



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

INFLUENCIA DE LAS HIDRÓFITAS SOBRE LA
ESTRUCTURA TRÓFICA DE PECES EN MANANTIALES DE
LA CUENCA LERMA – CHAPALA, MICHOACÁN.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G A
P R E S E N T A:
NOEMI ZEA ESCALONA

DIRECTOR DE TESIS:
DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ



2004



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Influencia de las hidrófitas sobre la estructura trófica de peces en
manantiales de la Cuenca Lerma-Chapala, Michoacán.

realizado por Noemi Zea Escalona

con número de cuenta 9217430-4 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dr. Luis Zambrano González.

Propietario

Dr. Gerardo Pérez-Ponce de León.

Propietario

M en C. Leticia Huidobro Campos.

Suplente

M en C. Xavier Gilberto Valencia Díaz.

Suplente

M en C. Eduardo Alberto Pérez García.

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

m. en C. JUAN MANUEL RODRIGUEZ CHAVEZ



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

DEDICADO

A *mamá Juanita (†)* y *mamá Tere (†)* por su amor, por permitirme compartir parte de su vida y su sabiduría

A *Elenita (mi madre)*:

Gracias má por ser la persona más importante en mi vida, ser mi mejor amiga, por enseñarme y darme las armas para afrontar la vida en todas las circunstancias, por impulsarme a salir siempre adelante y si hay un tropiezo levantarme e intentarlo de nuevo una y otra vez hasta lograr lo correcto, gracias por ser la mujer que eres y mi ejemplo a seguir, **TE QUIERO MUCHO MÁ.**

A *Rodolfo (mi padre)* gracias a ti supe seguir a delante en los momentos más difíciles de mi vida.

A *mis hermanos*:

Arica, gracias por estar siempre conmigo, por todo ese apoyo incondicional por ser tan chida y por ser una mujer muy trabajadora; *Gaby* por enseñarme que las cosas se deben de realizar lo mejor posible, por ese carácter y ser cada día mejor; *Any* por mostrarme que ante las situaciones difíciles hay que tomarlas con tranquilidad y que siempre hay que sonreír; *Juanito* gracias brother, por ser antes que nada un amigo, a no dejar las cosas a medias, a salir siempre adelante, impulsándome por aprender cada día más, por alentarme en mis estudios, por ese apoyo gracias.

A *Ricardo (mi cuñado)* por ser buena onda; *Kikis (mi sobrino)* gracias enano por recordarme que a veces es bueno ser niña otra vez, por sonreírle a la vida, por no olvidarme de preguntar y cuestionarme las cosas por mas sencillas que parezcan.

Y ante todo gracias **DIOS** por permitirme llegar hasta donde estoy y tener la familia que tengo.

Esta tesis es por y para ustedes.

La ciencia suele tener raíces muy amargas, pero sus frutos pueden ser muy dulces.

Aristóteles.

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dr. Luis Zambrano por permitirme ser parte de su equipo, por su asesoría y por todo el tiempo que dedicó para la realización de esta tesis.

Al Dr. Gerardo Pérez, M. en C. Leticia Huidobro, M. en C. Xavier Valencia y al M. en C. Eduardo Pérez por todos sus comentarios tan acertados y oportunos que permitieron que esta tesis se enriqueciera y fuera mejor.

Al M. en C. Omar Domínguez, a la M. en C. Leticia Huidobro, M. en C. Xavier Valencia y Rosi por su ayuda en la identificación de peces y por su valiosa amistad.

Al Dr. Alejandro Novelo por su ayuda en la identificación de hidrófitas, así como a la ayuda incondicional de Lulú y de Rigo.

Al geógrafo Julio A. Contreras por su ayuda en la elaboración de mapas locales y regionales.

A mis compañeros de campo Joel y Teo por hacerme más amenas las salidas, así como el enseñarme teórica y prácticamente más acerca de la biología.

Gracias a mis amigos Celeste, Claudia, Wendy, Verónica, Luz María, Sara, Raúl, Juan Carlos, Abel por que a pesar del tiempo, la distancia y las circunstancias me han enseñado el valor de la verdadera amistad, por permitirme compartir momentos de mi vida con ustedes, gracias.

A Nayeli, Diana, Ramón, Quique, Richie, José (condiscípulo), Noe, Oscarín, Javi, Luisa, Agus, Roque, Marco, Consuelo, Cinthia por brindarme su amistad y por esos momentos tan agradables que jamás se olvidaran, por demostrarme que la Universidad no es solo estudio si no también un intercambio de ideas y respeto a las mismas, gracias.

Así como también a la beca otorgada por medio del proyecto PAPIIT-UNAM No. IN205501 para la realización de esta tesis. A la Universidad Nacional Autónoma de México y sus dependencias por darme la oportunidad de pertenecer a esta importante casa de estudios, permitirme formarme de manera personal y profesional, por su gran diversidad cultural. ¡MIL GRACIAS!

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. FACTORES FISICO-QUIMICOS	4
1.1.1.pH	4
1.1.2.Turbidez	5
1.1.3. Concentración de O ₂	5
1.1.4. Salinidad	6
1.1.5. Temperatura	7
1.1.6. Profundidad	7
1.1.7. Tipos de lagos	10
1.2. FACTORES BIÓTICOS	11
1.2.1. Hidrófitas	11
1.2.2. Peces	14
1.2.3. Relación peces-hidrófitas	15
2. HIPÓTESIS	17
3. OBJETIVO GENERAL	17
4. OBJETIVOS PARTICULARES	17

5. ÁREA DE ESTUDIO	18
6. MÉTODO	21
7. ANÁLISIS DE DATOS	23
8. RESULTADOS	26
9. DISCUSIÓN	44
10. CONCLUSIONES	51
11. LITERATURA CITADA	52
12. APÉNDICE	60

RESUMEN.

La heterogeneidad de hábitats promueve la diversidad de especies. En sistemas acuáticos esta heterogeneidad depende de factores tanto abióticos (pH, oxígeno disuelto, temperatura, profundidad, entre otras) como bióticos (diversidad y formas de crecimiento de plantas). La cuenca del Lerma-Chapala presenta una alta diversidad de especies ícticas de las cuales el 58% son endémicas. Es posible que uno de los factores que contribuye a esta alta diversidad pueda ser la cobertura y diversidad de hidrófitas. Debido a ello el presente trabajo pretendió comprender la relación que pudiera existir entre la diversidad de hidrófitas (plantas acuáticas) y la diversidad de peces en seis manantiales de la cuenca Lerma-Chapala. En tres muestreos que abarcaron los meses de mayo, septiembre y diciembre del 2002 se colectaron peces e hidrófitas y se registraron parámetros físico-químicos en los manantiales. Se obtuvo un total de 21 especies ícticas y 29 especies de hidrófitas. Los resultados obtenidos sugieren que existe una relación entre los valores de diversidad de peces con respecto a hidrófitas. También se encontró una relación parabólica de la cobertura de hidrófitas con respecto a la diversidad de peces. Esta relación sugiere que la cobertura vegetal óptima en estos manantiales se encuentra entre el 50 y 60% para obtener la mayor diversidad de peces. Uno de los gremios que tuvo mayor representación en los seis manantiales fue el de los omnívoros, mientras que el tipo de crecimiento más representado en las hidrófitas fue las enraizadas emergentes. Respecto a los diferentes gremios que tuvieron los peces, éstos no tuvieron preferencia alguna por las diversas formas de crecimiento que tienen las hidrófitas, no obstante los insectívoros prefieren estar en sistemas con coberturas altas; al contrario de los piscívoros que están en coberturas bajas y al parecer a los herbívoros y omnívoros no les afecta la cobertura. Esta preferencia por las coberturas puede deberse a los diversos tipos de alimentación que tienen los peces, al tamaño y etapa de desarrollo de cada especie, así como la protección que les ofrece las hidrófitas y por ello la preferencia a las diversas coberturas. El presente estudio sugiere que existe una relación fuerte entre las plantas y los peces, resaltando la necesidad de realizar estudios más específicos que permitan entender como se estructuran estas comunidades.

1. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica de una comunidad está medida en función tanto del número de las especies que la componen como de su abundancia relativa (Krebs, 1985). Por lo tanto, la diversidad refleja en parte como está estructurada una comunidad. Al mismo tiempo una mayor diversidad genera más posibilidades de relaciones interespecíficas; más variadas y numerosas pueden ser las conexiones de las redes tróficas (Allan, 1995). La diversidad en una comunidad depende de diversos factores como la existencia de hábitats discontinuos o heterogéneos (Pianka, 1982). El hábitat es el espacio en el cual viven los organismos con sus condiciones bióticas y abióticas (Colinvaux, 1980). Cuanto más complejo espacialmente sea un hábitat, más especies diferentes puede albergar (Lobo, 1993). En sistemas dulceacuícolas existen factores bióticos y abióticos que intervienen en esa heterogeneidad de hábitats; algunos de los factores que se pueden mencionar son: la temperatura, profundidad, pH, oxígeno disuelto, así como la estructura y diversidad de plantas acuáticas (hidrófitas).

En particular, la vegetación acuática llega a ser considerada de suma importancia en las interacciones entre los animales que viven a sus alrededores puesto que interactúa estrechamente con éstos (Arriaga *et al.*, 2000). Las hidrófitas proveen de alimento y refugio para muchos organismos. Este refugio puede servir contra los depredadores o incluso contra factores abióticos como las de corrientes de agua y temperaturas extremas (Eugéne, 2002). El tipo de refugio cambia dependiendo de las diferentes formas de vida y de estructuras vegetales como son las raíces fibrosas, tallos postrados, hojas anchas y flotantes, entre otras (Colinvaux, 1980; Lobo, 1993). En los ambientes dulceacuícolas las plantas acuáticas se dividen en: enraizadas sumergidas, enraizadas de hojas flotantes, enraizadas emergentes, enraizadas de tallos postrados, libres flotadoras y libres sumergidas (Lot y Novelo, 1988; Odum, 1972).

Sin embargo, se sabe muy poco del efecto de las plantas sobre especies de peces que son primordialmente zooplantívoros o insectívoros (Domínguez, 2004) y que por su tamaño son presas fáciles de especies introducidas y de aves que anidan en los manantiales. Por lo tanto, es muy probable que las plantas jueguen un papel fundamental en proveer de alimento y refugio a estos peces.

Los cuerpos de agua de la Cuenca Lerma-Chapala poseen una gran diversidad de peces de tallas pequeñas (Domínguez, 2004). Como ejemplos de esta fauna íctica podemos mencionar a las familias Goodeidae y Atherinopsidae (charales) que presentan un alto grado de endemismos en esta región (Berlanga *et al.*, 1997). Las actividades humanas características de la cuenca (corredores industriales, y en consecuencia alta densidad poblacional) son los principales factores que contribuyen a la pérdida de la diversidad de especies. El agua de muchos ríos, lagos y pequeños cuerpos de agua dulce ha sido extraída para satisfacer las necesidades humanas y agrícolas, lo que ha ocasionado la extinción local de diversas especies tanto de flora como de fauna (Alcocer *et al.*, 1993 y Álvarez, 1983). Aunado a esto, las especies exóticas introducidas a diversos cuerpos de agua han desplazado a especies nativas, incluso también ha llevado a algunas de éstas a la extinción local, ya sea por depredación, competencia y/o alteración de su hábitat (UNEP, 1997; Arriaga *et al.*, 2000; Zambrano y Macias-García, 2000). No obstante, a pesar de todos los factores desfavorables, la Cuenca Lerma-Chapala sigue otorgando grandes posibilidades de estudios que pueden realizarse no sólo en peces, sino también en crustáceos, moluscos e insectos que son elementos clave en las redes tróficas.

El presente trabajo pretende comprender la posible relación de la diversidad íctica con respecto a diversos factores bióticos y abióticos en manantiales de la Cuenca Lerma–Chapala (en particular con hidrófitas), con el objetivo de entender si las macrófitas son un elemento fundamental en la estructura de las comunidades de peces dulceacuícolas.

1.1 EFECTO DE ALGUNAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS SOBRE LOS ORGANISMOS QUE HABITAN EN CUERPOS DE AGUA

Para comprender la relación de las plantas y los peces es necesario también comprender cómo estos organismos pueden ser afectados por otro tipo de variables. Las condiciones y los recursos dentro de un lago limitan la distribución tanto de plantas como de peces. Por lo tanto, es necesario describirlas con el fin de discutir con todos los elementos las modificaciones de la distribución de los organismos dentro de los cuerpos de agua.

1.1.1. pH

El pH del agua en ambientes acuáticos es una condición que llega a ejercer una influencia sobre la distribución y abundancia de los organismos (Allan, 1995). Un efecto de ello se refleja en el protoplasma de las células radiculares de la mayoría de las plantas vasculares, el cual queda lesionado como resultado directo de las concentraciones tóxicas de iones H^+ y OH^- en el medio. De manera que en lugares que cuentan con valores de pH por debajo de tres o por encima de nueve, los organismos están ausentes (Begon *et al.*, 1990; Doménech, 1998).

El aumento de la acidez del agua puede actuar de dos maneras: a) directamente, afectando la regulación osmótica, la actividad enzimática o el intercambio gaseoso a través de las superficies respiratorias y b) indirectamente, incrementando las concentraciones de metales pesados tóxicos, como el aluminio, a través del intercambio catiónico con el sedimento.

El pH reduce también la calidad y variedad del alimento para los animales (Begon *et al.*, 1990; Doménech, 1998; Lampert y Summer, 1997).

