuando los días son relativamente más largos, en donde hay una acumulación de carbohidratos que proporcionan el desarrollo de las flores.

Sculthorpe (1967) indica que para algunas hidrófitas, los factores decisivos que estimulan el desarrollo reproductivo pueden ser el fotoperiodo y/o la temperatura, donde altas intensidades de luz favorecen la fotosíntesis y permiten la maduración de los órganos reproductivos, donde la mayoría de las especies de clima templado son de días largos, representadas por algunas especies como *Rorippa nasturtium-aquaticum*.

Por otro lado, las condiciones ambientales tanto del agua como de los sedimentos pudieron influir en la fenología de las especies. Sculthorpe (1967) señala que la transición del desarrollo vegetativo al reproductivo, depende principalmente de los cambios en nutrición de las plantas. *Lemna gibba* no presentó flores ni frutos, esto posiblemente debido a que en esta especie, la transición del desarrollo vegetativo al reproductivo, implica respuestas complejas y una sensibilidad al fotoperiodo. Sculthorpe (1967) manifiesta que *L. gibba*, no presenta floración en lugares con periodos largos de luz, y que probablemente las condiciones ambientales del agua interfieran sobre su metabolismo para la producción de flores, pero no afectan su desarrollo vegetativo.

Especies como *Typha latifolia* tuvieron su periodo de floración antes de la época de lluvias, esto posiblemente fué debido a que esta especie presenta su mecanismo de polinización por medio del viento, que en los meses de abril y principios de mayo son muy comunes. *Azolla mexicana* no presentó soración, debido posiblemente a las condiciones ambientales de temperatura, la cual es baja para el desarrollo del helecho (Ashton y Walmsley, 1976).

Las plantas acuáticas en los lagos, pueden reducir sus periodos de floración y fructificación por causas de competición o por cambios ambientales en el medio, y coexistir espacialmente por diferencias en sus nichos en relación a requerimientos de nutrimentos, polinizadores y por la diferencia de tiempo en su ciclo de vida (Crowder et al., 1977).

8.3 AFINIDADES DE LA FLORA

La ubicación de los lagos del Parque, muestra que las relaciones geográficas de su flora acuática se manifiestan fundamentalmente en dos direcciones opuestas: hacia el norte y hacia el sur. Coexistiendo en el Parque elementos de afinidad boreal, neotropical, de amplia distribución en América, de afinidad con África, cosmopolitas y endémicos.

Las 63 especies encontradas en el Parque se agruparon en diez categorías (Cuadro 7), de las cuales las tres primeras son de afinidad boreal, las tres siguientes neotropical y las cuatro últimas de amplia distribución en América, cosmopolitas y de afinidad con África. A partir de esta agrupación, se observa que el elemento boreal es proporcionalmente el más importante en la composición de la flora acuática (41 especies = 65.07%), destacándose dentro de los elementos boreales especies endémicas a México (12).

Es evidente que el área de estudio tiene semejanzas florísticas con las regiones de clima templado y frío de las latitudes medias y altas del Hemisferio Boreal, sobre todo con los Estados Unidos de América y Canadá. Rzedowski (1978) precisa que son más las similitudes que ligan a la flora del país con la del oeste de los Estados Unidos, que con otras regiones. Esto puede explicarse en función de la colindancia más directa, a las condiciones fisiográficas y climáticas, y a que las grandes cadenas montañosas de estas dos regiones han servido de corredor para la flora, que eventualmente han encontrado refugio en esas montañas y en el Eje Neovolcánico (donde se encuentra situado el Parque), y han evolucionado ahí, adaptándose a este tipo de ambientes y divergiendo específicamente.

Un importante grupo de géneros característicos de la flora de afinidad boreal, se encuentra representado por *Mimulus* y *Pedicularis*, particularmente en áreas con altitudes superiores a los 1500 m. Estos géneros están representados en el Parque por *Mimulus glabratus* y *Pedicularis mexicana* que alcanzan su nivel meridional de distribución geográfica en América Central (Rzedowski, 1978).

Los elementos de afinidad neotropical están compuestos por 7 especies (11.11%), dentro de los que destacan *Cardamine flaccida* de las regiones andinas de Sudamérica (Rzedowski, 1978). Por otro lado, existen especies de afinidad con África (2), destacándose *Utricularia livida*, que es una especie aparentemente separada de su área de distribución principal en África (Taylor, 1964; Novelo y Lot, 1985). Estas dos especies presentan una disyunción notable en su distribución geográfica, por lo que son especies interesantes que necesitan mayor atención.

Dentro de los elementos cosmopolitas, compuestos por 5 especies (7.94%), del total de la flora, están representados por numerosas plantas acuáticas que tienen áreas de distribución amplias, destacándose especies como *Typha latifolia*, *Lemna gibba* y *L. minor*.

La flora de las partes altas del país caracterizada por el clima subhúmedo a húmedo y templado o frío es rica en endemismos a nivel de especies (Rzedowski, 1978). Esta participación de elementos endémicos a México es muy importante en el Parque, encontrándose taxa restringidos en su distribución a la zona de estudio, como es el caso de *Micranthemum* sp., mientras que al territorio nacional se encuentran 12 especies, de las que sobresalen *Carex hermannii*, *Isöetes mexicana*, *Arenaria bourgaei* y *Eleocharis densa*, entre otras.

Por último, de las especies introducidas que tienen importancia en el Parque, debido a que se comportan como malezas en los lagos, se encuentran *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum*, ambas de afinidad neotropical, introducidas de Sudamérica, probablemente como plantas de ornato para acuarios (Novelo y Lot, 1990; Orchard, 1979), mientras que *Potamogeton crispus* es una especie de afinidad boreal, introducida de Europa (González, 1989). En este mismo sentido, dentro de los elementos introducidos, destaca *Pennisetum clandestinum*, planta de origen africano, que parece haber llegado a México en calidad de planta de cultivo para formar césped, y que se ha naturalizado con el transcurso del tiempo (Rzedowski y Rzedowski, 1990).

Al comparar la localidad de estudio con algunos lagos mexicanos (Cuadro 25), se encontró que los lagos Cuitzeo y Pátzcuaro comparten el mayor número de especies con los lagos del Parque. Esta semejanza puede deberse a que posiblemente han pasado por los mismos acontecimientos históricos y climáticos. Mientras que los lagos cráter de Puebla y el de Texcoco son los cuerpos de agua que presentan el menor número de especies compartidas. El caso de esta baja similitud se puede explicar en base a que el lago de Texcoco tiene aguas del tipo alcalina y posiblemente hay mayor perturbación por el hombre en el lago, y en los lagos Cráter de Puebla, el clima es más extremo (Bs), las pendientes son más pronunciadas, tienen mayor profundidad y el tipo de agua es alcalino, por lo que las afinidades florísticas con esos lagos es muy escasa.

Por último, el número de especies compartidas con el lago Coatetelco es nula, explicándose esto a que es de clima cálido (Aw), su origen es diferente, su altitud es menor (1000 m), y el tipo de agua es alcalina, por lo que difieren notablemente en su flora.

8.4 VEGETACION ACUATICA

La vegetación acuática del Parque esta clasificada en tres grandes unidades, relacionadas con su forma de vida (Cuadro 26), de las cuales las hidrófitas enraizadas emergentes representan el mayor número de especies y son importantes por la superficie que cubren en los lagos, siguiendo en orden de importancia las sumergidas y por último las libre flotadoras. Sin embargo, en otros lagos mexicanos esta relación puede variar, dependiendo de las condiciones ambientales del área y de su impacto sobre ellos.

Si comparamos el número de especies de enraizadas emergentes con las otras formas de vida en los lagos, nos damos cuenta que la diversidad es poca en el lago Hueyapan, que esta a punto de desaparecer. Con estos datos (Cuadro 26) se señala que más del 50% de la flora acuática (de un total de 63 especies) esta representada por esta forma de vida, y que solo aquellas especies con amplio espectro de tolerancia, han soportado y se han adaptado a la modificación del sistema acuático.

Dentro de las hidrófitas enraizadas sumergidas, que mayor importancia representan en los lagos, están *Egeria densa*, *Potamogeton crispus* y *Myriophyllum aquaticum*, las cuales probablemente fueron introducidas de las partes bajas del sur de México y que en la actualidad son especies naturalizadas y bastante comunes en ellos, substituyendo a especies nativas como *Myriophyllum heterophyllum*, *Ranunculus trichophyllus*, *Potamogeton illinoensis* y *Potamogeton pusillus* var. *pusillus*. El excesivo crecimiento vegetativo de estas especies han cubierto grandes extensiones en la superficie de los lagos, particularmente Zempoala, Tonatiahua y Acoyotongo, provocando con esto que cambien las propiedades fisico-químicas del agua, perjudicando las condiciones adecuadas para el crecimiento de las especies nativas tanto vegetales como animales.