1.1.2. Turbidez

La turbidez es un fenómeno producido por la absorción y la dispersión de la luz incidente en una muestra que contiene materiales en suspensión (Doménech, 1998). Estos materiales pueden ser tanto de origen inorgánico (arcillas, óxidos de hierro, manganeso, etc.) como orgánicas (ácidos húmicos y fúlvicos, taninos, algas, etc.). El origen de estos materiales es muy variado, procediendo muchas veces de la erosión y de la suspensión de los sedimentos, del crecimiento excesivo de algas, de vertidos químicos o incluso de aguas residuales (Doménech, 1998; Rozenzweig, 1997). Un color verde puede ser ocasionado debido a la presencia de altas densidades de fitoplancton. El agua amarilla o rojiza se puede deber a los compuestos de hierro. Los taninos y el humus, que surgen a partir de la descomposición de la materia orgánica producen un color que va desde el amarillo a un negro marrón (González y Gutiérrez-Hernández, 1984). La turbidez llega a reducir la actividad fotosintética sobre todo de las hidrófitas sumergidas y provoca una disminución en su densidad. También influye directamente en la actividad acuática, modificando las interacciones de depredación, en particular las visuales (Arrignon, 1979).

1.1.3. Concentración de O₂

Las dos fuentes principales de oxígeno para un ambiente acuático son: 1) del oxígeno que puede ser absorbido del aire y 2) de las reacciones fotosintéticas de la vegetación acuática y del fitoplancton (Margalef, 1993). El oxígeno es consumido por la respiración y por la descomposición de sustancias orgánicas. Por lo tanto los organismos acuáticos influyen, tanto en la incorporación como en el consumo de oxígeno del agua (Clarke, 1980;

Margalef, 1983). La concentración de oxígeno que contiene un ambiente acuático puede variar desde la sobresaturación hasta la falta completa de éste. Los organismos acuáticos presentan una gran variedad de adaptaciones para obtener las cantidades suficientes de oxígeno del medio (Pielou, 1998). La mayoría de los peces y crustáceos, poseen mecanismos especiales para atraer continuamente el agua a sus branquias y así obtener el O₂ necesario (Allan, 1995). Algunos peces, sin embargo, realizan este proceso haciendo llegar el agua a sus branquias al nadar con rapidez manteniendo la boca abierta (Clarke, 1980; Pielou, 1998). Es difícil determinar las condiciones mínimas de oxígeno que necesitan los diferentes animales acuáticos, ya que muchas veces dependen de la temperatura o del pH, así como del metabolismo que presenta cada organismo (Begon *et al.*, 1990). Cuando se realiza la respiración por parte de grandes poblaciones de organismos acuáticos o se lleva a cabo la descomposición de grandes cantidades de sustancias orgánicas la concentración de oxígeno se reduce a un nivel muy bajo, que en casos extremos puede llegar a provocar mortandad en flora y fauna acuática (Clarke, 1980; González y Gutiérrez-Hernández, 1984). De manera similar, cuando la fotosíntesis es más intensa que la respiración, el oxígeno puede ser cedido al agua más deprisa de lo que puede ser consumido, provocando valores de sobresaturación hasta de un 300% en aguas dulces (Clarke, 1980; Lampert y Summer, 1997). Estos estados de sobresaturación llegan a provocar mortandad de peces por embolia gaseosa (Arrignon, 1979).

1.1.4. Salinidad

Generalmente la salinidad en ambientes dulceacuícolas es de menos de 0.5 ppm, en comparación con 30 a 37 ppm del agua de mar (Odum, 1972). Para muchos organismos acuáticos, la regulación de la concentración de los líquidos corporales constituye un proceso vital y en muchas ocasiones energéticamente caro. La salinidad de un ambiente acuático puede ejercer una

importante influencia sobre la distribución y abundancia de las especies, así como en la diversidad de la comunidad (Begon *et al.*, 1990).

Existen organismos que presentan una tolerancia pequeña para los cambios de salinidad y son llamados estenohalinos (especies limitadas al mar o al agua dulce). Las plantas y animales que son capaces de tolerar una amplia variación en la salinidad se conocen como eurihalinos (por ejemplo organismos que migran del agua dulce a la salada, o viceversa). Existen algunas especies que pueden soportar amplias diferencias de salinidad, siempre y cuando se adapten de manera gradual y no de manera inmediata (Hutchinson, 1975). En caso contrario que no se logre esta adaptación, se producirán emigraciones y mortandades masivas, ya que una presión osmótica elevada puede provocar fenómenos de difusión a través de las paredes celulares a nivel de las branquias, ocasionando la muerte de esas células (Arrignon, 1979; Soto-Galera, 1999).

1.1.5. La temperatura

La temperatura modifica al agua en su densidad, viscosidad, solubilidad de gases en especial al oxígeno disuelto, así como a la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas (Kimball, 1986). En pequeños cuerpos de agua (charcas, manantiales, etc.) existe una estrecha relación de la temperatura del agua con la del ambiente. Sin embargo, en ciertos momentos del día existe una discontinuidad térmica que se puede romper por la acción del viento. Algunos otros factores llegan a influir en la temperatura del agua, como la latitud, descargas de sustancias orgánicas y químicas al medio (De la Lanza y García, 1995; Doménech, 1998).

1.1.6. Profundidad

Ni la profundidad de los cuerpos de agua, ni la altitud de los terrenos ejercen una acción directa sobre los organismos. Sin embargo, con la

profundidad varían muchas características físico-químicas del agua, una de ellas es la presión y otra la temperatura. Estas dos variables determinan junto con la cantidad de sólidos disueltos la densidad del agua (Eugéne, 2002). En aguas dulces durante el verano se presenta una densidad más baja en la superficie, donde el agua se ha calentado por el sol y una densidad más alta conforme se incrementa la profundidad. De manera general, el calor no llega a profundidades más grandes de los cuerpos de agua, ya que el viento no logra mezclar verticalmente las aguas, originándose por tanto, una estratificación en la columna de agua (Díaz, 1989; Margalef, 1993). La estratificación, no es más que la disposición en capas del agua con diferentes temperaturas en un cuerpo de agua que se realiza cuando en la superficie se disipa el viento y se remueven las masas de agua. A partir de cierta profundidad la mezcla ya no se realiza debido a que aumenta la densidad. Existe entonces un gradiente brusco de temperatura y densidad que indica que dejan de mezclarse las aguas superficiales y las profundas, a este cambio brusco se le llama termoclina (Díaz, 1989; Smith, 1980). En general, la zona de contacto entre aguas de diferentes características (temperatura, turbidez, salinidad), que permanecen sin mezclarse entre sí debido al cambio de densidad se llama pycnoclina (Díaz, 1989; Doménech, 1998).

La profundidad limita la distribución de los productores primarios. Las plantas también tienen reducida su distribución hasta donde puede llegar la luz. En aguas quietas las algas verdes (clorofíceas) ocupan las aguas más superficiales, en cambio las algas rojas y pardas adquieren cierta ventaja sobre las primeras, esto sucede en aguas más profundas, donde resultan más efectivos sus pigmentos y son capaces de absorber las radiaciones de más corta longitud de onda (Barnes y Mann, 1994; Díaz, 1989; Odum, 1972). La mayor parte de la energía luminosa se detiene en la superficie a poco más de 1 m de profundidad. Por tanto, es casi imposible que exista fotosíntesis en aguas profundas, debido a la falta de luz (Margalef, 1983).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua, varía también con la profundidad (Krebs, 1985). Por otra parte, las aguas eutróficas están cargadas de nutrientes, lo que permite un desarrollo del fitoplancton, de manera que cede oxígeno a la atmósfera. En las capas superficiales se produce sobresaturación de oxígeno por fotosíntesis, de manera que éste se difunde hacia la atmósfera (Hutchinson, 1975; Margalef, 1993). Las aguas profundas y frías tienen una mayor presión y pueden llegar a concentrar una mayor cantidad de oxígeno respecto a las aguas superficiales, sobre todo si el agua es muy transparente y el fitoplancton se puede desarrollar a grandes profundidades. El perfil de este gas en el agua se denomina ortogrado y es característico de lagos oligotróficos (pobres en nutrientes), donde el oxígeno no tiende a oxidar materia orgánica acumulada (Lampert y Summer, 1997; Pielou, 1998). Si el agua se mezcla perfectamente la concentración de oxígeno, alcanza el mismo valor a cualquier profundidad. Si se trata de un lago eutrófico, la concentración de oxígeno tiende a ser menor con la profundidad, debido a la actividad bacteriana (Barnes y Mann, 1994). En este caso el perfil se le llama clinógrado. La profundidad constituye, por lo tanto un parámetro de referencia de la variación de los factores ambientales de acción directa sobre la fisiología y la distribución espacial de los organismos (Díaz, 1989).

Debido a la temperatura, la profundidad y al viento, en los lagos se realiza una mezcla vertical del agua (sobre todo en función de la profundidad) provocando que se originen diversos tipos de lagos: 1) los lagos meromícticos son profundos y la mezcla anual de las aguas es incompleta. En estos lagos existe una zona profunda y estancada, casi desprovista de oxígeno y donde la composición química y la temperatura del agua son constantes; 2) los lagos holomícticos son menos profundos y las aguas presentan una mezcla vertical completa. En ciertos periodos del año se presenta una estratificación térmica (termoclina). Cuando la mezcla se produce una vez al año, al lago se le llama monomíctico, dos veces por año se le llama dicmíctico y si es más de dos

veces al año se le llama polimíctico (Margalef, 1983; Pielou, 1998). En lagos tropicales cuya superficie presenta de manera constante una temperatura elevada, no tienen un ciclo estacional de estratificación y se les conoce como amícticos. En los lagos amícticos la materia orgánica muerta se acumula en el fondo, así como las sales nutritivas que se forman por descomposición bacteriana. La productividad de estos lagos depende del ascenso de las sales nutritivas a la superficie, que en estos casos se realiza gracias a los movimientos de migración del zooplancton (Burel y Baudry, 2002; Dajoz, 2002; Pielou, 1998).

1.1.7. TIPOS DE LAGOS

Las características físico-químicas de los lagos permiten clasificarlos con base en su productividad primaria de la siguiente manera:

Lagos oligotróficos.

Son lagos con poca productividad y poseen aguas pobres en nitrógeno y en fósforo. Presentan poco fitoplancton el cual está compuesto principalmente de clorofíceas y diatomeas, con algunas cianofíceas. El contenido de oxígeno disuelto es elevado, las aguas son azules o transparentes. La vegetación acuática es escasa o ausente (Dajoz, 2002; González y Gutiérrez-Hernández, 1984; Margalef, 1993).

Lagos eutróficos.

Son lagos con mucha productividad, puesto que tienen aguas ricas en nitrógeno y fósforo, normalmente son poco profundos, la vegetación acuática está presente y la disponibilidad de oxígeno es baja (Dajoz, 2002; Margalef, 1983).

Lagos distróficos.

Son lagos con productividad variable (pasan de oligotróficos a eutróficos). Son poco profundos y sus orillas se caracterizan por una vegetación abundante que libera gran cantidad de ácidos húmicos provocando un color marrón al agua. El agua es ácida y pobre en oxígeno. Debido a la influencia de contaminantes orgánicos muchos lagos pueden pasar de oligotróficos a eutróficos (Dajoz, 2002; González y Gutiérrez-Hernández, 1984; Margalef, 1993).

1.2. FACTORES BIÓTICOS

Parte de la diversidad biológica es resultado de los factores físico-químicos, pero también esta influida por las estructuras biológicas (vegetación) que crean una mayor heterogeneidad ambiental (Pianka, 1982).

Las interacciones biológicas dentro de las comunidades ecológicas son un factor fundamental, por ejemplo la competencia, depredación y mutualismo, van a determinar en muchas ocasiones si una especie o una forma de crecimiento puede subsistir en un lugar en particular (Krebs, 1985).

Debido a los múltiples factores biológicos que existe en un ecosistema sólo se hablara en particular de las que serán objeto de estudio.

1.2.1. Hidrófitas

Las hidrófitas constituyen parte importante en la producción primaria, que en comunidades herbáceas emergentes como los tulares, carrizales y popales alcanzan valores muy altos, de hasta 75 toneladas por hectárea al año (Arriaga *et al.*, 2000; Ramírez y Novelo, 1984). Además intervienen en la captura, estabilización y formación de sedimentos, evitan la erosión en los márgenes de los ríos, lagunas, lagos y pequeños cuerpos de agua (manantiales, cenotes, etc.) evitan también el asolvamiento y favorecen la transparencia y oxigenación del agua. Otras funciones de las hidrófitas son las

de servir como refugio, zonas de crianza para un sinnúmero de organismos en etapas larvianas y como sustrato para especies epibiontes (moluscos, gusanos y protozoarios) (Arriaga *et al.*, 2000; Novelo y Lot, 1987). Además las hidrófitas son utilizadas como refugio por vertebrados (anfibios, reptiles y peces) e invertebrados (crustáceos, moluscos, etc.). Es posible que la diversidad de hidrófitas que se encuentra en la Cuenca Lerma-Chapala influya también en la diversidad de la fauna.

La diversidad de hidrófitas en la Cuenca Lerma-Chapala está representada por 86 familias, 262 géneros y 763 especies (Lot y Ramírez-García, 1998). Las hidrófitas presentan diversas formas de crecimiento dividiéndose en:

- ❖ Enraizadas sumergidas: son aquéllas que se encuentran enraizadas en el sedimento y todas sus partes se mantienen inmersas en el agua como: *Najas guadalupensis*, *Podostemum ricciiforme*, *Potamogeton illinoensis*, *P. pectinatus* y *Tristicha trifaria* (Alfaro, 1983; Lot y Novelo, 1988; Ramírez y Novelo, 1984; Odum, 1972).
- ❖ Enraizadas de hojas flotantes: se caracterizan por estar arraigadas al sustrato, presentan las hojas postradas sobre la superficie del agua y las flores ligeramente levantadas, como *Nymphaea mexicana*, *N. jamesoniana* y *N. gracilis* (Alfaro, 1983; Lot y Novelo, 1988; Ramírez y Novelo, 1984; Odum, 1972).
- ❖ Enraizadas emergentes: son aquéllas que están enraizadas en el sustrato y gran parte de los tallos, hojas y estructuras sexuales se mantienen sobre la superficie del agua, como *Sparganium americanum*, *Heteranthera seubertiana* y *Eichhornia paniculata* (Alfaro, 1983; Lot y Novelo, 1988; Ramírez y Novelo, 1984; Odum, 1972).