Considerando que la vegetación acuática está representada primordialmente por las hidrófitas enraizadas emergentes, tanto en los lagos del Parque como en los lagos mexicanos, algunos factores como la disminución en los niveles del agua, la extracción del agua por medio de bombas y acueductos, el pastoreo y las actividades recreativas, han ocasionado perturbación, del cual el efecto ambiental en estas formas de vida puede ser la eliminación total o parcial de especies, reduciéndose su diversidad en un área dada, ya que muchas especies de hidrófitas emergentes son sensitivas al impacto ocasionado, independientemente de otros factores.

8.5 INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA VEGETACION ACUATICA

La alta diversidad de especies presentes en los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, es debida principalmente a las condiciones ambientales y a las concentraciones iónicas y de nutrimentos de las aguas como de los sedimentos, lo cual ha permitido el establecimiento y mejor desarrollo de las plantas acuáticas, de acuerdo al grado de afinidad y/o tolerancia a los

CUADRO 26. Formas de vida presentes en los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, indicando el número de especies y su porcentaje, comparado con algunos lagos mexicanos.

LAGO	ESTADO	H.E.E.		H.E.S.		H.E.H.F.		H.L.F.		H.L.S.		T.	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
ZEMPOALA	MORELOS	38	73.1	5	9.6	0	0.0	2	3.8	0	0	7	13.5
COMPILA	MORELOS	5	71.4	1	14.3	0	0.0	0	0.0	0	0	1	14.3
TONATIAHUA	MORELOS	25	73.5	6	17.7	0	0.0	1	2.9	0	0	2	5.9
ACOMANTLA	MORELOS	16	88.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0	2	11.1
ACOYOTONGO	MORELOS	12	79.9	1	6.7	0	0.0	1	6.7	0	0	1	6.7
QUILA	MEXICO	28	68.3	5	12.2	0	0.0	3	7.3	0	0	5	12.2
HUEYAPAN	MORELOS	6	50.0	1	8.3	0	0.0	3	25.0	0	0	2	16.7
J. ATEZCAPAN	MORELOS	17	89.4	1	5.3	0	0.0	1	5.3	0	0	0	0.0
CHAPALA	JALISCO	6	66.7	1	11.1	0	0.0	1	11.1	0	0	1	11.1
COATETELCO	MORELOS	18	58.1	1	3.2	0	0.0	0	0.0	0	0	12	38.7
CUITZEO	MICHOACAN	44	47.9	5	5.4	4	4.3	8	8.7	0	0	31	33.7
PATZCUARO	MICHOACAN	33	68.8	5	10.4	1	2.1	7	14.5	0	0	2	4.2
TECOCOMULCO	HIDALGO	17	47.2	7	19.4	4	11.4	6	16.7	2	5.6	0	0.0
TEXCOCO	MEXICO	13	16.6	3	3.8	1	1.3	6	7.7	0	0	55	70.6
XOCHIMILCO	D.F.	23	47.9	3	6.3	1	2.1	5	10.4	0	0	16	33.3
YURIRIA	GTO.	27	60.0	2	4.4	3	6.7	5	11.1	1	2.2	7	15.6
ALCHICHICA	PUEBLA	1	33.3	2	66.7	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0.0
ALJOJUCA	PUEBLA	5	83.3	1	16.7	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0.0
ATEXCAC	PUEBLA	2	50.0	2	50.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0.0
LA PRECIOSA	PUEBLA	3	75.0	1	25.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0.0
QUECHULAC	PUEBLA	3	60.0	1	20.0	0	0.0	1	20.0	0	0	0	0.0
TECUITLAPA	PUEBLA	6	85.7	1	14.3	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0.0

H.E.E. (Hidrófitas enraizadas emergentes), H.E.S. (Hidrófitas enraizadas sumergidas), H.E.H.F. (Hidrófitas enraizadas de hojas flotantes), H.L.F. (Hidrófitas libremente flotadoras), H.L.S. (Hidrófitas libremente sumergidas), T. (Tolerantes).

factores ambientales que actúan como elementos de esta diversidad florística (Sculthorpe, 1967; Wetzel, 1983; Hutchinson, 1975).

Las especies encontradas en estos sistemas son indicadoras de las condiciones de los cuerpos de agua. Algunas de ellas presentan amplia distribución mundial y amplio rango de tolerancia, tanto a condiciones climáticas como a condiciones de la física y química del agua y los sedimentos, como es el caso de *Lemna gibba*, *Typha latifolia* y *Scirpus californicus*.

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 de los lagos son los que determinan finalmente la distribución vegetal.

8.5.1 Influencia de los factores físicos del agua

Los factores físicos, tanto del ambiente como de la cuenca de los lagos, pueden modificar las características físicas y químicas del agua, de tal manera que influyen en la distribución y presencia de las plantas acuáticas que en ellos se encuentran.

NIVEL DEL AGUA

Los lagos del Eje Neovolcánico a los que pertenecen los del Parque, están sometidos a variaciones del nivel del agua más o menos frecuentes e importantes, expresión del balance hidrológico de la cuenca lacustre, el cual registra los cambios ambientales (Tricart, 1985), existiendo una tendencia natural de los lagos a secarse y que puede acelerarse o retardarse por factores climáticos y/o antropogénicos (Almeida et al., 1990).

La profundidad de los lagos marcó una clara variación en el nivel del agua; en Zempoala se registró un máximo de 8.2 y un mínimo de 6.2 m y en Tonatiagua un máximo de 8.6 y un mínimo de 6.1 m, fluctuando de 2.02 y 2.41 m, respectivamente. El máximo de la columna de agua se registró a finales de la época de lluvias y el mínimo en la época de estiaje. Los demás lagos no presentaron agua a excepción de Acoyotongo, que registró un máximo de 1.5 m y el mínimo de 0.3 m en esas épocas, respectivamente. Además, la época de lluvias es el periodo que coincide con la mayor proliferación de las comunidades acuáticas y subacuáticas, así como el periodo de reproducción sexual.

Los cambios en el nivel del agua en los lagos fue debido primordialmente al régimen de lluvias en el área de estudio, a la presencia de sumideros naturales y a la extracción del agua por medio de bombas y acueductos, por lo que Crum y Bachmann (1973) consideran que ésta es la posible causa en la disminución de especies. Wetzel (1983) establece que los lagos profundos con menos área de sedimento por unidad de volumen de agua son en general menos productivos que los lagos someros, ya que la mayor productividad es debida a comunidades vegetales emergentes.

Se considera que el nivel del agua es un factor importante que influye en la distribución de la vegetación, composición y diversidad de especies, así como en su abundancia (Auclair et al., 1976; Cragg et al., 1980), ya que las variaciones en los niveles del agua y los patrones de drenaje afectan marcadamente las comunidades de plantas. Sin embargo, el incremento en los niveles del agua, durante la época lluviosa, favorecen la reproducción sexual en algunas especies, la extensión de aquellas especies tolerantes a condiciones más húmedas y la disminución de aquellas especies no tolerantes a estas condiciones (Botts y Cowell, 1988), a tal grado que en los lagos Zempoala y Tonatiagua está bien definida la zonación de sus formas de vida, y en los otros lagos se mantienen temporalmente y/o desaparecen.

Algunas especies desaparecieron como resultado de la disminución en el nivel del agua, como fue en los lagos Acoyotongo y Hueyapan y para otras, la disminución en el nivel del agua las estimuló para la germinación, como lo establece Tarver (1980).

En las partes menos profundas de los lagos Zempoala y Tonatiagua, las comunidades de hidrófitas emergentes de *Typha latifolia* y *Scirpus californicus*, respectivamente, son los dominantes y forman manchones relativamente grandes en extensión. Hanks (1985) manifiesta que las comunidades de hidrófitas emergentes, dominadas por *Typha latifolia*, *Scirpus* spp. y *Polygonum* spp., se desarrollan a profundidades menores a 1 metro, mientras que las comunidades de hidrófitas sumergidas, dominadas por *Myriophyllum* spp., y *Potamogeton* spp., se desarrollan a profundidades mayores a 1 metro, tal y como se presenta en las especies de los lagos del Parque, a excepción de *Scirpus* que alcanza profundidades hasta de 1.7 m. Erixon (1979) indica que *Polygonum amphibium* se desarrolla mejor, produciendo hojas flotantes y flores, cuando se incrementa el nivel del agua, desapareciendo cuando disminuye, como ocurre en los lagos Zempoala y Tonatiagua.

Las hidrófitas enraizadas sumergidas, que se desarrollan en las partes más profundas de los lagos, también están condicionadas por la fluctuación en el nivel del agua, por lo que al disminuir el nivel, *Potamogeton illinoensis*, *P. pusillus* var. *pusillus* y *Ranunculus trichophyllus* desaparecen, mientras que al aumentar el nivel *Potamogeton illinoensis* se ve favorecido, permitiéndole el crecimiento vegetativo y la reproducción sexual y en *Egeria densa* desaparecen sus flores, tal como lo indican algunos autores (Cragg et al., 1980; Tarver, 1980; Botts y Cowell, 1988).

La distribución de las hidrófitas libremente flotadoras está también condicionada por la profundidad de los lagos y los niveles del agua, ya que *Lemna gibba*, *L. minor* y *Azolla mexicana* se encuentran en las partes más someras y protegidas, en el margen de los lagos y arroyos, por lo que cuando disminuye el nivel del agua, éstas desaparecen.

TRANSPARENCIA

Uno de los factores que más puede afectar la composición de las especies, así como la distribución y abundancia de las hidrófitas sumergidas en los lagos, es la penetración de la luz en

el agua, la cual varía rápidamente con el clima, época del año y el día (Crum y Bachmann, 1973; Hutchinson, 1975; Carpenter, 1981).

Las hidrófitas enraizadas sumergidas, como *Egeria densa*, *Potamogeton crispus*, *P. pusillus*, *P. illinoensis*, *Myriophyllum aquaticum*, *M. heterophyllum* y *Ranunculus trichophyllus*, que se desarrollan en el interior de los lagos y a profundidades hasta de 6 m, pueden ser afectadas por este factor, ya que reciben menos luz que las plantas emergentes. Sin embargo, en los lagos no se presentó turbidez durante la época de lluvias, aunque los valores de transparencia más bajos fueron entre los meses de febrero a abril. Esto fué posiblemente debido a la disminución en el nivel del agua y a la alta productividad planctónica en los lagos. Por lo tanto, la transparencia no llegó a ser un factor limitante para las hidrófitas vasculares.

TEMPERATURA

La temperatura del agua es un factor que directamente no afecta la distribución de la vegetación acuática, aunque sí puede tener una influencia considerable. Sculthorpe (1967) sugiere que durante las horas de insolación existe una influencia sobre los procesos fotosintéticos diarios y particularmente en el incremento de la tasa de respiración. Ante esto las plantas están adaptadas a su régimen de temperatura, por la diferencia genética entre especies y la aclimatación. Sin embargo, poco se conoce acerca de los cambios que se presentan en las especies, como resultado en la fluctuación de la temperatura.

La temperatura del agua presentó variación a lo largo del año, registrándose las más bajas en los meses de diciembre a marzo y las más altas de abril a octubre en los lagos Zempoala y Tonatiahua. Sin embargo, las plantas acuáticas conservan calor y amortiguan las variaciones de la temperatura, manteniendo una condición más estable, comparada con la temperatura del aire. La uniformidad en el régimen térmico del agua, puede ser posiblemente la responsable de la amplia distribución geográfica de muchas hidrófitas vasculares, como *Lemna minor* y *Typha latifolia* (Sculthorpe, 1967).

En los lagos, el estado vegetativo para la mayoría de las especies se mantuvo durante los meses de diciembre a marzo, coincidiendo con las más bajas temperaturas del agua entre los 8 y 15 °C, presentándose la reproducción sexual y la mayor abundancia de individuos de plantas acuáticas en el periodo de altas temperaturas, del orden de los 16 a 21 °C, durante los meses de abril a octubre.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La disminución gradual de la conductividad eléctrica entre los meses de junio a septiembre, coincidió con el incremento gradual de la precipitación en el área, lo que provocó hasta cierto punto, una dilución de sales y a su vez una disminución en los valores de la conductividad. Por el contrario, el incremento de la conductividad se presentó precisamente cuando se redujo la

precipitación y disminuyó el nivel del agua entre los meses de noviembre a mayo, tal y como sucede en los lagos de Yuriria (Ramos, 1991) y Cuitzeo (Rojas, 1991).

La conductividad eléctrica del agua de los lagos, permite establecer que la concentración de sales disueltas, que pueden ser aprovechadas por las plantas acuáticas están débilmente mineralizadas (Margalef, 1983), considerando que los lagos en estudio han permitido el establecimiento de esta variada riqueza de especies y tipos de vegetación.

Seddon (1972), Catling y Dobson (1985) y Collins et al. (1987) consideran que algunas especies, como *Potamogeton crispus*, toleran ligeramente concentraciones bajas de solutos, reflejadas en una conductividad mayor a 150 micromhos, siendo una especie que se encuentra en aguas eutróficas y tolera condiciones adversas en varios grados; *Polygonum amphibium* que se desarrolla a concentraciones de 100 micromhos y es considerada como una especie que indica gran tolerancia progresiva, en aguas eutrófico-mesotróficas, aunque se puede presentar en concentraciones de 87 micromhos, mientras que *Typha latifolia* es considerada como una especie altamente eutrófica que se encuentra en concentraciones mayores a 200 micromhos, así como *Potamogeton pusillus* y *Ranunculus trichophyllus*, concordando con las concentraciones registradas en los lagos Zempoala y Tonatiagua para estas especies.

8.5.2 Influencia de los factores químicos del agua

Algunos autores como Moyle (1945) y Seddon (1972) establecen que la química del agua parece ser el factor más importante que influye en la distribución de las plantas acuáticas, ya que si los nutrimentos están disponibles en el agua o en los sedimentos, muchas plantas los pueden tomar. Sin embargo, el tipo textural del suelo del fondo y la naturaleza física del cuerpo de agua influyen grandemente en la distribución local de una especie dentro de su gradiente de tolerancia química. Considerando lo establecido por Hutchinson (1975), la composición química del agua está representada por dos grandes grupos de variables químicas interrelacionadas, como son el pH-alcalinidad-bicarbonatos por un lado y los dos principales nutrimentos limitantes, el fósforo y nitrógeno por el otro.

CONCENTRACION DE pH

La concentración del pH en el agua de los lagos presentó fluctuaciones a lo largo del año, de ligeramente ácidas a ligeramente alcalinas, favoreciendo el aumento de los bicarbonatos y nula presencia de carbonatos, observándose esto en la composición iónica de las aguas donde predominan los bicarbonatos de magnesio y calcio. Esto permite el desarrollo de hidrófitas que aprovechan el bicarbonato como fuente de carbono en el proceso fotosintético. Sculthorpe (1967) y Margalef (1983) establecen que las especies de hidrófitas sumergidas tales como *Myriophyllum aquaticum* y algunas lemnáceas son capaces de obtener el carbono de los bicarbonatos, por lo que tienen una ventaja competitiva sobre aquellas que lo obtienen del bióxido de carbono libre.

El pH juega un papel importante en la distribución y abundancia de plantas acuáticas y en la regulación de la competencia entre especies (Moyle, 1945; Crowder et al., 1977; Pip, 1979). En los lagos del Parque existió una correlación positiva entre el pH y la riqueza florística, basada fundamentalmente en un pH circumboreal y un alto número de especies. Hunter et al. (1986) y Yan et al. (1985) consideran que la correlación negativa entre el pH y la riqueza florística esta en función de la acidificación de los lagos, reduciéndose el número de especies, lo cual no se registró en los lagos.

Hutchinson (1970) indica que las tres especies de *Myriophyllum* que estudió se encontraron entre pH de 6.0 a 8.1, lo cual concuerda con las concentraciones registradas para *Myriophyllum heterophyllum* en el lago Tonatihua. Catling y Dobson (1985) consideran que especies como *Potamogeton crispus* y *Ranunculus* spp. se desarrollan en aguas con pH altos. Asimismo, Moyle (1945) registra los límites de tolerancia de pH de algunas especies de los lagos en Minnesota, indicando que a pH de 6.3 a 9 *Typha latifolia*, *Potamogeton crispus*, *P. illinoensis*, *P. pusillus*, *Eleocharis acicularis*, *Lemna minor* y *Ranunculus trichophyllus*, presentan su mejor desarrollo y distribución en los lagos, tal y como sucede en los lagos del Parque.

ANIONES

CARBONATOS, BICARBONATOS, CLORUROS Y SULFATOS

De acuerdo a la composición iónica de las aguas de los lagos, éstos se pueden considerar como del tipo de aguas "blandas" según la clasificación de Moyle (1945), Hutchinson (1975) y Wetzel (1983) o "bicarbonatadas" según Margalef (1983), con una alcalinidad total entre 40 y 90 ppm, sulfatos entre 0 y 5 ppm y pH entre 6.8 a 8.0, que son aguas derivadas de cuencas formadas por rocas ígneas ácidas y con baja concentración de Ca^{++} y Mg^{++} y en donde las bases se presentan en forma de bicarbonatos, debido a la descomposición de la materia orgánica y a la dilución del carbonato de calcio en los sedimentos de bajo pH (Valentyne, 1978; Wetzel, 1983).