- ❖ Enraizadas de tallos postrados: se caracterizan por estar enraizadas al sustrato; los tallos son de tipo estolonífero y ascienden a través del agua, produciendo pecíolos cortos y en general con estructuras vegetativas y reproductoras sobre la superficie del agua, como *Eichhornia azurea*, *Heteranthera rotundifolia* y *Pontederia rotundifolia* (Alfaro, 1983; Lot y Novelo, 1988; Ramírez y Novelo, 1984; Odum, 1972).

- ❖ Libres flotadoras: se caracterizan por estar dispersas libremente sobre la superficie del agua por la acción de los vientos y corrientes; las estructuras vegetativas y reproductoras se mantienen emergidas y sólo el sistema radicular se encuentra sumergido, como *Lemna giba*, *Spirodela polyrrhiza*, *S. intermedia* y *Wolffia brasiliensis* (Alfaro, 1983; Lot y Novelo, 1988; Ramírez y Novelo, 1984; Odum, 1972).

- ❖ Libres sumergidas: se caracterizan por no estar enraizadas; todas las estructuras vegetativas se encuentran sumergidas y sólo las reproductoras emergen ligeramente de la superficie del agua, como *Ceratophyllum demersum*, *C. muricatum* y *Wolffiella lingulata* (Alfaro, 1983; Lot y Novelo, 1988; Ramírez y Novelo, 1984; Odum, 1972).

1.2.2. Peces

En lo que respecta a peces, México presenta una diversificada ictiofauna dulceacuícola que comprende aproximadamente 500 especies agrupadas en 47 familias (Torres-Orozco, 1991). Esta diversidad se debe a diferentes factores como: la gran variedad fisiográfica, el extenso gradiente latitudinal, el aislamiento de tierras altas tropicales en la que se incluye por ejemplo, la importante fauna del Río Lerma-Chapala (Miller, 1986; Espinosa *et al.*, 1998). El 58% de la ictiofauna de la Cuenca Lerma-Chapala es considerada endémica (Miller, 1986). En esta cuenca existen aproximadamente 77 especies, incluidas en nueve familias. La familia Goodeidae sobresale con 36 especies (de las cuales 26 son endémicas de la región), así como un alto grado de endemismo en representantes de otras familias como Atherinopsidae (con 25), Catostomidae (con 3), Centrarchiidae (con 4), Cichlidae (con 19), Cyprinodontidae (con 39), Ictaluridae (con 4), Petromyzontidae (con 2) y Poeciliidae (con 36) (Arredondo y Aguilar, 1978; Castro-Aguirre, 1993).

De manera particular se mencionan algunas de las especies registradas en el estado de Michoacán: *Algansea tincella*, *Allotoca dugesi*, *Chirostoma charari*, *C. humboltianum*, *C. jordani*, *C. arge*, *Goodea atrinipis*, *Hubsina turneri*, *Hybopsis celientis*, *Notropis calientis*, *Sikiffia lermae*, *Poecilia reticulata*, *Poeciliopsis infans*, *Xenotoca variata*, *Yuriria alta* y *Zoogonecticus quitzoensis* (Barragán, 1990; Berlanga *et al.*, 1997). Muchas de las especies de la familia Atherinopsidae (particularmente el género *Chirostoma* conocidos como charales y pescado blanco) son utilizadas aun en la actualidad para el consumo humano; otras especies de la familia Goodeidae (géneros como *Allophorus*, *Goodea*, *Zoogonecticus*) son utilizados con fines de acuarismo, donde a pesar de no presentar colores vistosos son muy apreciados por los coleccionistas extranjeros, así como de servir de alimento para el ganado (Barragán, 1990; Díaz-Pardo *et al.*, 1993).

El papel ecológico que desempeñan los peces en sistemas acuáticos depende muchas veces de las diversas características físico-químicas que presentan cada uno de estos ambientes acuáticos, pero también influyen aspectos como: 1) las relaciones tróficas de las diferentes especies; 2) las relaciones depredador-presa, lo que es valioso cuando existen otros grupos que son de interés ecológico (vegetación acuática, crustáceos, moluscos, etc.) y 3) la competencia (Begon *et al.*, 1990; Yáñez-Arancibia, 1980).

1.2.3. Relación peces-hidrófitas

Las comunidades de hidrófitas son utilizadas por los peces para llevar a cabo la ovoposición, crianza de organismos en etapas larvarias, zonas de refugio, apareamiento y como fuente de alimento (Allan, 1995; Arriaga *et al.*, 2000; Soto-Galera, 1998). En diversos cuerpos dulceacuícolas en el estado de Michoacán algunas especies de peces como *Skiffia lermae* y *Goodea atripinis* tienen cierta preferencia por aquellos hábitats donde la cobertura de plantas acuáticas es exuberante, ya que éstas proveen de zonas de refugio, aunque también utilizan troncos, rocas y zonas abiertas dependiendo del tamaño de los organismos (Domínguez, 1999; Huidobro, 2000; Soto-Galera, 1998). Otro ejemplo de la influencia de las plantas en las comunidades ícticas se puede encontrar en sistemas tropicales. El tamaño y la madurez sexual de diferentes especies de peces en el Amazonas está relacionado con el tipo de plantas acuáticas, donde la mayoría de los peces juveniles capturados se colectaron cerca de las raíces de plantas acuáticas concluyendo que, las hidrófitas son utilizadas como zonas de refugio y criaderos de organismos en etapas larvarias (Sánchez-Botero, 2001). La biomasa y la densidad de peces aumenta cuando hay una mayor cobertura de plantas acuáticas, esto sucede en las lagunas del Orinoco en Venezuela (Valbo-Jorgensen, 2000). También el índice de producción de peces es significativamente más alto en hábitats donde las macrófitas sumergidas son más abundantes que en áreas donde hay poca o

nula vegetación acuática (Randall *et al.*, 1996). Las hidrófitas afectan también de manera indirecta el recurso alimenticio de peces, donde existe un impacto de éstos y las plantas acuáticas sobre la distribución horizontal de cladóceros pelágicos en lagos oligotróficos (Lauridsen *et al.*, 2001). Meschiatti *et al.* (2000) observaron en dos lagos del río Mogi-Guacu (Sao Paulo), tanto en época de lluvias como de secas la composición, diversidad y similitud de las comunidades de peces están asociadas con las macrófitas y la comunidad de peces estuvo conformada por especies de tamaño pequeño que son típicas de ambientes lénticos. Balcombe y Closs (2000) por su parte observaron que los eleótridos ocupan hábitats frecuentemente compuestos por altas densidades de macrófitas emergentes. Otros experimentos se han realizado en laboratorio y han demostrado que las plantas acuáticas sirven de refugio a ciertas presas como *Daphnia pulex* (pulga de agua) que evitan que sean comidas por el ciprínido *Pseudorasbora parva* (Pryadarshana *et al.*, 2001).

Por lo tanto, es posible que una de las influencias más grandes que existen en la estructura de la comunidad de peces sea la cobertura y el tipo de plantas que existen dentro de un cuerpo de agua.

2. HIPÓTESIS

- ❖ La diversidad y cobertura de hidrófitas presentes en cuerpos de agua dulce influye sobre la estructura de la comunidad de peces.

3. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Conocer la diversidad de hidrófitas, así como su cobertura vegetal y relacionarlo con la diversidad y tipo de alimentación que tienen los peces en seis manantiales de la Cuenca Lerma-Chapala.

4. OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Caracterizar los manantiales desde la perspectiva de sus variables físico-químicas.
- ❖ Caracterizar las comunidades de peces y de hidrófitas en cada uno de los manantiales.
- ❖ Analizar la posible relación entre los valores de diversidad de peces con los de plantas acuáticas, así como con la cobertura vegetal.
- ❖ Establecer si la cobertura y las diferentes formas de crecimiento de las hidrófitas determinan el tipo de alimentación de los peces.

5. ÁREA DE ESTUDIO

Los manantiales se localizan en la Cuenca Lerma–Chapala, en la parte central de México; esta cuenca presenta una superficie de 125,555 Km², de los que 30% pertenecen al Río Lerma, 8% al Lago de Chapala y el 62% al Río Santiago, representando el 6.4% de la superficie del territorio nacional. La cuenca Lerma-Chapala nace a 24 Km al sureste de la ciudad de Toluca y fluye hacia el noreste a través del Estado de México (Becerril, 1997; INEGI, 1998). Esta cuenca divide a los estados de Querétaro y Michoacán, se desvía al noreste a través de Guanajuato, Michoacán y Jalisco (Becerril, 1997) (Fig. 1).

A continuación se hace una breve descripción de los sitios de estudio. Los manantiales son: Chapultepec, La Luz, La Mintzita, Naranja de Tapia, Orandino y San Cristóbal, todos ellos localizados en Michoacán (Fig. 1)

* El manantial Chapultepec se localiza en las coordenadas 19° 34´ 25.8" de latitud N y 101° 31´ 18.7" longitud O, situado a 2200 msnm. Este manantial se ubica en el Municipio de Pátzcuaro. Presenta un clima templado, con veranos frescos y lluvias de junio a septiembre (INEGI, 1998).

* El manantial La Luz se localiza en las coordenadas 19° 56´ 14.7" latitud N y 102° 17´ 59.7" longitud O, con una altura de 2350 msnm. Este manantial se ubica en el municipio de Jacona de Plancarte. Presenta un clima templado con veranos cálidos y lluvias de junio a octubre (INEGI, 1998).

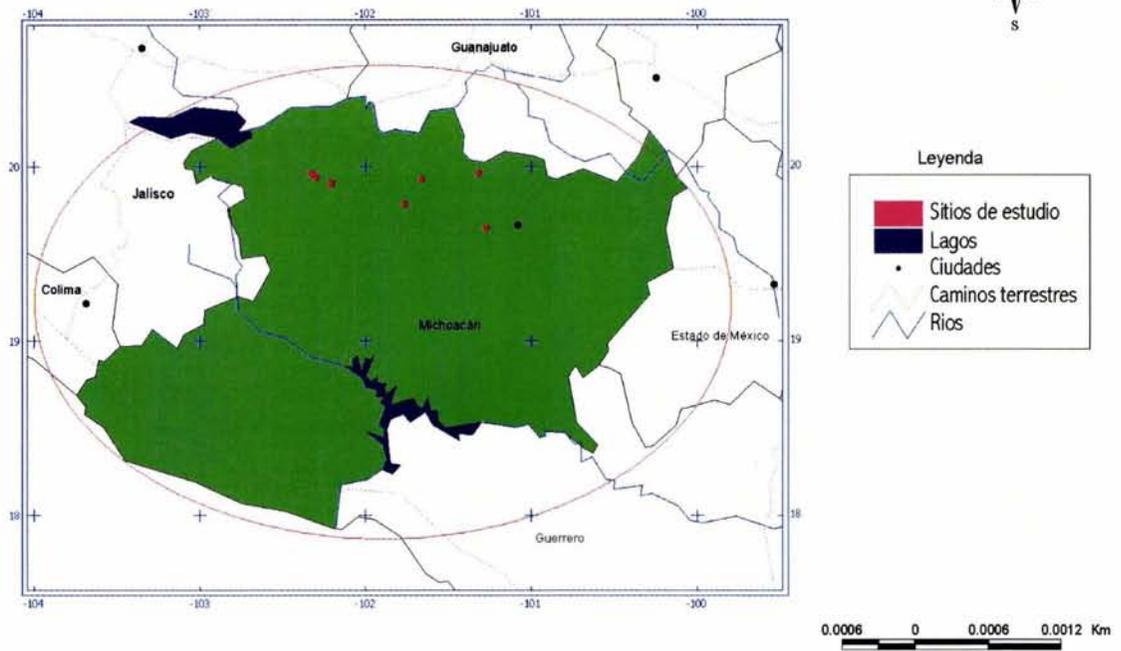
* El manantial La Mintzita se encuentra ubicado en las coordenadas 19° 38´ 40.3" de latitud N y 101° 16´ 28.5" de longitud O, a una altura de 2000 msnm. Se localiza dentro de los límites de la ciudad de Morelia. Presenta un clima templado y semi-húmedo (INEGI, 1998).

* El manantial Naranja de Tapia se localiza en las coordenadas $19^{\circ} 46' 58.2''$ latitud N y $101^{\circ} 45' 50.3''$ longitud O, con una altura de 2250 msnm. Ubicado en el municipio de Zacapu. Presenta un clima templado con veranos frescos (INEGI, 1998).

* El manantial Orandino se localiza en las coordenadas $19^{\circ} 46' 58.2''$ latitud N y $101^{\circ} 45' 50.3''$ longitud O y una altura de 2250 msnm. Localizado en el municipio de Zamora. Presenta un clima templado (INEGI, 1998).

* El manantial San Cristóbal está ubicado en las coordenadas $19^{\circ} 57' 41.6''$ latitud N y $101^{\circ} 18' 57.3''$ longitud O, a una altura de 2400 msnm. Este manantial se localiza en el municipio de Huandacareo. Presenta un clima templado semi-seco, con lluvias de junio a septiembre (INEGI, 1998).