En los lagos no se registraron los valores de los carbonatos, debido a la baja acumulación de bases y al pH entre 5 y 8 (Valentyne, 1978), predominando el carbono en forma de bicarbonato por la baja proporción de bases y pH cercano al neutro, el cual es usado como fuente de carbono por especies sumergidas como es el caso de *Egria densa*, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum heterophyllum*, entre otras.

La mayoría de las plantas acuáticas de los lagos pertenecen al grupo de plantas que se desarrollan en aguas del tipo "blandas". Sin embargo, es importante considerar que cada una de las especies tiene su límite de tolerancia y condiciones químicas que les permiten su óptimo desarrollo, por lo que también en este tipo de aguas las hidrófitas libres flotadoras están generalmente ausentes (Moyle, 1945).

La flora de aguas "blandas" es característica de aguas con bajos contenidos en carbonatos y sulfatos, por lo que el pH es de menor importancia para determinar la distribución de las plantas que la concentración de sales de carbonato. Varios miembros de la flora de aguas blandas son plantas de aguas ácidas, pero pueden encontrarse especies de aguas neutrales o ligeramente alcalinas como *Typha latifolia*, *Potamogeton crispus*, *P. illinoensis*, *P. pusillus*, *Mimulus glabratus*, *Eleocharis acicularis*, *Lemna minor*, *Lemna gibba* y *Ranunculus trichophyllus*.

Hutchinson (1970) encontró que *Myriophyllum alterniflorum* es una especie de aguas blandas, ligeramente ácidas, neutrales o ligeramente alcalinas, tal como ocurre con *Myriophyllum heterophyllum* en el lago Tonatiagua, mientras que Hutchinson (1975) considera que ciertas plantas acuáticas como *Isdetes* spp, son encontradas principalmente en aguas blandas con escaso limo y que algunas especies de *Potamogeton* son características de aguas duras en regiones con rocas sedimentarias calcáreas.

Ellis (1955) menciona que a concentraciones promedio de bicarbonatos de 0.60 y 1.03 mEq/l y bajo contenido de carbonatos de 0.33 y 0.80 mEq/l se encuentra el mayor número de especies en planicies inundables del sur de Louisiana en las cuales habitan *Lemna minor* y *Potamogeton crispus*.

El cloro presentó sus valores máximos en los meses de junio y julio y los más bajos de octubre a diciembre, esto posiblemente debido al régimen de lluvias que ocasiona la dilución y la concentración en la época de estiaje. Sin embargo, este factor se mantuvo constante durante todo el año.

Crowder et al. (1977) manifiestan que las concentraciones mínima y máxima de cloro de 4.0 y 8.2 mg/l son los responsables en la distribución y abundancia de hidrófitas vasculares, siendo un factor limitante para algunas especies (Pip, 1979).

El sulfato según Pip (1979), es importante ya que puede influir en la distribución de muchas especies acuáticas, principalmente las sumergidas.

CATIONES

CALCIO Y MAGNESIO

El magnesio del agua de los lagos registró las concentraciones más altas de todos los cationes, particularmente de junio a septiembre para los lagos con agua permanente, fluctuando entre 1.2 a 1.7 mEq/l en Tonatiagua y de 1.03 a 1.55 en Zempoala, coincidiendo con la época de lluvias, mientras que el calcio en ese periodo presentó valores altos, pero no más que el magnesio, fluctuando entre 0.2 a 0.28 mEq/l en Tonatiagua y de 0.13 a 0.18 mEq/l en Zempoala.

Los lagos ácidos están correlacionados con una mayor riqueza florística de traqueofitas acuáticas donde los niveles de calcio estuvieron en el orden de 0.6 y 0.55 mg/l (Yan et al., 1985), mientras que Crowder et al. (1977) manifiestan que las concentraciones mínima y máxima de calcio de 0.0 y 192.0 mg/l y de magnesio de 0.0 y 24.3 mg/l son las que establecen la distribución y abundancia de macrófitas acuáticas. Asimismo, Hutchinson (1970) manifiesta que *Myriophyllum*

alterniflorum se puede desarrollar en aguas calcáreas, pero con bajos contenidos de calcio del orden de 0.6 a 35.2 mg/l.

SODIO Y POTASIO

El sodio fue el segundo elemento que registró valores altos en las aguas de los lagos, particularmente en los meses de marzo a mayo, que coincidieron con la época de estiaje y los más bajos se registraron en los meses de junio a septiembre durante la época de lluvias.

El potasio fue el elemento que registró los valores más bajos de los cationes, manteniendo uniformidad en su concentración en el agua de ambos lagos, fluctuando entre 0.2 a 0.5 mEq/l.

Los bajos contenidos de sodio en el agua, permitieron el establecimiento de numerosas especies acuáticas, ya que es sabido que el alto contenido de sodio es limitante para las plantas acuáticas (Crowder et al., 1977).

FOSFORO Y NITROGENO

Las más altas concentraciones de fósforo se registraron en el mes de mayo para ambos lagos, coincidiendo con la época de estiaje, mientras que las concentraciones altas de nitrógeno se presentaron durante los meses de junio a octubre, correspondiendo a la época de lluvias.

La concentración de fósforo y nitrógeno presentes en los lagos determina el desarrollo excesivo de *Egeria densa*, hidrófita sumergida que aprovecha considerablemente estos dos elementos como nutrimentos, formando agrupaciones muy densas en los lagos cubriendo el 60% del área.

Pip (1979) establece que el fósforo es uno de los elementos más importantes en la distribución de las macrófitas ya que muchos taxa son influidos por este factor. En este sentido, Valleryne (1978) indica que el nitrógeno y el fósforo son los dos elementos que más comúnmente limitan el crecimiento vegetal, siendo que la captación biológica de estos es extremadamente rápida, de aquí que los organismos juegan un papel importante en la regulación de sus contenidos en la naturaleza, por lo que estos vegetales absorben el fósforo, metabolizándolo rápido y almacenando el excedente para utilizarlo posteriormente bajo condiciones de deficiencia.

8.5.3 Influencia de los factores fisicoquímicos del sedimento

TEXTURA

La constitución física de los sedimentos parece ser uno de los factores más importantes en el establecimiento de las hidrófitas. Sculthorpe (1967) señala que la influencia del sedimento es importante en la distribución de las comunidades de hidrófitas enraizadas, debido principalmente a la textura antes que a la composición química.

La condición textural de los sedimentos, principalmente del tipo arcilloso-arenoso favoreció considerablemente el establecimiento y desarrollo de las hidrófitas. En los lagos este factor fue determinante, particularmente en las áreas rocosas y de arena-migajonosa, donde el desarrollo de hidrófitas enraizadas sumergidas como *Potamogeton pusillus* var. *pusillus* y *P. illinoensis* se vio limitado y las emergentes como *Eleocharis densa*, *Polygonum amphibium*, *P. mexicanum* y *P. punctatum* var. *eciliatum* fueron escasas, debido esto a la poca disponibilidad de nutrimentos ocasionado por la escasa retención y la baja capacidad de intercambio catiónico que poseen los sedimentos de textura gruesa. Por el contrario, existió mayor afinidad de las hidrófitas a colonizar habitats con sedimentos de textura más fina, que aquellos con sedimentos gruesos o rocosos, donde el mejor establecimiento de especies caracterizadas como colonizadoras de sedimentos fangosos fueron *Typha latifolia*, *Bidens laevis*, *Carex hermannii*, *C. lurida*, *Glyceria striata* y *Arenaria paludicola*, entre otras. Explicándose esto, en parte, a la gran actividad química y biológica que juegan las fracciones finas de arcilla y limo, por la abundancia de especies que proporcionan alta capacidad de intercambio catiónico absorbidos en la superficie como el calcio, magnesio, sodio y potasio, siendo una fuente importante de nutrimentos (Thompson, 1974).

Pond (1905) manifiesta que los suelos sobre los cuales existe mayor abundancia de especies están compuestos texturalmente por arena, arena fina con escaso limo, limo fino y arcilla.

Catling y Dobson (1985) y Collins et al. (1987) consideran que el mejor desarrollo de algunas especies como *Potamogeton crispus* y *P. pusillus* se presenta sobre sedimentos que contienen limo o arcilla, pero que ocasionalmente pueden crecer en grava o arena y no en sustratos orgánicos, mientras que Pip (1979) establece que el sustrato constituido por arena-grava fue el mejor para el desarrollo de *Potamogeton illinoensis*, *P. pusillus*, *Polygonum amphibium* y *Myriophyllum heterophyllum*, considerando que más de la mitad de los sitios muestreados presentaron este tipo de sustrato, semejante a la textura de los lagos en estudio.

CONCENTRACION DE pH

La concentración del pH de los sedimentos varió desde los ligeramente ácidos hasta los neutros, fluctuando entre 5 a 6.8 en Zempoala y de 5.1 a 6.8 en Tonatiahua, debido principalmente al origen de la roca madre y el suelo del área que es de tipo volcánico.

8.6 IMPACTO DEL HOMBRE SOBRE LA FLORA Y LA VEGETACION ACUATICA

En contraste con las plantas terrestres, las plantas acuáticas y subacuáticas no son permanentes en su habitat. Con el tiempo, se encuentra que una especie puede ser abundante en un año y desaparecer en otro, debido a la fluctuación del nivel del agua, destrucción artificial, contaminación y modificación de la superficie del suelo, siendo algunas especies capaces de sobrevivir, creando estos disturbios habitats para otras especies (Dalton y Novelo, 1983).

Rzedowski (1978) manifiesta que el hombre, a través de sus actividades, ejerce mayor influencia sobre gran parte de la vegetación acuática, la cual se ha manifestado de manera particular en las últimas décadas, en función del adelanto técnico, la industrialización, el crecimiento de las ciudades y las necesidades de sus pobladores. Esto ha ocasionado que se desequen ríos, lagos y arroyos, afectando paralelamente la vegetación acuática de estos sitios, extinguiéndose por completo en muchos y modificándose notablemente en otros, tal y como sucede en los lagos del Parque.

En el Parque existe un fuerte impacto ambiental, siendo el deterioro de las comunidades acuáticas, el resultado principalmente del bombeo de agua para consumo de las poblaciones aledañas a él, como Huitzilac y Tres Marias en el estado de Morelos y Santa Marta en el estado de México. En el lago Hueyapan se estableció una estación de bombeo que surtía de agua al poblado de Huitzilac y, en la actualidad, el lago está transformado en una pradera. Del lago Acoyotongo el agua también fué bombeada durante muchos años y ahora el nivel máximo del agua es de 1.5 m. En el lago Quila, existen actualmente dos bombas que suministran de agua a los poblados antes mencionados, extrayéndose aproximadamente 12 lt/seg de agua fuera de Quila en el transcurso del día; durante la noche se bombean 15 lt/seg, mientras que en la estación seca es la única época en la que no se extrae agua. Por último, del lago Zempoala; corre también un acueducto que suministra de agua al poblado de Tres Marias (Administrador del Parque, com. pers.).

Importantes en el Parque, son también los efectos directos del pastoreo por chivos, borregos, vacas y caballos, particularmente en las áreas pantanosas de los lagos Zempoala, Tonatiagua, Quila, Hueyapan y la Joya de Atezcapan. En los últimos tres lagos, durante la época de estiaje, se prende fuego al estrato herbáceo para suministrar al ganado brotes o renuevos de pastos. Esto afecta el desarrollo de nuevos individuos de plantas acuáticas y subacuáticas, que en un momento dado tenderían a desaparecer.

Todos estos factores, influyen marcadamente en el desarrollo y establecimiento de las plantas acuáticas, por lo que es imposible precisar las características de la flora original, aunado a la desafortunada ausencia de documentación histórica que, combinadas, impiden un entendimiento de los cambios ecológicos ocurridos en los lagos.

Cragg et al. (1980) manifiestan que la distribución de las plantas acuáticas está influenciada primordialmente por las prácticas de pastoreo. Asimismo, Collins et al. (1987) establecen que la perturbación humana altera las comunidades de plantas autóctonas o nativas dramáticamente, fundamentalmente por el establecimiento y dispersión de especies exóticas y la acidificación del agua, con pocos nutrientes, tal y como sucede en los lagos Zempoala y Tonatiagua con la introducción de *Egeria densa* y *Potamogeton crispus* aunado a las condiciones ambientales presentes en los lagos.

9. CONCLUSIONES

La pequeña extensión de los lagos y la variedad de habitats presentes en estos ambientes, les confieren una gran riqueza florística comparada con algunos lagos mexicanos hasta ahora conocidos, a excepción de los lagos Cuitzeo y Texcoco.

Las formas de vida mejor distribuidas, numérica y espacialmente, fueron las hidrófitas enraizadas emergentes, seguidas por las enraizadas sumergidas y por último las libremente flotadoras.

Se deduce que en relación a las afinidades florísticas de los lagos, el elemento geográfico que juega un papel importante en la composición de la flora del Parque es el boreal, pero las especies de amplia distribución en América, cosmopolitas y de afinidad neotropical, son también importantes en la composición de la flora, aunque las malezas introducidas como *Egeria densa* y *Potamogeton crispus* también juegan un papel importante en los lagos.

La composición química del agua y de los sedimentos indican que el agua de los lagos sea clasificada como del tipo "blandas", lo que ha permitido el desarrollo de especies características de este tipo de aguas, existiendo también elementos vegetales de aguas del tipo "duras".

Las bajas concentraciones iónicas y el pH ligeramente ácido, permiten que el desarrollo de las especies subacuáticas y tolerantes cubran pequeñas extensiones en el margen de los lagos, no siendo así para las estrictamente acuáticas.

Los parámetros físicos y químicos, como el nivel del agua, la textura del suelo, la composición iónica y el pH registrados en los lagos, pueden ser considerados como los parámetros principales que influyen en la distribución y desarrollo de la vegetación acuática vascular de los lagos.

La abundancia de hidrófitas enraizadas sumergidas, particularmente dominada por *Egeria densa*, *Potamogeton crispus* y *Myriophyllum aquaticum*, es debida a la fluctuación en los niveles del agua, el cual es la causa del incremento en penetración de la luz y alta productividad de estas especies.

Especies de amplio grado de tolerancia, que coinciden con aquellas de amplia distribución mundial, son las que mejor se establecieron y desarrolla bajo condiciones ecológicas diversas, tales como *Typha*, *Potamogeton*, *Lemna*, *Polygonum*, *Myriophyllum*, *Carex*, *Glyceria*, *Bidens*, *Eleocharis*, entre otras.

La flora y la vegetación acuática de los lagos del Parque, cada día es más difícil de apreciar por la drástica modificación y desaparición de los habitats acuáticos, especialmente en los lagos Compila, Acomantla, Acoyotongo, Quila, Hueyapan y la Joya de Atezcapan. Los agentes causales de la pérdida de la riqueza florística en el Parque, son la presión recreacional, la extracción del agua, la fluctuación de los niveles del agua y el pastoreo, los cuales influyen en la distribución de las plantas.

Considerando que las superficies ocupadas por los Parques Nacionales fueron decretadas para cumplir funciones educativas, recreativas y de investigación, además de proteger los recursos biológicos y los componentes del medio físico, sus finalidades en general no siempre se han respetado, por lo que el Parque ha sufrido un fuerte impacto ambiental en el cual la relación hombre-naturaleza, prácticamente no existe.

La disminución de los niveles de agua debido a la extracción para suministro a los poblados de Huitzilac y Tres Marias, en el estado de Morelos y a Santa Marta, en el estado de México, aunado a las condiciones físicas de los lagos, han acelerado de manera dramática el desbalance hidrológico y la pérdida en profundidad y en extensión que se inunda, paralela a la desaparición de los lagos y por consiguiente de comunidades vegetales acuáticas que en ellos habitan. De seguir esta tendencia, se corre el riesgo de que en pocos años puedan desaparecer los lagos y sus recursos bióticos de manera irreversible.

RECOMENDACIONES

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala es un área que encierra características naturales únicas, representadas como parte de esta área, la flora y vegetación acuática, que constituyen un patrimonio nacional, con alto valor a nivel local, nacional e internacional.

La amenaza del hombre, que se cierne sobre estos recursos naturales, esta ocasionando la destrucción de la capacidad de regeneración de las especies del Parque, la cual ha alcanzado niveles alarmantes. El desarrollo económico y social, tendrá que moderarse de alguna manera, siendo nuestra responsabilidad protegerlos, conservarlos y manejarlos, para asegurar una mejor calidad de medio ambiente y por ende la vida del hombre en el futuro.

Es importante orientar las actividades necesarias para mejorar el manejo de los recursos naturales en el Parque, en donde se deben formular políticas con objetivos adecuados para la buena administración de éste Parque Nacional, asegurando que se preparen y ejecuten programas y planes de manejo. También se deben brindar los recursos humanos y materiales suficientes para poner en práctica las actividades de manejo de esta área y, llevar a cabo actividades educativas, formales e informales y de investigación. Asimismo, es necesario el monitoreo y evaluación del Parque, para mantener esta área como muestra representativa de esta región biológica importante para México, en su estado inalterado y, asegurar la continuidad de los recursos evolutivos y el flujo genético de las especies de plantas acuáticas y en general.