Area de estudio: Michoacán



Sitios de estudio

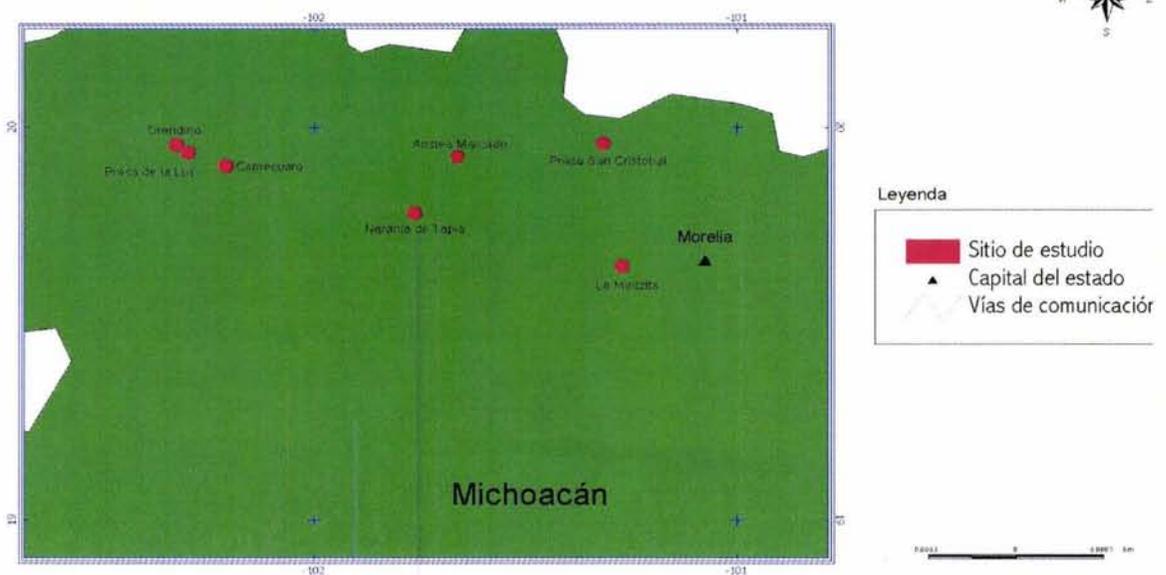


Fig.1. Localización del estado de Michoacán y sitios de estudio.

6. MÉTODO

Los seis manantiales se seleccionaron a partir de un muestreo previo. Las colectas se realizaron durante los meses de mayo, septiembre y diciembre del 2002.

*** Parámetros físico-químicos**

En cada uno de los manantiales se tomó lectura de ubicación con ayuda de un geoposicionador Garmin GPS III plus personal navigator MO.92190987 y una brújula Bronton en cada uno de los manantiales. Se procesaron los datos en el programa ARC-VIEW GIS versión 3.2 (2) para obtener la información y ubicación correcta de cada uno de los manantiales dentro de un mapa regional. En todos ellos se realizó una corrección de datos en cuanto a la latitud y longitud tomados en campo. De acuerdo a Lewis (1983), dependiendo de la altitud en donde se encuentran los cuerpos acuáticos, éstos se comportan de manera diferente, para esta corrección se tomó en cuenta la latitud con relación a la altitud para determinar la posición exacta de cada uno de los cuerpos de agua. Se tomaron parámetros físico-químicos como: temperatura del agua, profundidad, pH, oxígeno disuelto, salinidad y turbidez, con la ayuda de un Hydrolab Quanta Water Quality Monitoring previamente calibrado para cada uno de los manantiales. La transparencia se midió por medio de un disco de Secchi.

***Colecta de peces**

Los peces se colectaron por medio de trampas tipo nasas de forma rectangular (25.4 x 25.4 x 43 cm). Se utilizaron 20 nasas en cada uno de los manantiales, 10 nasas se colocaron en zonas con vegetación y 10 en zonas sin vegetación. Los peces colectados se separaron por especie, se contaron y se tomó una pequeña muestra (10-15 individuos por especie) el resto se regresó al agua. Para la preservación de los peces se utilizó formol al 4% y

posteriormente se cambiaron a frascos de vidrio en alcohol al 70%. Para la determinación de los peces se utilizaron las claves taxonómicas de Álvarez (1970), Arredondo y Guzmán (1986), Barbour y Miller (1978), Hubbs y Turner (1939).

*** Hidrófitas**

Las plantas acuáticas se colectaron en su mayoría con flor, fruto y raíz para facilitar su identificación. Cada ejemplar se etiquetó y se colocó en una prensa de madera, diariamente se les cambió el papel periódico. La abundancia de los organismos se cuantificó de manera porcentual. Una vez en el laboratorio se introdujeron en una estufa de secado a 70°C durante un lapso de 6-12 horas. Los ejemplares se identificaron con las claves de Bonilla y Novelo (1995), Mason (1957) y Prescott (1969).

7. ANÁLISIS DE DATOS

Riqueza de especies

La riqueza de especies es el recuento del número de especies en una unidad de muestreo definida (Kreyszig, 1978). Se registró la riqueza total de los cuerpos de agua para peces e hidrófitas.

Abundancia relativa

La abundancia es la representación proporcional de una especie en una muestra o una comunidad (Pielou, 1969). A partir de un número total que se obtuvo para cada especie, se obtuvo también un valor porcentual correspondiente a cada especie tanto de peces como de hidrófitas para cada manantial. Esto con el fin de conocer cuales especies eran las más y las menos abundantes en cada manantial.

Diversidad

Los índices de diversidad sirven para comparar la composición de especies de diferentes comunidades, considerando dos factores: a) la riqueza de especies y b) la abundancia relativa (Magurran, 1989; Pielou, 1969). Uno de los índices más comunes para hacer el análisis de diversidad es el de Shannon (Ricklefs, 1996).

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

donde:

H= Índice de diversidad (bits/individuo), S= número de especies, p_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i .

Correlación peces-hidrófitas

Se obtuvieron valores de correlación lineal entre la diversidad de peces y de hidrófitas. También buscando relaciones entre la diversidad de peces con cobertura. Esta correlación se realizó en Excel por medio del asistente para gráficos de tipo XY (dispersión).

Rarefacción

El análisis de rarefacción se utiliza para reflejar la relación entre el número de especies y el tamaño de la muestra (Ricklefs, 2001). En este trabajo se utilizó para analizar el tamaño de muestras en las colectas tanto de peces como de hidrófitas. Este tipo de análisis también puede ser utilizado para conocer si con el número de colectas realizadas en cada manantial fuesen las suficientes para llegar al total del número de especies que se encuentran en el sistema (Magurran, 2004). Esto se debe a que el análisis de rarefacción genera una curva similar a la de acumulación en la cual la variable independiente es el número de muestras, mientras que en la dependiente es el número de especies obtenidas. En cambio en el análisis de rarefacción la variable independiente no es el número de muestras sino de organismos colectados (Magurran, 2004; Pielou, 1969). Por lo tanto, el análisis de rarefacción ayuda a conocer si el número de organismos colectados es suficientemente alto como para sugerir que la probabilidad de que las especies han sido totalmente colectadas.

$$E(S) = \sum \left\{ 1 - \left[\frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right] \right\}$$

donde:

$E(S)$ = número esperado de especies en la muestra que se somete a rarefacción, n = tamaño muestra, N = número total de individuos colectados en la muestra que se somete a rarefacción, N_i = número de individuos en la i -ésima especie de la muestra que se somete a rarefacción.

Relación entre gremios y formas de vida de las plantas

Para conocer los diversos tipos de alimentación que tienen los peces, así como las diversas formas de crecimiento que tienen las hidrófitas se realizó por medio de la consulta bibliográfica ya existente. A partir de estos resultados se dividió a los peces en herbívoros, insectívoros, omnívoros y piscívoros. Por lo que respecta a las hidrófitas éstas se dividieron en enraizadas emergentes, enraizadas sumergidas y libres flotadoras.

Para saber si existía alguna preferencia entre los diferentes gremios de peces con respecto a la forma de vida de las hidrófitas, se utilizó las coberturas de estas últimas como variable independiente, dividiendo en coberturas bajas (0-49%) y altas (50-100%) a los manantiales. Para obtener la abundancia de los peces se tomó en cuenta el número de éstos en relación al tipo de alimentación en cada uno de los manantiales y se multiplicó por 100% (con el fin de estandarizar con los valores de las hidrófitas). Una vez divididos los cuerpos de agua en dos grupos con base en los datos de cobertura se aplicó la prueba de **t** con el programa de cómputo Statistica 6.0.

8. RESULTADOS

Los cuerpos de agua se encuentran en una franja tropical, sin embargo, se aplicó la corrección de Lewis (1983) que incluye los datos de altitud para clasificarlos de acuerdo a la temperatura. Esta corrección sugiere que los lagos se comportan como subtropicales puesto que están en altitudes que generan temperaturas bajas y por lo tanto el sistema tiene un comportamiento diferente a los tropicales. A continuación se describen los parámetros físico-químicos que se tomaron en cada uno de los manantiales.

Chapultepec.

De todos los manantiales estudiados, Chapultepec se caracterizó por ser el más profundo (valores cercanos a 3 m). La transparencia del agua llega casi al fondo. La turbidez fue la más baja con respecto a los otros manantiales (menos de 25 NTU). El oxígeno disuelto fue el más bajo (menos de 75%). Los valores de pH definen a este manantial como de aguas neutras. Es el más frío (temperaturas por debajo de los 18°C). Debido a los altos niveles de fósforo y de nitrógeno este manantial se caracterizó como eutrófico (Tabla 1).

La Luz

Este manantial tuvo una profundidad cercana a la de Chapultepec. La transparencia llegó al fondo del manantial. La turbidez fue alta (arriba de 50 NTU), el oxígeno disuelto fue alto (más de 80%). El pH obtenido (más de 7) lo cataloga como alcalino. La temperatura es de las más altas (por encima de los 20°C). Este manantial se caracterizó como meso-eutrófico de acuerdo a los niveles de nitrógeno y eutrófico con relación al fósforo (Tabla 1).

La Mintzita.

Presentó una de las profundidades más bajas (menos de 1.5m). La transparencia del agua llegó al fondo. La turbidez fue una de las más bajas

(menos de 50 NTU), el oxígeno disuelto es de los más bajos (menos del 75%), y la temperatura del agua es ligeramente mayor a 20° C. El nivel de pH (mayor a 7) lo considera como alcalino. Debido también a los altos niveles de fósforo y nitrógeno esta considerado como de tipo eutrófico (Tabla 1).

Naranja de Tapia.

Este manantial es el más somero de todos (menos de 1.5m). La transparencia es poca (menos de 0.60m), la turbidez fue baja (menos de 50 NTU). El oxígeno disuelto fue el más alto de los manantiales (más de 120%). La temperatura es ligeramente mayor a Chapultepec y San Cristóbal (menos de 20° C. El pH que presentó fue el más alto con respecto a los otros manantiales (más de 8), siendo alcalino. Naranja de Tapia se caracterizó por ser un manantial oligo-mesotrófico con base e los niveles de nitrógeno y eutrófico con relación a los niveles de fósforo (Tabla 1).

Orandino.

La profundidad en este manantial se podría considerar como media (más de 1.5 y menos de 2m). La transparencia fue la menor (menos de 0.50m). Aunado a esto los niveles de turbidez fueron los más altos (mayores a 70 NTU). Los niveles de pH lo caracterizaron como alcalino (ligeramente arriba de 8). El porcentaje de oxígeno disuelto fue alto (más de 100%) y la temperatura ligeramente mayor a Chapultepec. Este manantial se caracterizó por ser oligo-mesotrófico con respecto al nitrógeno y eutrófico con relación al fósforo (Tabla 1).

San Cristóbal.

La profundidad en este manantial fue similar a la Chapultepec. La transparencia parecida a la de Orandino. La turbidez fue menor a la de La Luz y mayor a la de La Mintzita. El pH lo define como alcalino (cerca de 8). El

oxígeno disuelto fue alto al igual que Orandino. La temperatura fue ligeramente mayor a Chapultepec. San Cristóbal se caracterizó por ser un lago meso-trófico con relación al nivel al fósforo y de tipo hiper-eutrófico con respecto al nitrógeno (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio y desviación estándar (DS) de los valores físico-químicos registrados; y caracterización de los manantiales estudiados.

Pf = profundidad (m), sal = salinidad (mg/l), Tbz = turbidez (NTU), VDS = visibilidad disco de Sechii (m), Alt = altitud (msnm), P = basado en fósforo, N = basado en nitrógeno

Manantial	PARAMETROS FÍSICO-QUIMICOS								NUTRIENTES			CLASIFICACIÓN TRÓFICA	
	Pf (DS)	T° C (DS)	Odmg/l (DS)	pH (DS)	sal (DS)	% OD (DS)	Tbz (DS)	VDS (DS)	PO ₄ mg/l-1	NO ₃ mg/l-1	NH ₄ mg/l-1	P	N
Chapultepec	2.6 (1.08)	17.6 (0.32)	6.89 (0.54)	7.16 (0.1)	0.07 (0.0)	72.2 (5.9)	21.7 (25.6)	2.18 (1.8)	0.42	1.08	3.34	eutrófico	eutrófico
La Luz	2.21 (1.5)	21.2 (0.42)	7.85 (3.2)	7.55 (0.68)	0.12 (0.05)	88.6 (36.5)	65.6 (0.55)	2.21 (1.5)	0.36	0.064	0.36	eutrófico	meso- eutrófico
La Mintzita	1.17 (0.09)	20.2 (0.23)	6.56 (1.97)	7.46 (0.22)	0.08 (0.0)	73.4 (21.5)	42 (11.5)	1.22 (0.01)	0.33	1.3	0.25	eutrófico	eutrófico
Naranja de Tapia	1.15 (0.07)	19.1 (0.63)	14.26 (4.29)	9.3 (0.18)	0.08 (0.0)	154.3 (45.7)	35 (3.8)	0.57 (0.4)	0.52	0.34	0.032	eutrófico	oligo- mesotrófico
Orandino	1.63 (0.38)	21.5 (0.5)	10.15 (3.64)	8.06 (0.76)	0.11 (0.06)	113.92 (42.7)	85.7 (24.6)	0.4 (0.0)	0.52	0.2	0.88	eutrófico	oligo- mesotrófico
San Cristóbal	2.5 (0)	18.7 (0.14)	9.4 (1.14)	7.8 (0.27)	0.08 (0)	100.53 (12.3)	53.02 (42.6)	0.45 (0.5)	0.19	1.57	0.017	meso- eutrófico	hiper- eutrófico

RAREFACCIÓN

Cuando se aplicó el análisis de rarefacción a las colectas realizadas en peces, se observó que prácticamente en la mayoría de los manantiales se colectaron casi todas las especies, excepto en Naranja de Tapia en donde sólo se pudo colectar en una ocasión (Fig. 2).