La capacidad de investigación y monitoreo en el Parque es esencial para controlar el funcionamiento y la situación en que se encuentran los sistemas acuáticos y su flora en cada momento, así como también, las acciones administrativas que se estén poniendo en práctica. Los resultados de las investigaciones que se lleven a cabo deben dirigirse a los administradores del Parque para mejorar su manejo, motivo por el cual este estudio, es la base como parte importante para el desarrollo de estas y otras investigaciones.

Debido a las drásticas modificaciones que se han sucedido, fundamentalmente en el régimen hidrológico y de la presión que ha ejercido el hombre en el Parque, es importante recuperar estos sistemas acuáticos, por lo que se considera necesario integrar el inventario florístico, las características fisonómicas y estructurales, ecología y distribución de la vegetación y los aspectos de perturbación, que permitan obtener información para planear campañas educativas, encaminadas a conservar esta área, por presentar tipos de vegetación importantes, especies endémicas y en posible peligro de extinción.

Es importante tomar en cuenta que se debe asegurar que el Parque cuente con una debida protección a nivel legislativo, lo cual regulará y reducirá el impacto del hombre sobre estos recursos acuáticos derivados de la utilización del agua y por el pastoreo, los cuales constituyen factores de vital importancia en el Parque, que afectan la conservación.

Se debe desarrollar una estrategia para amortiguar los conflictos de uso de los recursos (particularmente agua y pastoreo) entre ésta área protegida y las zonas adyacentes (Morelos-México), o en su caso se debe controlar el bombeo del agua de los lagos Zempoala y Quila y detener inmediatamente el pastoreo en el área del Parque.

Se deben mantener estos lagos como ejemplos de las distintas características de todos los tipos de comunidades naturales, para proteger la diversidad florística de plantas acuáticas y representativas del Parque, particularmente para asegurar la función de la diversidad natural en la regulación del medio ambiente y evitar la pérdida de especies.

Para concientizar a los visitantes del Parque se debe preparar material escrito y/o audiovisuales a diferentes niveles, desarrollando investigaciones que produzcan información concreta y cuantificable sobre el valor actual y potencial de ésta área y de los recursos intangibles como banco de opciones, para contribuir a resolver problemas de desarrollo del Parque. Ante esto, este estudio dará la pauta para que en un futuro próximo se realice un buen programa de manejo y conservación del Parque, apoyando investigaciones de diversa índole que a su vez permitan dar a conocer a la sociedad los recursos biológicos con los que contamos y su vital importancia para el hombre, los cuales debe conservar.

Estos hechos deben ser elementos suficientes para que las autoridades responsables del manejo y conservación del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, tomen las medidas necesarias para prevenir que continúe disminuyendo la diversidad y por ende se alcance la extinción total no sólo de las plantas acuáticas, sino del sistema en sí, que es patrimonio nacional.

10. BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA C., S. 1990. *Agrostis* L. (Gramineae). En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 51-56.
- ALMEIDA L., L., GONZALEZ Y., J., HERRERA L., A., GONZALEZ T., A., LOPEZ M., N., SANDOVAL M., A. y KUHRYS, P. 1990. Paleoeología en el área de la Laguna de Quila, Estado de México. Rev. Soc. Mex. Paleontol., 2(2):91-95.
- AMERICAN PUBLISHED HEALTH ASSOCIATION. 1980. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15 Ed. Washington, DC. 874 p.
- ARREDONDO F., J.L. y AGUILAR, D. 1987. Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas, realizadas en los lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna. En. GOMEZ A., S. y ARENAS F., V. (Eds.). Contribuciones en Hidrobiología. 1a. Ed. UNAM, México. pp. 91-133.
- ASHTON, P.J. y WALMSLEY, R.D. 1976. El helecho acuático *Azolla* y su simbionte *Anabaena*. Endeavour 35(124):39-43.
- ASTON, H.I. 1973. Aquatic plants of Australia. Melbourne Univ. Press. Australia. 368 p.
- AUCLAIR, A.N.D., BOUCHARD, A. y PAJACZKOWSKI, J. 1976. Plant standing crop and productivity in a *Scirpus-Equisetum* wetland. Ecology 57:941-952.
- BARNES, R.B., RICHARDSON, D., BERRY, J.W. y HOOD, R.L. 1945. Flame Photometry: A rapid analytical procedure. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 17:605
- BEAMAN, J.H. 1979. *Arenaria* L. (Caryophyllaceae). En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. CECSA. México. Vol. I. pp. 172-175.
- BETLE, A.A. 1983. Las gramíneas de México. SARH, COTECOCA, México. Tomo I. 260 p.
- BLACKALLER, M. 1937. Contribución al estudio de las ninífáceas de los lagos y ciénegas del sur y centro del Valle de México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 7:415-455.
- BORGES S., A., GOMEZ H., M., GUTIERREZ, A., HINOJOSA, M. y VILLAREAL, O. 1984. Macrofitas acuáticas en el Lago Chapala, Jalisco. Servicio Social. UAM-Iztapalapa, México. 83 p.
- BOTTS, P.S. y COWELL, B.C. 1988. The distribution and abundance of herbaceous angiosperms in west-central Florida marshes. Aquatic Bot. 32:225-238.
- BOUYOUCOS, G.J. 1963. Directions for making mechanical analysis of soil by Hydrometer Method. Soil Sci. 42:25-30.
- BRAVO H., H. 1930. Las lemnáceas del Valle de México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 1:7-37.
- CALIX DE DIOS, H. 1991. Flora y vegetación hidrófita de Nacajuca, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 264 p.

- CARPENTER, S.R. 1981. Submerged vegetation: an internal factor in lake ecosystem succession. *Amer. Naturalist* 118(3):372-383.
- CASTAÑEDA R., J. 1977. Estudio básico del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Tesis de Licenciatura. Escuela Normal Superior de México. SEP, México. 68 p.
- CATLING, P.M. y DOBSON, I. 1985. The biology of canadian weeds. 69. *Potamogeton crispus* L. *Canad. J. Pl. Sci.* 65:655-668.
- CHAVEZ H., L. 1986. Estudio de las dicotiledóneas acuáticas y subacuáticas de los estados de Tabasco y Quintana Roo, México. Servicio Social. UAM-Iztapalapa, México. 220 p.
- COCHRANE, T.S. 1981. *Carex hermannii* (Cyperaceae), a new species from Mexico, with comments on related species at high altitudes in Middle America. *Brittonia* 33(2):225-232.
- COLLINS, D.C., SHELDON, R.B. y BOYLEN, C.W. 1987. Littoral zone macrophyte community structure: distribution and association of species along physical gradients in lake George, New York, USA. *Aquatic Bot.* 29:177-194.
- COOK, C.D.K. 1982. Pollination mechanisms in the Hydrocharitaceae. En: SYMOENS, J.J., HOOPER, S.S. y COMPERE, P. (Eds.). *Studies on aquatic vascular plants*. Roy. Bot. Soc. Belgium. Brussels. pp. 1-15.
- COOK, C.D.K., GUT, B.J., RIX, E.M., SCHNELLER, J. y SEITZ, M. 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 p.
- CORRELL, D.S. y CORRELL, H.B. 1972. *Aquatic and wetland plants of southwestern United States*. Environmental Protection Agency. Stanford, California. 1777 p.
- CRAGG, B.A., FRY, J.C., BACCHUS, Z. y THURLEY, S.S. 1980. The aquatic vegetation of Llangorse lake, Wales. *Aquatic Bot.* 8:187-196.
- CRESPO, S. y PEREZ-MOREAU, R.L. 1967. Revisión del género *Typha* en la Argentina. *Darwiniana* 14(23):413-429.
- CRONQUIST, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia Univ. Press, New York. 1261 p.
- CROWDER, A.A., BRISTOW, J.M., KING, M.R. y VANDERKLOET, S. 1977. Distribution, seasonality and biomass of aquatic macrophytes in lake Opinicon (eastern Ontario). *Naturaliste Canad.* 104:441-456.
- CRUM, G.H. y BACHMANN, R.W. 1973. Submerged aquatic macrophytes of the Iowa Great Lakes Region. *Iowa State J. Res.* 48(2):147-173.
- DAHLGREN, R.M.T., CLIFFORD, H.T. y YEO, P.F. 1985. *The families of monocotyledons*. Springer-Verlag, Berlin. 520 p.
- DALTON, P.A. y NOVELO, A. 1983. Aquatic and wetland plants of the Arnold Arboretum. *Arnoldia* 43(2):7-44.
- DI FULVIO, T.E. 1961. Sobre el episporio de las especies americanas de *Azolla*, con especial referencia a *Azolla mexicana* Presl. *Kurtziana* 1:299-302.

- ELLIS, L.L. 1955. Preliminary notes on the correlation between alkalinity and the distribution of some free-floating and submerged aquatic plants. *Ecology* 36(4):763-764.
- ERIXON, G. 1979. Environment and aquatic vegetation of a Riverside lagoon in Northern Sweden. *Aquatic Bot.* 6:95-109.
- ESPINOSA G., J. 1985. *Eupatorium* L. (Compositae). En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México Vol. II. pp. 450-465.
- ETCHEVERS, J.D. 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los suelos volcánicos de México. Serie Cuadernos de Edafología I. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 35 p.
- FLORES M., G. 1990. Eriocaulaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 247-250.
- FRIES, C.Jr. 1960. Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México. *Bol. Inst. Geol. Univ. Nac. México* 60:1-236.
- GALINDO, J. y VILLA, D. 1946. Geografía sumaria de la República Mexicana. México. 3 Vols.
- GALVAN V., R. 1990. Juncaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 278-288.
- GARCIA, E. 1965. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Inst. Geogr., UNAM, México* 1:173-191.
- GARCIA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen [para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana]. México. 71 p.
- GODFREY, R.K. y WOOTEN, J.W. 1979. Aquatic and wetland plants of southeastern United States. Univ. Georgia Press, Athens. 712 p.
- GOLDMAN, E.A. y MOORE, R.T. 1946. The biotic provinces of México. *J. Mammal.* 26(4):347-360.
- GONZALEZ E., M.S. 1990. Cyperaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología. México. Vol. III. pp. 174-237.
- GONZALEZ, M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. *Acta Bot. Mex.* 6:1-43.
- GONZALEZ R., A. 1985. Las gramíneas lacustres y palustres del Valle de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 79 p.
- GRAINGER, J. 1947. Nutrition and flowering of water plants. *J. Ecol.* 35:49-64.
- GREEN, P.S. 1962. Watercress in the New World. *Rhodora* 64:32-43.
- GUTIERREZ B., A. 1985. Descripción de la vegetación de la zona inundable de Nevería, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, México. 69 p.

- HANKS, J.P. 1985. Plant communities and ground-water levels in southern Nassau County, Long Island, New York. *Bull. Torrey Bot. Club* 112(1):79-86.
- HARMAN, W.N. 1974. Phenology and physiognomy of the hydrophyte community in Otsego Lake, New York. *Rhodora* 76(808):497-508.
- HAYNES, R.R. 1980. Aquatic and marsh plants of Alabama. I. Alismatidae. *Castanea* 45(1):31-51.
- HAYNES, R.R. y WENTZ, W.A. 1975. Potamogetonaceae. En. WOODSON, R.E. y SCHERY, R.W. (Eds.). *Flora of Panama. Part II. Ann. Missouri Bot. Gard.* 62:1-10.
- HERMANN, F.J. 1974. Manual of the genus *Carex* in Mexico and Central America. U.S. Dep. Agric., Agric. Handbook No. 467:219 p.
- HERNANDEZ L., M. 1983. Los pinos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, estado de Morelos. *Rev. Chapingo, México.* 8(39):86-93.
- HERNANDEZ L., M. 1989. Estudio aerográfico del bosque de *Abies* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 88 p.
- HERRERA, Y. y RZEDOWSKI, J. 1990. Gramineae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). *Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México.* Vol. III. pp. 34-173.
- HERTER, G. 1928. Las dos especies americanas de *Azolla* en la República del Uruguay. *Darwiniana* 2:14-18.
- HOLST, R.W. y YOPP, J.H. 1979. Studies of *Azolla-Anabaena* symbiosis using *Azolla mexicana*, I. Growth in nature and laboratory. *Amer. Fern J.* 69(1):17-25.
- HUNTER, M.L. Jr., JONES, J.J. y WITHAM, J.W. 1986. Biomass and species richness of aquatic macrophytes in four Maine (U.S.A.) lakes of different acidity. *Aquatic Bot.* 24:91-95.
- HUTCHINSON, G.E. 1970. The chemical ecology of three species of *Myriophyllum* (Angiospermae, Haloragaceae). *Limnol. & Oceanogr.* 15(1):1-5.
- HUTCHINSON, G.E. 1975. A treatise on limnology. III. Limnology botany. John Wiley & Sons. New York. 460 p.
- ISLEBE, G. y WJEIDEN, R.T. 1988. Phytosociological studies on the *Abies religiosa* forest and the lagunas in the National Park "Lagunas de Zempoala", Mexico. Internal Report Hugo de Vries Laboratorium. Univ. van Amsterdam, Holland. 59 p.
- LANDOLT, E. 1980. Biosystematische Untersuchungen in der familie der wasserlinsen (Lemnaceae). Veröff. Geobot. Inst. ETH. Stiftung Rübel Zürich. 1:247 p.
- LEADLEY, B.A. 1971. Freshwater ecology. Heinemann, London. 115 p.
- LEOPOLD, A.S. 1950. Vegetation zones of Mexico. *Ecology.* 31(4):507-518.
- LEOPOLD, A.S. 1965. Fauna silvestre de México. Aves y Mamíferos de caza. *Inst. Mex. Rec. Nat. Ren. México.* 12:655 p.

- LOT, A. 1986. Acuáticas vasculares. En. LOT, A. y CHIANG, F. (Comps.). Manual de Herbario. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México. pp. 87-92.
- LOT, A. 1991. Vegetación y flora vascular acuática del estado de Veracruz. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 226 p.
- LOT, A. y NOVELO, A. 1978. Laguna de Tecocomulco, Hidalgo. Guías Botánicas de Excursiones en México. Soc. Bot. México 19 p.
- LOT, A. y NOVELO, A. 1985. Haloragaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. II. pp. 156-157.
- LOT, A. y NOVELO, A. 1988. Vegetación y flora acuática del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Southw. Naturalist 33(2):167-175.
- LOT, A. y NOVELO, A. 1989. El pantano de Tabasco y Campeche: La reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. Memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva. INIREB, División regional Tabasco, Edo. de Tabasco, México. pp. 537-547.
- LOT, A. y NOVELO, A. 1990. Forested wetlands of Mexico. En. LUGO, A.E., BRINSON, M. and BROWN, S. (Eds.). Ecosystems of the world. 15. Forested wetlands of the world. Elsevier Publ. Co. Amsterdam, Netherlands. pp. 287-298.
- LOT, A., NOVELO, A., QUIROZ, A. y MIRANDA, G. 1978. Reconocimiento preliminar de la vegetación acuática de la región de Nacajuca, Tabasco. Informe Final de Circulación Limitada. INIREB, México. 43 p.
- LOT, A., NOVELO, A. y RAMIREZ G., P. 1986. Listados florísticos de México. V. Angiospermas acuáticas 1. Inst. Biol., UNAM, México. 60 p.
- LUMPKIN, T.A. y PLUKNETT, D.L. 1980. *Azolla*: botany, physiology and use as a green manure. Econ. Bot. 32(2):111-153.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. 4a. Ed. Omega, Barcelona. 1010 p.
- MICKEL, J.T. y BEITEL, J.M. 1988. Pteridophyte Flora of Oaxaca, Mexico. Mem. New York Bot. Gard. 46:1-568.
- MIJANGOS C., M. La vegetación y flora acuática vascular del lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. (En preparación).
- MIRANDA, F. y HERNANDEZ X., E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. México 28:29-179.
- MOORE, A.W. 1969. *Azolla*: biology and agronomic significance. Bot. Rev. 35(1):17-34.
- MORELOS O., S. y RZEDOWSKI, G.C. de. 1985. Campanulaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. II. pp. 422-429.
- MORENO P., N. 1984. Contribución al conocimiento de la flora vascular acuática y las asociaciones más comunes de la presa Rodrigo Gómez y sus afluentes, Mpio. de Santiago, Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura, UANL, Monterrey, México. 117 p.