El análisis de rarefacción aplicado a las hidrófitas también sugiere que tanto Naranja de Tapia como San Cristóbal no contaron con las colectas suficientes que podrían permitir conocer el número total de especies de plantas que se encuentran en esos sistemas. El mismo análisis sugiere que en el resto de los manantiales sí se colectó prácticamente el total de las especies (Fig. 2).

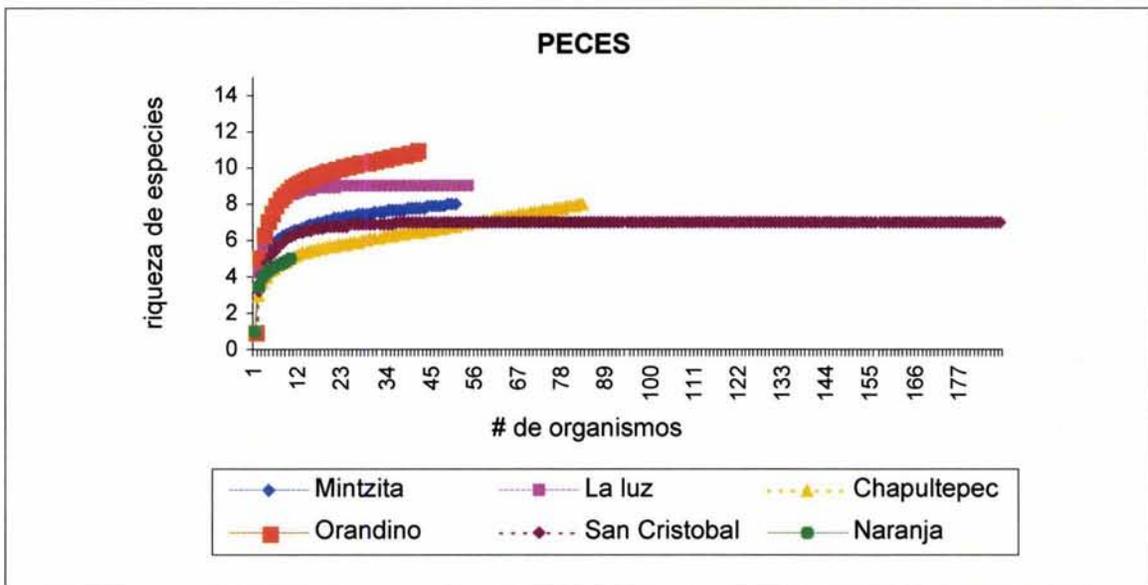


Fig.2. Curvas de acumulación de especies de peces en función del número de organismos realizadas mediante el análisis de rarefacción.

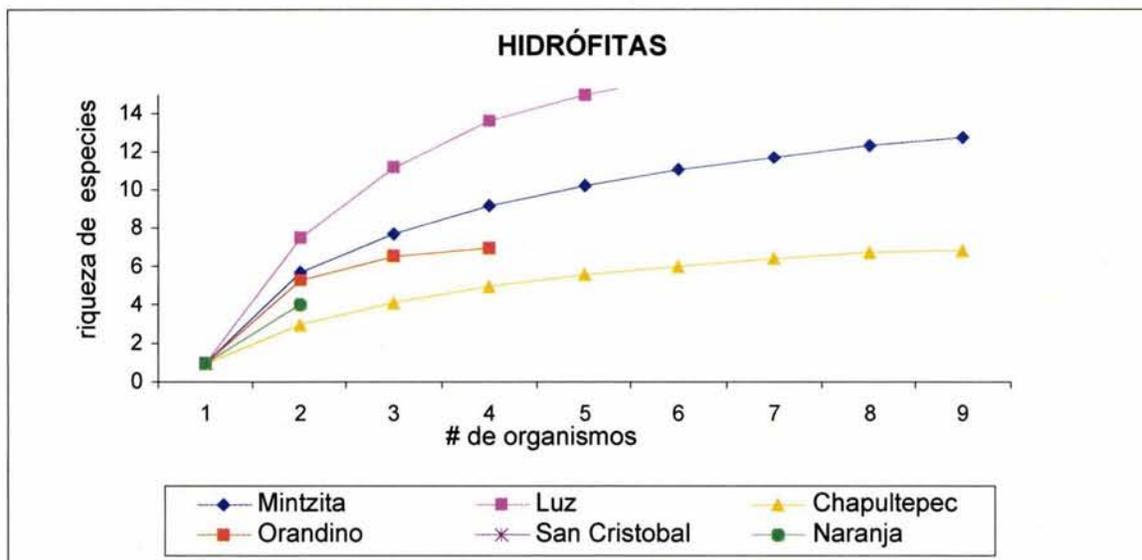


Fig.2. Curvas de acumulación de especies de hidrófitas en función del número de organismos realizadas mediante el análisis de rarefacción.

RIQUEZA Y ABUNDANCIA ÍCTICA

La riqueza íctica de los seis manantiales estuvo conformada por un total de 21 especies (Tabla 2). Orandino contó con la mayor riqueza de especies (10), mientras que Naranja de Tapia contó con la menor riqueza (5) (Fig. 3). Hay que recordar que en este último manantial no se colectó el número de organismos necesarios para conocer su riqueza total.

De todas las especies colectadas *Goodea atripinnis* fue la única que se capturó en los seis manantiales; mientras que *Zoogonecticus quitzoensis* se presentó en cinco (excepto Chapultepec); *Allophorus robustus* se capturó en cuatro (excepto Chapultepec y Naranja de Tapia) al igual que *Xenotoca variata* (excepto La Luz y Chapultepec) (Tabla 2).

Las especies más abundantes para cada uno de los manantiales fueron: *Z. quitzoensis* en La Mintzita y Orandino; *Skiffia multipunctata* en La Luz, *Skiffia lermæ* en Chapultepec; *Xiphophorus maculatus* en San Cristóbal y *G. atripinnis* en Naranja de Tapia. (Tabla. 4a). Las especies raras fueron:

Poeciliopsis sp en La Mintzita; *G. atripinnis* y *Tilapia rendalli* en Orandino; *Z. quitzoensis* en La Luz; *Poeciliopsis infans* y *Notropis calientis* en Chapultepec, cabe resaltar que esta última especie es el primer registró que se hace para este manantial; *Oreochromis niloticus* y *Poeciliopsis* sp en San Cristóbal y por último *Micropterus salmoides* en Naranja de Tapia (Tabla 4a).

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE HIDRÓFITAS

Por lo que respecta a la riqueza de hidrófitas ésta estuvo conformada por un total de 29 especies colectadas en los seis manantiales (Tabla 3). La Luz es la que presentó la mayor riqueza (17 especies), en tanto que San Cristóbal y Naranja de Tapia presentaron la riqueza más baja (4 especies cada una) (Fig. 3).

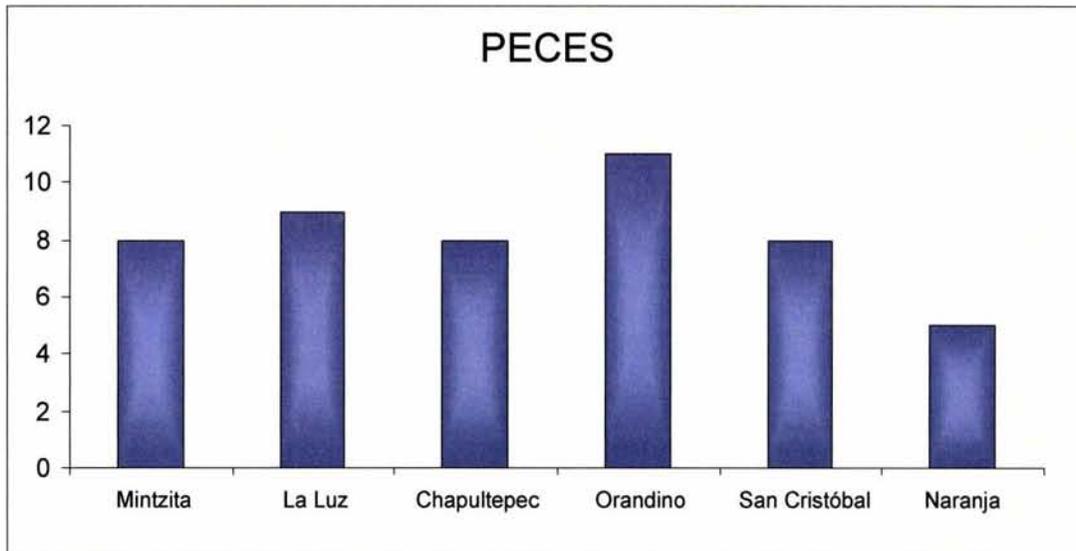
De las 29 especies de hidrófitas sólo dos se colectaron en cuatro manantiales, éstas fueron *Berula erecta* (excepto en Orandino y San Cristóbal) y *Ludwigia* sp (excepto La Luz y Naranja de Tapia) el resto de las especies sólo estuvieron en uno o dos manantiales (Tabla. 3).

La especies abundantes en cada manantial fueron: *Eichhronia crassipes* en La Mintzita; *Schoenoplectus* sp en La Luz; *Lemna gibba* en Chapultepec (abarcando casi todo el manantial); *Commelina* sp. en Orandino; en San Cristóbal no se consideró a alguna especie de hidrófita como la más abundante ya que cada una presentó igual porcentaje; *Hydrocotyle ranunculoides* fue la más abundante para Naranja de Tapia, el resto de las especies presentaron la misma proporción (Tabla 4b.). Las especies con menor abundancia fueron: *Bidens leavis* y *Polygonum* sp en La Mintzita; *Commelina* sp. *Cyperus* sp. y *M. glabratus* en La Luz; *Hydrocotyle* aff. *umbellata* en Chapultepec; *H. aff. umbellata*, *Lemna* sp., *Ludwigia* sp. y *Pistia stratiotes* en Orandino (Tabla 4b).

Tabla 2. Lista de especies ícticas, número de organismos, riqueza, H (diversidad) y su clasificación en la red trófica en los manantiales estudiados.

FAMILIA	PECES	La	La	Chapul	Oran	San	Naranja	Tipo de alimentación (Dominguez, 1999; Huidobro, 2000)
		Mintzita	Luz	tepec	dino	Cristóbal	de Tapia	
Atherinopsidae	<i>Chirostoma humboltianum</i> (Cuvier y Vaenciennes, 1835)						30	omnívoro
	<i>Chirostoma</i> sp	36						omnívoro
Centrarchidae	<i>Micropterus salmonoides</i> (Lacepede, 1802)						1	piscívoro
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)					14		omnívoro
	<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1896)				1			omnívoro
Cyprinidae	<i>Notropis calientis</i> (Jordan y Zinder, 1900)	100		1				insectívoro
Goodeidae	<i>Alloophorus robustus</i> (Bean, 1892)	8	36		33	70		piscívoro
	<i>Allotoca diazi</i> (Meek, 1920)			184				omnívoro
	<i>Allotoca dugesi</i>			13				omnívoro
	<i>Chapalictis encautus</i> (Jordan et Zinder, 1990)		40		113			omnívoro
	<i>Goodea atripinis</i> (Jordan, 1880)	3	19	74	1	104	44	omnívoro
	<i>Skiffia lermæ</i> (Meek, 1902)	102		551				omnívoro
	<i>Skiffia multipunctata</i> (Pelligrin, 1901)		379		15			omnívoro
	<i>Xenotoca variata</i> (Bean, 1887)	38				34	13	omnívoro
	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i> (Bean, 1898)	216	6		125	114	6	omnívoro
Poeciliidae	<i>Poecilia mexicana</i> (Steindachner, 1863)				6			omnívoro
	<i>Poecilia</i> sp				96	32		omnívoro
	<i>Poeciliopsis infans</i> (Woolman, 1894)		16	1	7			herbívoro
	<i>Poeciliopsis</i> sp	1				17		omnívoro
	<i>Xiphophorus helleri</i> (Heckel, 1848)		42		9			omnívoro
	<i>Xiphophorus maculatus</i> (Gunther, 1886)					1477		omnívoro
# organismos totales		504	538	824	406	1862	94	
riqueza de especies		8	7	6	10	8	5	
H' (Shannon)		1.499	1.45	1.019	1.82	1.087	1.217	

a)



b)

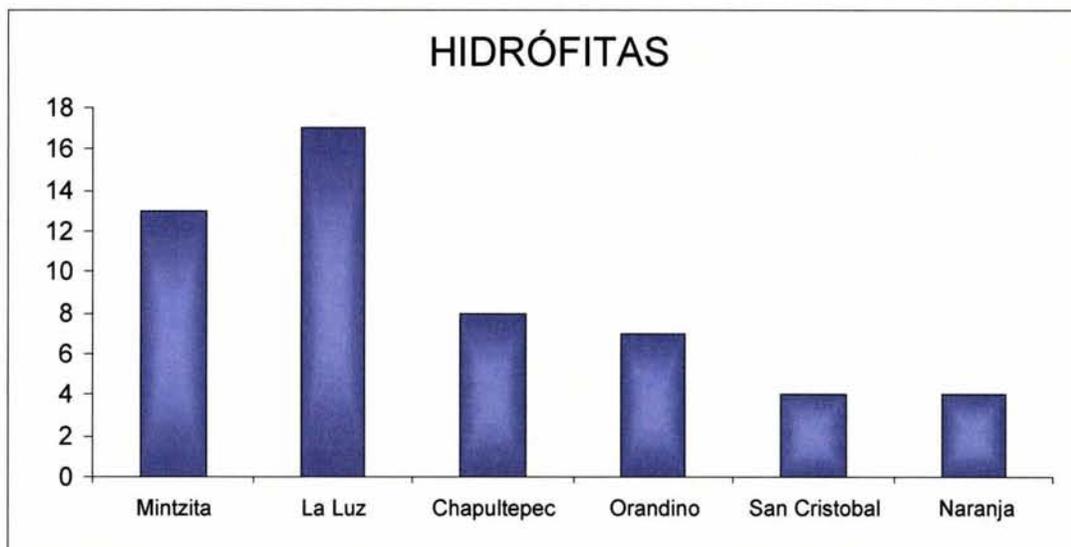


Fig. 3. Riqueza de especies a) ícticas y b) hidrófitas en los manantiales estudiados.

Tabla 3. Lista de especies de hidrófilas, cobertura, riqueza, H' y tipo de crecimiento.

FAMILIA	HIDRÓFITA	La Mintzita	La Luz	Chapul tepec	Oran- dino	San Cristóbal	Naranja de Tapia	Tipo de crecimiento (Bonilla y Novelo, 1995)
Alismataceae	<i>Sagittaria latifolia</i> (Willd)			2%				enraizada emergente
	<i>Sagittaria longiloba</i> Engelm. ex J.G.Sm.			2%				enraizada emergente
	<i>Sagittaria platyphylla</i> (Engelm.) J.G.Sm			3%				enraizada emergente
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i> L.				2%			libre flotadora
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	4%						libre sumergida
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp		1%		10%			enraizada emergente
	<i>Bidens laevis</i> (L.) Britton, Sterns y Poggenb	1%	5%					enraizada emergente
Cruciferaeae	<i>Rorippa nasturtium- aquaticum</i> (L.) Hayek			3%				libre flotadora
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp		1%					enraizada emergente
	<i>Eleocharis</i> sp					2%		enraizada emergente
	<i>Schoenoplectus</i> sp		20%					enraizada emergente
	<i>Eichhronia crassipes</i> (C. Mart.) Solms	24%	5%					libre flotadora
Graminae	<i>Leersia hexandra</i> Sw.		4%			2%		enraizada emergente
	<i>Panicum</i> sp		4%					enraizada emergente
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.ex Steud	20%	4%		7%			enraizada emergente
	<i>Egeria densa</i> Planch.	15%						enraizada sumergida
Hydrocharitaceae	<i>Hydromystria laevigata</i> (Hum. & Bonpl.ex Willd.) Hunz.	6%					2%	libre flotadora
	<i>Lemna gibba</i> L.			70%				libre flotadora
Lemnaceae	<i>Lemna</i> sp				2%			libre flotadora
	<i>Nymphaea mexicana</i> Zucc.	2%						enraizada sumergida
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp	3%	4%		2%	2%		libre flotadora
Polygonaceae	<i>Polygonum</i> sp	1%	4%			2%		enraizada emergente
	<i>Heteranthera reniformiens</i> (Ruiz y Pav.)		4%				2%	enraizada emergente
Pontederiaceae	<i>Potamogeton illinoensis</i> (Morong)			7%				enraizada sumergida
Scrophulariaceae	<i>Mimulus glabratus</i> Kunth	1%	1%					enraizada emergente
Typhaceae	<i>Typha latifolia</i> L.		3%	13%	7%			enraizada emergente
	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	4.50%	3%	2%			2%	enraizada emergente
Umbelliferae	<i>Hydrocotyle</i> aff. <i>umbellata</i> L.		2%	1%	2%			enraizada emergente
	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	3%	3%				5%	enraizada emergente
	% cobertura total	84	70	100	32	8	11	
riqueza de especies	13	17	8	7	4	4		
H (Shannon)	2.009	2.51	1.166	1.53	1.386	1.288		

Tabla 4. Abundancias relativas de especies a) ícticas y b) hidrófitas en cada uno de los manantiales estudiados.

a)

PECES	La Mintzita	La Luz	Chapul tepec	Oran dino	San Cris tóbal	Naranja de Tapia
<i>Allophorus robustus</i>	2%	7%		8%	4%	
<i>Allotoca diaza</i>			22%			
<i>Allotoca dugesi</i>			2%			
<i>Chapalictis encaustus</i>		8%		28%		
<i>Chiostoma humboltianum</i>						32%
<i>Chiostoma sp</i>	7%					
<i>Goodea atripinnis</i>	1%	4%	9%	0%	6%	47%
<i>Micropterus salmoides</i>						1%
<i>Notropis calientis</i>	20%		0%			
<i>Oreochromis niloticus</i>					1%	
<i>Poecilia sp</i>				24%	2%	
<i>Poeciliopsis sp</i>	0%				1%	
<i>Poecilia mexicana</i>				1%		
<i>Poeciliopsis infans</i>		3%	0%	2%		
<i>Skiffia lermæ</i>	20%		67%			
<i>Skiffia multipunctata</i>		69%		4%		
<i>Tilapia rendalli</i>				0%		
<i>Xenotoca variata</i>	8%				2%	14%
<i>Xiphophorus helleri</i>		8%		2%		
<i>Xiphophorus maculatus</i>					78%	
<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	42%	1%		31%	6%	6%
TOTAL %	100	100	100	100	100	100

b)

HIDRÓFITAS	La Mintzita	La Luz	Chapul tepec	Oran dino	San Cris tóbal	Naranja de Tapia
<i>Berula erecta</i>	5%	4%	2%			18%
<i>Bidens leavis</i>	1%	7%				
<i>Ceratophyllum demersum</i>	5%					
<i>Commelina sp</i>		1%		32%		
<i>Cyperus sp</i>		1%				
<i>Egeria densa</i>	18%					
<i>Eichhronia crassipes</i>	28%	7%				
<i>Eleocharis sp</i>					25%	
<i>Heteranthera reniformiens</i>		6%				18%
<i>Hydrocotyle aff. umbellata</i>		3%	1%	6%		
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	4%	4%				46%
<i>Hydromystria leavigata</i>	6%					18%
<i>Leersia hexandra</i>		6%			25%	
<i>Lemna gibba</i>			69%			
<i>Lemna sp</i>				6%		
<i>Ludwigia sp</i>	4%	6%		6%	25%	
<i>Mimulus glabratus</i>	1%	1%				
<i>Nymphaea mexicana</i>	2%					
<i>Panicum sp</i>		6%				
<i>Phragmites australes</i>	24%	6%		22%		
<i>Pistia stratiotes</i>				6%		
<i>Polygonum sp</i>	1%	6%			25%	
<i>Potamogeton illinoensis</i>			7%			
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>			3%			
<i>Sagittaria latifolia</i>		3%				
<i>Sagittaria longiloba</i>			2%			
<i>Sagittaria platyphylla</i>			3%			
<i>Schoenoplectus sp</i>		29%				
<i>Typha latifolia</i>		4%	13%	22%		
TOTAL %	100	100	100	100	100	100

DIVERSIDAD

La diversidad de peces en los diferentes manantiales se comportó de manera similar a los valores de riqueza de cada sitio. De esta manera, Orandino fue el que registró la mayor diversidad íctica seguido de los manantiales La Mintzita, La Luz, Naranja de Tapia, San Cristóbal y Chapultepec (Fig. 4). Con respecto a hidrófitas también los valores de diversidad se comportaron de manera similar a los de riqueza de especies, en donde el manantial La Luz es el que tuvo la mayor diversidad, seguido por los manantiales La Mintzita, Orandino, San Cristóbal, Naranja de Tapia y Chapultepec (Fig. 4).

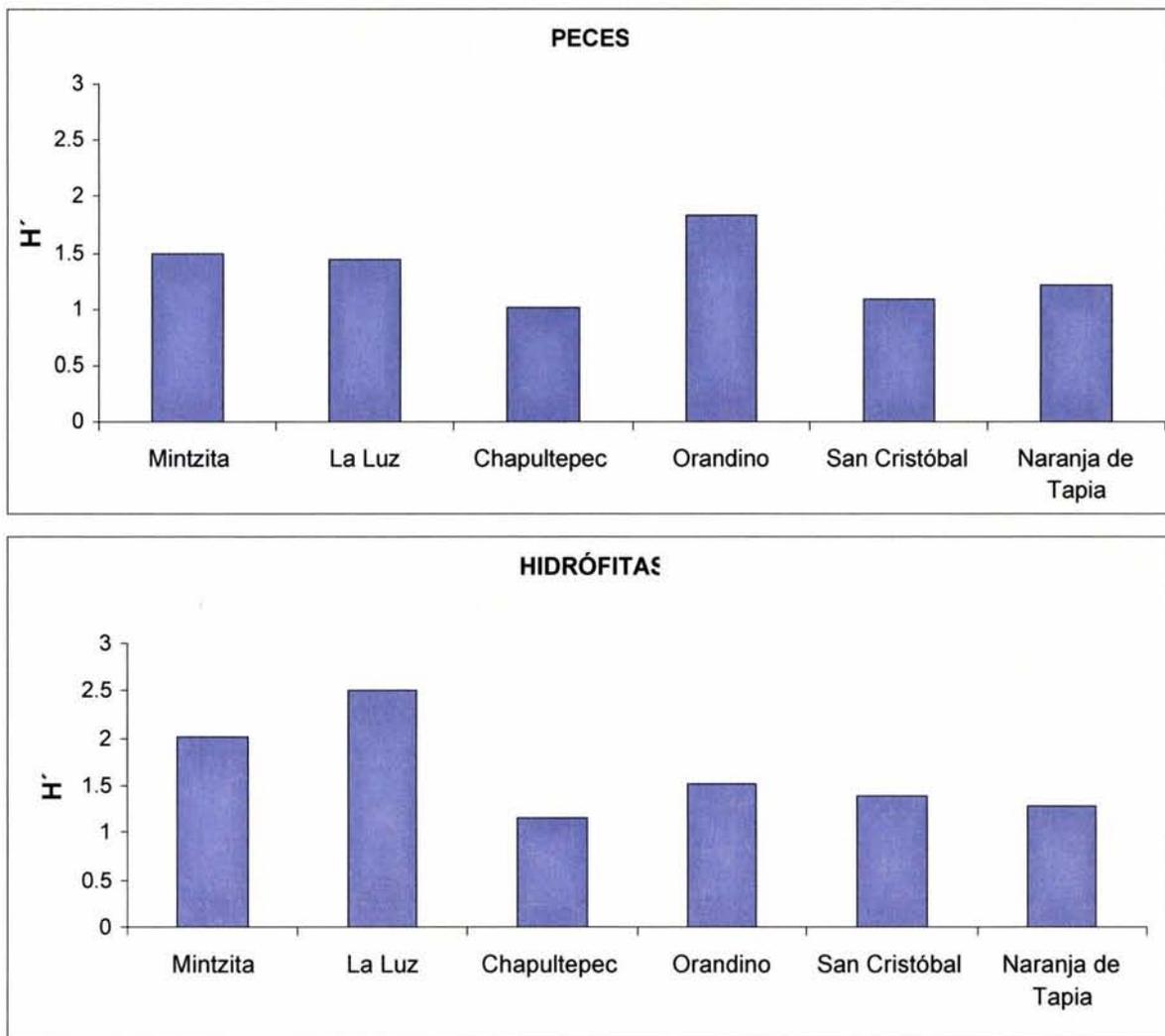


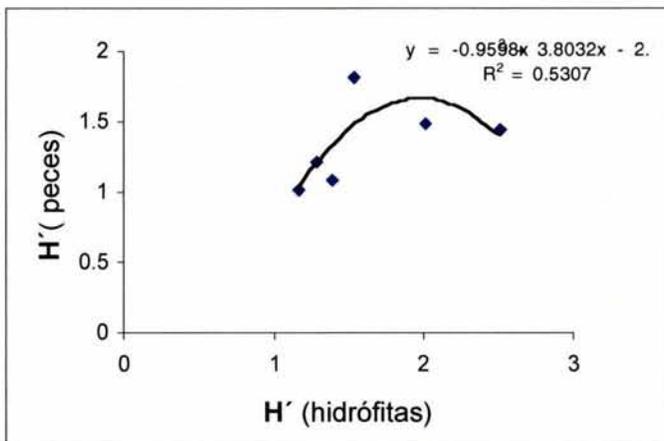
Fig. 4. Diversidad Shannon (H') de peces e hidrófitas en los manantiales.

CORRELACIÓN ENTRE PECES E HIDRÓFITAS

Hay una cierta relación de la diversidad de peces con la de plantas acuáticas en los manantiales estudiados, ya que al aumentar la diversidad de hidrófitas la diversidad de peces va incrementándose (aunque no de manera lineal) hasta llegar a un punto máximo a partir del cual, la diversidad de peces disminuye (Fig. 5a).

Existe también una posible relación polinómica entre la diversidad de peces con respecto a la cobertura de las plantas (Figura 5b). Sin embargo, al igual que la relación que existe entre las diversidades, también existe un punto máximo de diversidad de peces a partir del cual comienzan a decrecer con respecto a la cobertura. Al parecer el punto óptimo para que haya una mayor diversidad de peces se encuentra en una cobertura de hidrófitas entre 50% y 60%.

a)



b)

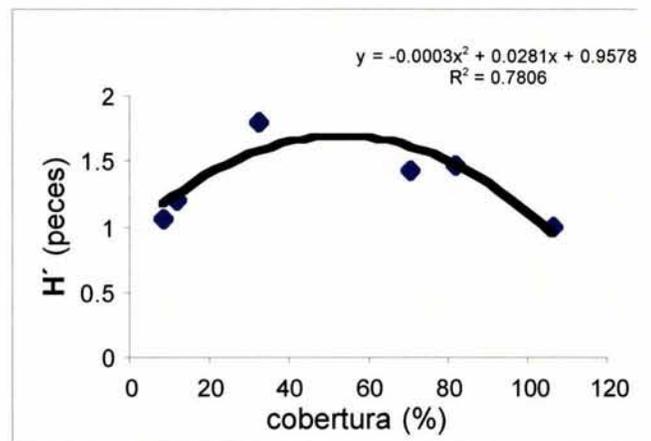


Fig. 5. a) Correlación entre la diversidad hidrófitas-peces y b) correlación cobertura de hidrófitas-diversidad de peces.

PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ALIMENTACIÓN DE PECES EN CADA UNO DE LOS MANANTIALES.

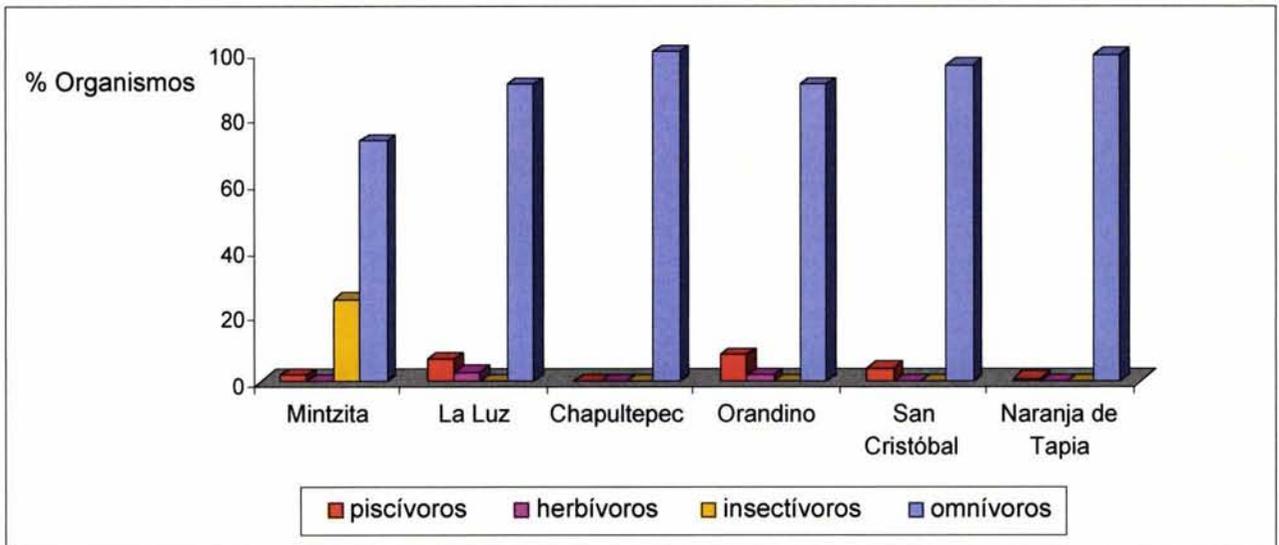
Se obtuvieron cuatro diferentes tipos de alimentación (o gremios) en peces (piscívoros, herbívoros, insectívoros y omnívoros). En ninguno de los seis manantiales se encontraron todos los gremios. Los manantiales que presentaron mayor variedad de gremios fueron: La Mitzita, La Luz, Chapultepec y Orandino con tres cada uno (Tabla 2). El tipo de alimentación en peces varió en cada uno de estos manantiales. Por otra parte, el resto de los manantiales sólo presentaron dos tipos. El gremio de los omnívoros estuvo presente en todos los manantiales, además la proporción de riqueza y el número de organismos que se obtuvo con este tipo de alimentación en cada uno de los manantiales fue superior en comparación con los otros gremios (Fig. 6a y 6b).

PORCENTAJE DE LAS DIFERENTES FORMAS DE CRECIMIENTO DE HIDRÓFITAS EN CADA UNO DE LOS MANANTIALES.

En los manantiales se colectaron plantas con tres formas de crecimiento: enraizadas emergentes, enraizadas sumergidas y libres flotadoras. En los manantiales La Mintzita y Chapultepec fue posible colectar las tres, el resto de los manantiales solo presentaron dos (Tabla 3). Las plantas enraizadas emergentes estuvieron presentes en todos los manantiales (Fig. 7a y 7b). La proporción obtenida de las coberturas que presentaron las diversas formas de crecimiento de las hidrófitas en cada uno de los manantiales, muestra que las hidrófitas enraizadas emergentes fueron las que presentaron las proporciones más altas en comparación con las otras formas de crecimiento, la excepción es el manantial Chapultepec donde las hidrófitas libres flotadoras son las que presentaron la mayor proporción (Fig. 7a).

En cuanto al porcentaje que presentaron los manantiales respecto a la riqueza de especies con las diferentes formas de crecimiento de las hidrófitas, las enraizadas emergentes presentaron también los valores más altos en cada uno de los manantiales (Fig. 7b).

a)



b)

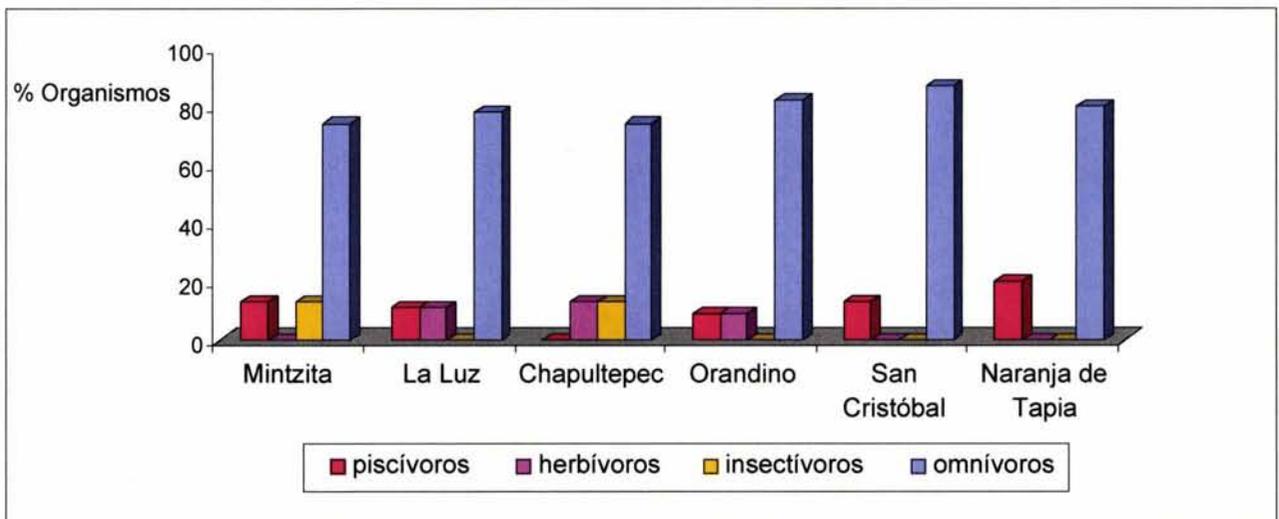
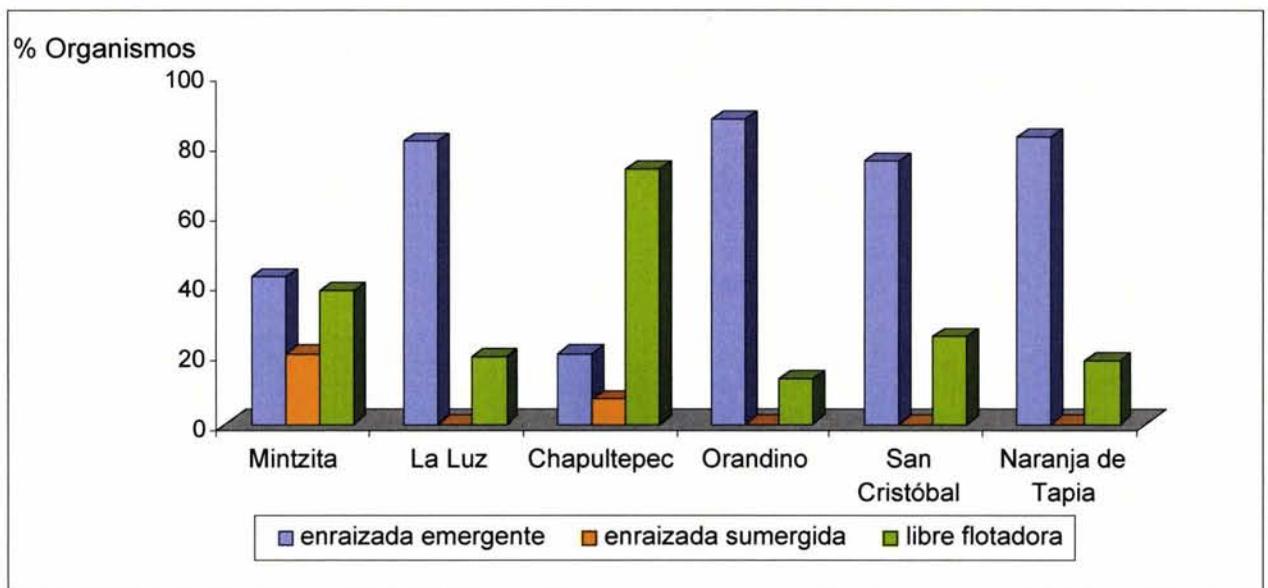


Fig. 6. a) Porcentaje de organismos y b) riqueza de especies ícticas con diferentes tipos de alimentación en los manantiales estudiados.

a)



b)

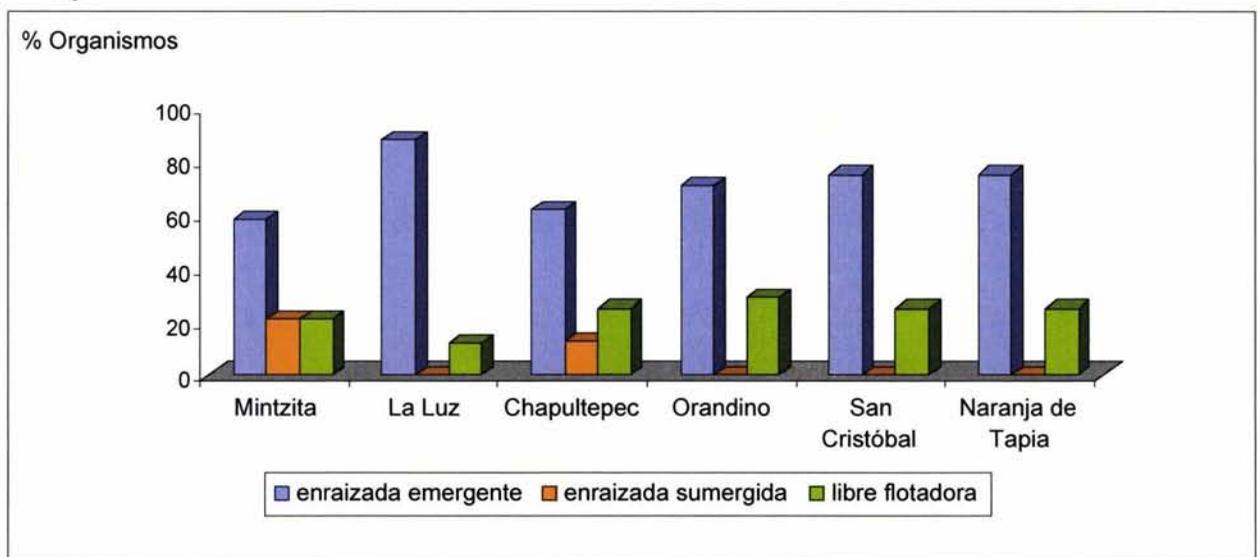
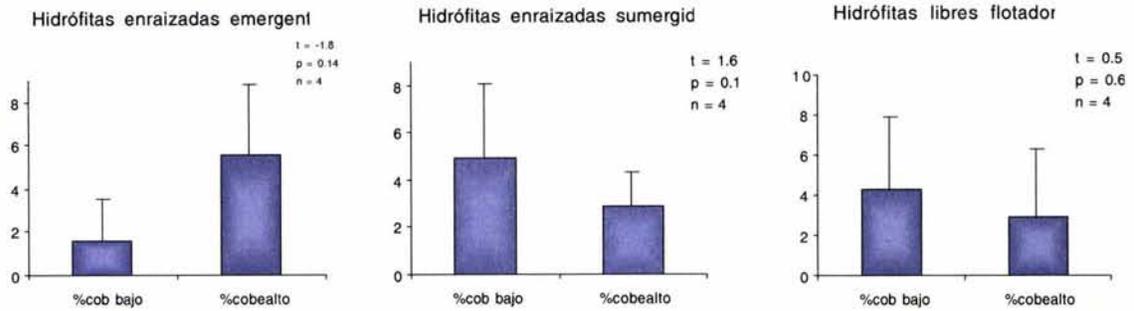


Fig. 7. a) Porcentaje de cobertura y b) riqueza de hidrófitas con diferentes tipos de vida en los manantiales estudiados.

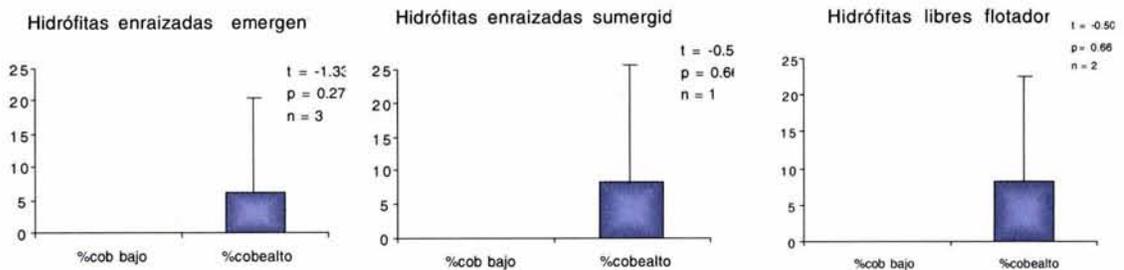
RELACIÓN DE LA COBERTURA DE HIDRÓFITAS CON RESPECTO AL TIPO DE ALIMENTACIÓN DE PECES

No hay ninguna preferencia entre gremios de peces por algún tipo de hidrófita ya que se encontraron indistintamente en cualquier tipo de planta (Fig. 8). Sin embargo, si presentaron una mayor preferencia por las coberturas bajas o altas. Las especies piscívoras estuvieron en mayor abundancia en zonas con bajas coberturas de hidrófitas enraizadas sumergidas y libres flotadoras, pero en mayor abundancia en coberturas altas de hidrófitas enraizadas emergentes. Los insectívoros prefirieron las zonas de mediana a altas coberturas de hidrófitas, independientemente de la forma de crecimiento que tuvieran. Las especies omnívoras se encontraron en ambas zonas de coberturas, sin embargo tienen una ligera preferencia en coberturas bajas sin importar que forma de crecimiento tengan las hidrófitas. Las especies herbívoras se encontraron en zonas con baja y alta cobertura de hidrófitas; de manera particular, su presencia fue casi nula en hidrófitas enraizadas emergentes cuando hubo coberturas bajas (Fig. 8).