- MORONG, T.I. 1893. The Najadaceae of North America. Mem. Torrey Bot. Club 3:1-65.
- MOYLE, J.B. 1945. Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota. Amer. Midl. Naturalist 34:402-420.
- NOVELO, A. y GALLEGOS M., M. 1988. Estudio de la flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. Biótica 13(1-2):121-139.
- NOVELO, A. y LOT, A. 1985. *Utricularia* L. (Lentibulariaceae). En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. II. pp. 373-376.
- NOVELO, A. y LOT, A. 1989. Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales. Memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva, Tabasco. INIREB, Div. Regional Tabasco, México. pp. 5-14.
- NOVELO, A. y LOT, A. 1990. Typhaceae, Potamogetonaceae, Liliaceae, Hydrocharitaceae y Lemnaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 11-14, 14-18, 24-26, 30-34, 240-247.
- ORCHARD, A.E. 1979. *Myriophyllum* (Haloragaceae) in Australasia. I. New Zealand: A revision of the genus and a synopsis of the family. Brunonia 2(2):247-287.
- OROZCO A., L. y LOT, A. 1976. La vegetación de las zonas inundables del Sureste de Veracruz. Biótica 1(1):1-44.
- PEÑA, M. 1990. Orchidaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 340-380.
- PFEIFFER, N.E. 1922. Monograph of Isoetaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 9(2):79-233.
- PIP, E. 1979. Survey of the ecology of submerged aquatic macrophytes in Central Canada. Aquatic Bot. 7:339-357.
- POND, R.H. 1905. The biological relation of aquatic plants to the substratum. U.S. Fish Comm. Rep. 19:483-526.
- RAMIREZ-CANTU, D. 1939. Contribución al conocimiento de la flora acuática del Valle de México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 10(1/2):33-64.
- RAMIREZ-CANTU, D. 1942. Observaciones ecológicas sobre la vegetación fanerogámica de la Laguna de Epatlán, Puebla. Anales Inst. Biol., Univ. Nac. México 13(2):405-415.
- RAMIREZ G., P. 1991. Flora acuática vascular (Monocotiledóneas) del estado de Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 113 p.
- RAMIREZ G., P. y NOVELO, A. 1984. La vegetación acuática vascular de seis lagos cráter del estado de Puebla, México. Bol. Soc. Bot. México 46:75-88.
- RAMIREZ-PULIDO, J. 1969. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", Morelos, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 40(2):253-290.
- RAMOS V., L. 1991. Estudio de la vegetación y flora acuática vascular de la Laguna de Yuriria, Guanajuato. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala, UNAM, México. 85 p.

- REED, C.F. 1954. Index Marsileata et Salviniata. Bol. Soc. Brot. 28:5-61
- REED, C.F. 1965. Distribution of *Salvinia* and *Azolla* in South America and Africa, in connection with studies for control by insects. Phytologia 12(3):121-130.
- REITEMEIER, R.F. 1943. Semimicroanalysis of saline soil solution. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 15:393-402.
- RICH, P.H., WETZEL, R.G. y VAN THUY, N. 1971. Distribution, production and role of aquatic macrophytes in a Southern Michigan marl lake. Freshwat. Biol. 1:3-21.
- RICO-GRAY, V. 1982. Estudio de la vegetación de la zona costera inundable del noroeste del estado de Campeche, México: Los Petenes. Biótica 7(2):171-190.
- RIOJA, E. 1942. Estudio hidrobiológico VII. Apuntes para el estudio de la Laguna de San Felipe Xochiltepec, Puebla. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 13:503-517.
- ROBELO C., A. 1974. Nombres geográficos indígenas del estado de México. (Estudio crítico etimológico). México, 250 p.
- RODRIGUEZ J., C. 1985. Scrophulariaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de. (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. CECSA, México. Vol. II. pp. 340-364.
- ROJAS M., J. 1991. Estudio de la flora y la vegetación acuática vascular del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México 78 p.
- ROMERO, H. 1965. Catálogo sistemático de los peces del Alto Lerma, con descripción de una nueva especie. Anales Esc. Nac. Ci. Biol. 14(1-4):47-80.
- ROMERO R., S. 1990. *Poa* L. (Gramineae). En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 148-149.
- ROMERO, V. 1963. Contribución al estudio de la flora de los manantiales de Chandio, Michoacán y sus alrededores. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 61 p.
- RUIZ L., M. 1984. Estudio de la composición, variación estacional y distribución espacio temporal de las clorofitas del Lago Zempoala, estado de Morelos. Mecanograma de Noveno Semestre de la Carrera de Biólogo de la ENEP-Zaragoza, UNAM, México. 35 p.
- RZEDOWSKI, G.C. de. 1979. Polygonaceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae, Cruciferae, Crassulaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. CECSA, México. Vol. I. pp. 126-136, 171-193, 198-207, 218-237, 238-254.
- RZEDOWSKI, G.C. de. 1985. Onagraceae, Umbelliferae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. II. pp. 141-156, 158-185.
- RZEDOWSKI, G.C. de y RZEDOWSKI, J. 1990. Iridaceae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. III. pp. 323-340.

- RZEDOWSKI, J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del Lago de Texcoco. Bol. Soc. Bot. México 21:19-33.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. LIMUSA, México. 432 p.
- RZEDOWSKI, J. 1985. Compositae. En. RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de. (Eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, México. Vol. II. pp. 429-641.
- RZEDOWSKI, J. y RZEDOWSKI, G.C. de. 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. Acta Bot. Mex. 12:21-24.
- SCULTHORPE, C.D. 1967. The biology of aquatic plants. Edward Arnold Ltd. London. 610 p.
- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA. (Sin fecha). Guía para el sendero ecológico del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. SEDUE, Delegación Morelos, Cuernavaca, México. 25 p.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1979. Síntesis gráfica y descriptiva. Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Parques Nacionales. México, D.F.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1979a. Carta Hidrológica Milpa Alta. México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1979b. Carta Edafológica Milpa Alta. México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1979c. Síntesis geográfica de Morelos. Anexo cartográfico. Carta estatal de regionalización fisiográfica. México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1979d. Síntesis geográfica de Morelos. Anexo cartográfico. Carta estatal hidrológica superficial. México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1987a. Síntesis geográfica y nomenclator del estado de México. INEGI. México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1987b. Mapa fisiográfico E14A49 Milpa Alta.
- SEDDON, B. 1972. Aquatic macrophytes as limnological indicators. Freshwater Biol. 2:107-130.
- SHEEN, R.H., KAHLER, H. y ROSS, E.M. 1935. Turbidimetric determination of sulfate in water. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 7:262.
- SOSA A., H. 1935. Los bosques de Huitzilac y las Lagunas de Zempoala en el estado de Morelos. México Forest. 13(5-6):39-46.
- ST. JOHN, H. 1961. Monograph of the genus *Egeria* Planchon. Darwiniana 12(2):293-307.
- STANDLEY, P.C. y STEYERMARK, J.A. 1958. Potamogetonaceae, Cyperaceae, Eriocaulaceae. En. Flora of Guatemala. Fieldiana, Bot. 24(Part I):68-72, 90-195, 374-377.
- STANDLEY, P.C. y WILLIAMS, L.O. 1963. Haloragaceae. En. Flora of Guatemala. Fieldiana, Bot. 24(Part VII)(4):566-568.
- SVENSON, H.K. 1944. The new world species of *Azolla*. Amer. Fern J. 34(3):69-84.
- TAKHTAJAN, A. 1986. Floristic regions of the World. Univ. of California Press. USA. 522 p.

- TARVER, D.P. 1980. Water fluctuation and the aquatic flora of lake Miccosukee. *J. Aquatic Pl. Management* 18:19-23.
- TAYLOR, P. 1964. The genus *Utricularia* L. (Lentibulariaceae) in Africa (south of the Sahara) and Madagascar. *Kew Bull.* 18(1):2-248.
- TECHNICON INDUSTRIES SYSTEMS. 1977. Método automatizado No. 98-70 W/A en autoanalizador II. Tech. Ind. Syst. Tarrytown, New York, USA.
- THOMPSON, L.M. 1974. El suelo y su fertilidad. Reverte, México. 530 p.
- TOMLINSON, P.B. 1983. The biology of aquatic plants. *Arnoldia* 43(2):3-6.
- TRICART, J. 1985. Pro-Lagos. Los Lagos del Eje Neovolcánico de México. *Inst. Geogr. UNAM, México.* 66 p.
- VALLENTYNE, J. 1978. Introducción a la limnología. Omega, Barcelona. 169 p.
- VARGAS M., F. 1984. Parques Nacionales de México y reservas equivalentes. *Inst. Inv. Econ. Univ. Nac. México* 266 p.
- VELAZQUEZ, J. 1971. Las plantas acuáticas de los llanos de Venezuela. *Revista Defensa Nat. (Venezuela)* 4:41-46.
- WANDER, I.W. 1942. Photometric determination of potassium. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* 14:471.
- WELCH, P.S. 1948. *Limnological methods.* McGraw-Hill Book Co., New York. 381 p.
- WETZEL, R.G. 1983. *Limnology.* 2a. Ed. Saunders, Philadelphia, USA. 743 p.
- WETZEL, R.G. y ALLEN, H.L. 1970. Function and interactions of dissolved organic matter and the littoral zone in lake metabolism and eutrophication. En: KAJAK, Z. and HILLBRICHT, A. (Eds.). *Productivity problems of freshwater Warsaw, PWN. Polish. Sci. Publis.* pp. 333-347.
- WETZEL, R.G. y HOUGH, R.A. 1973. Productivity and role of aquatic macrophytes in lakes: an assesment. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20:9-19.
- WOOD, R.D. 1975. *Hydrobotanical methods.* University Park Press, Baltimore, USA. 173 p.
- YAN, N.D., MILLER, G.E., WILE, I. y HITCHIN, G.G. 1985. Richness of aquatic macrophyte floras of soft water lakes of differing pH and trace metal content in Ontario, Canada. *Aquatic Bot.* 23:27-40.