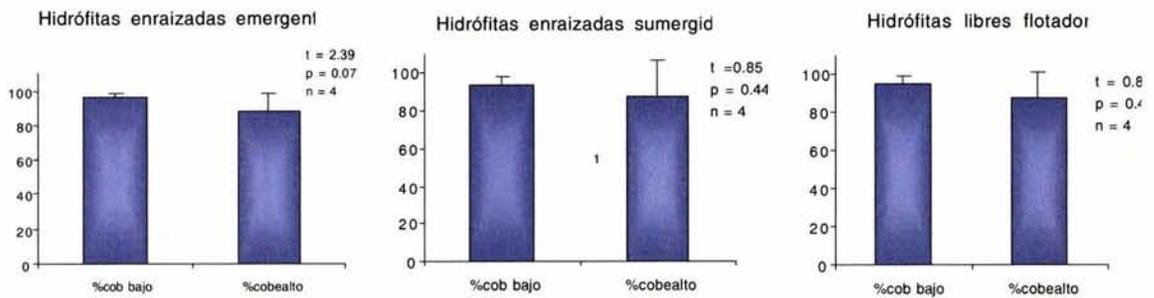
Piscívoros



Insectívoros



Omnívoros



Herbívoros

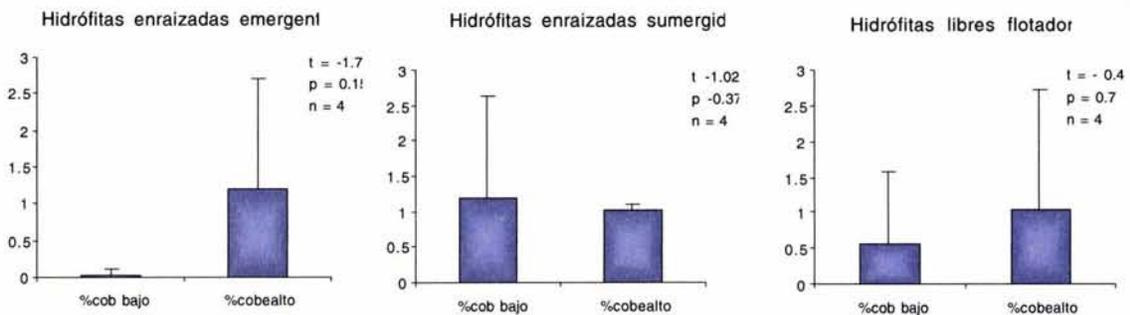


Fig. 7 Presencia de peces con diferentes tipos de alimentación en coberturas bajas y altas de hidrófitas con diversos formas de crecimiento.

9. DISCUSIÓN

En general las características físico-químicas registradas en los manantiales fueron muy homogéneas, no obstante valores como los de pH variaron, donde se registraron aguas casi neutras hasta aquellas que fueron alcalinas, influyendo quizás en estas últimas cierto grado de contaminación del agua y una mineralización propia de cada manantial (Margalef, 1983; Magoulick, 2000). Otro parámetro que varió de manera considerable fue el porcentaje de oxígeno disuelto, donde los manantiales Naranja de Tapia, Orandino y San Cristóbal tuvieron una sobresaturación de más del 100%, coincidiendo también con los que presentaron una baja cobertura de hidrófitas y un olor desagradable. Este olor es posible que se deba al metano (CH_4) y al ácido sulfhídrico (H_2S) y esto sucede cuando hay putrefacción que proviene de una descomposición de proteínas por bacterias y otros microorganismos que tienen respiración anaerobia (Barnes y Mann 1994). Además todos tuvieron en común la eutrofización de sus aguas. Esta eutrofización puede deberse a la constante presión ocasionada por las actividades antropogénicas, que incluyen entre otras el excesivo aporte de desechos urbanos, agrícolas, asentamientos humanos en la periferia de los manantiales, desecación por extracción de agua con fines de riego agrícola y consumo humano, además de la introducción accidental o intencional de diversas especies exóticas (Soto-Galera *et al.*, 1991; 1998). En lo que se refiere a los manantiales estudiados éstos son de tamaño pequeño y someros.

Hay que mencionar que el manantial La Mintzita las condiciones del agua pueden considerarse como óptimas. Este es uno de los manantiales más estudiados y quizás se deba a que es fuente principal de abastecimiento de agua a la ciudad de Morelia y de ahí la preocupación por conservar este sitio (Medina-Nava *et al.*, 2003).

Algunas de las especies colectadas en más de tres manantiales fueron *G. atripinis*, *Z. quitzoensis*, *A. robustus* y *X. variata* que son muy resistentes a diversos cambios físico-químicos del agua, lo que posiblemente les podría permitir tener una mayor distribución (Domínguez, 1999; Soto-Galera, 1998). De hecho *G. atripinnis* fue la única especie que se colectó en todos los manantiales; quizás se deba a su capacidad de habitar aguas ácidas con pH de 6.1 hasta aguas muy alcalinas con pH mayor a 9.0, así como el de tolerar cambios en el agua causados por actividades humanas (Barragán, 1990). En cambio especies como: *Allotoca diazi*, *A. dugesi*, *Chapalictis encaustus*, *Skiffia lermae* (por citar sólo algunas) son especies muy sensibles a cambios físico-químicos que pudiera haber en el agua, encontrándose sólo en uno o dos manantiales por lo cual podrían ser consideradas como bioindicadores de la calidad del agua.

Un aspecto importante que hay que resaltar es el primer registro de la especie *Notropis calientis* en el manantial Chapultepec, que aunque sólo fue un individuo no implica que no halla más, no habían registros anteriores de esta especie para este manantial. Es recomendable realizar una serie de colectas en el futuro para saber si se debe a la introducción accidental o intencional, o bien hay alguna conexión subterránea con algún otro manantial.

Otras especies fueron colectadas también con pocos ejemplares como *Micropterus salmoides*, *Oreochromis niloticus* y *Tilapia rendalli*, que debido a sus hábitos alimenticios y a su gran capacidad de adaptación a cambios ambientales permite suponer que estas tres especies tengan un mayor éxito de adaptación a los diferentes tipos de hábitats acuáticos. Por una parte *M. salmoides* al ser una especie con hábitos piscívoros es muy probable que base su alimentación en especies más pequeñas como godeidos, aterínidos, pecílidos y diversos invertebrados (Domínguez, 1999). En cambio *O. niloticus* y *T.*

rendalli al tener hábitos omnívoros podrían ocasionar una alta competencia interespecífica, donde especies más pequeñas (nativas) tendrían que competir con las primeras que son de mayor tamaño, por recursos como espacios disponibles, alimento, refugio y zonas de crianza (Schlosser, 1998) ocasionando que habiten sitios desfavorables donde son fácilmente expuestas a los depredadores, hay mayor competencia o escasean los recursos (Scheffer, 1998).

Así mismo, las coberturas registradas de hidrófitas en cada uno de los manantiales fueron muy heterogéneas, teniendo desde aquellos en las que las hidrófitas abarcaban más de la mitad del espejo del agua, como en Chapultepec, La Luz y La Mintzita, hasta aquellos en los que sólo se registraron pequeños manchones esparcidos como: Naranja de Tapia, Orandino y San Cristóbal.

Uno de los factores abióticos que probablemente determinen más sobre la riqueza y la diversidad de hidrófitas es la turbidez, que a pesar de que los valores no son tan altos para manantiales someros (Margalef, 1983, Lampert y Summer, 1997) a menudo la penetración de la luz se ve limitada por los materiales en suspensión, evitando con ello que muchas de las hidrófitas sumergidas puedan desarrollarse. Sólo dos especies de hidrófitas se colectaron en más de cuatro manantiales; *Berula erecta* y *Ludwigia* sp. lo cual implica posiblemente que también sean más resistentes y tengan una mayor distribución.

La diversidad de hidrófitas muchas veces se ve influida por la introducción de especies exóticas; llegando a afectar en ocasiones a la composición y estructura tanto de la vegetación y de la fauna original (Lot y Novelo, 1988). Tal es el caso de *Eichhronia crassipes* a pesar de que sólo se colectó en dos manantiales y no presentar coberturas altas, su gran capacidad de multiplicación y característica de ser una hidrófita libre flotadora podría llegar a impedir el paso de los rayos solares necesarios para la fotosíntesis de la vegetación sumergida (Meerhoff *et al.*, 2003); sin embargo, forma parte ya

del hábitat de los peces. Además *E. crassipes* tiene la capacidad de ser un filtro natural de aguas contaminadas ya que fija metales pesados en sus raíces y hojas (Alfaro, 1983). *Lemna gibba* es otra especie de hidrófita libre flotadora que tiene también características similares a *E. crassipes* (Odum, 1972), sólo que *L. gibba* sí presentó coberturas altas en uno de los manantiales donde incluso la riqueza y diversidad de hidrófitas fue la más baja. El control de malezas por medio de una limpieza mecánica que se realiza de manera continua en algunos manantiales podría también influir en una baja riqueza, cobertura y por tanto una baja diversidad de hidrófitas.

Debido a que el número de manantiales y el número de colectas fueron pocas se decidió utilizar el análisis de rarefacción, ya que este permite comparar dos o más muestras (en este caso un manantial con respecto a otro) (Magurran, 2004; Rickles, 1996). Este análisis no extrapola los resultados pero si nos permite estimar si la mayoría de las especies fueron colectadas (Magurran, 2004). Tal es el caso de los resultados obtenidos con análisis de rarefacción en peces e hidrófitas, donde al parecer fue posible determinar que la mayor parte de las especies fueron colectadas en los manantiales. Hay excepciones tanto para hidrófilas como para peces donde sería conveniente aumentar el número de colectas e incluso proponer otra metodología al menos en dos manantiales.

Desafortunadamente en México no hay estudios suficientes que discutan la relación que hay entre peces e hidrófitas. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten observar por un lado que sí hay una relación entre la diversidad de peces con respecto a la diversidad de hidrófitas. Al aumentar la diversidad de hidrófitas la diversidad de peces también aumenta, pero al subir demasiado la diversidad de plantas la de peces llega a decrecer. De manera similar ocurre cuando la diversidad de peces decrece al tener coberturas de menos del 50 y más de 60%, ya que al tener menos del 50% de cobertura los peces ya no encuentran suficiente alimento disponible, sitios donde puedan

refugiarse de sus depredadores y de cambios ambientales, así como de sitios idóneos para la reproducción, áreas de crianza y depositación de huevos (Miranda y Hodges, 2000; Valbo-Jorgensen, 2000). Por el contrario, al haber más del 60% de cobertura los peces, la complejidad de las estructuras que ofrecen las hidrófitas ocasionen que no halla espacios suficientes para poder realizar sus diversas actividades o incluso las condiciones físico-químicas del agua cambien y algunas especies de peces no puedan tolerarlas, por lo que tengan que migrar algunas de ellas a sitios más idóneos (Miranda y Hodges, 2000; Randall *et al.*, 1996; Sánchez-Botero, 2001).

Uno de los tipos de alimentación de peces que mejor estuvo representado tanto por el número de organismos como en riqueza de especies fueron los omnívoros, debido a que su espectro trófico es más amplio, lo cual les permite ser abundantes y dominantes, ya que tienen distintas alternativas de alimentación ante diversas situaciones (Lagler, 1984). Algunos trabajos afirman que la dominancia de omnívoros se debe a la repuesta que tienen cuando hay una alta disponibilidad de macrofauna acuática durante todo el año (Wiley *et al.*, 1984). El resto de los tipos de alimentación estuvieron representados por especies que varían con relación a su tamaño y comportamiento.

Las hidrófitas que estuvieron mejor representadas fueron las enraizadas emergentes y tal vez se deba a las estructuras reproductoras emergentes que aumentan la posibilidad de reproducción, al igual que la captación de energía lumínica para la realización de la fotosíntesis es mayor (Lot y Ramírez, 1998; Lot *et al.*, 1999).

La preferencia que tienen las diferentes especies de peces por diversos tipos de hidrófitas muchas veces va a depender del tipo de alimentación, de las diferentes etapas de desarrollo y de las diversas actividades que realizan durante los ciclos diarios y estacionales (Lagler, 1984). En este trabajo se pudo

observar que en general los peces no tuvieron ninguna preferencia en especial por algún tipo de hidrófita, pero si presentaron la elección por coberturas bajas o altas. Tal es el caso de las especies herbívoras e insectívoras que tuvieron una mayor preferencia por coberturas altas, las cuales pueden ofrecer lugares para refugiarse de depredadores, obtener mayor alimento directa o indirectamente de las plantas acuáticas, sitios de crianza para juveniles; además la mayoría de las especies colectadas son de tamaño pequeño y con cuerpos delgados, lo que les ayuda a tener un nado más rápido y libre entre la espesura de las hidrófitas (Domínguez, 1999; Sánchez-Botero, 2001). En cambio, los omnívoros tuvieron una ligera preferencia por zonas con baja cobertura, más que el alimento debe ser que las hidrófitas les proporcionan sitios de refugio, lugares de crianza y descanso. Los piscívoros no tuvieron preferencias por las coberturas, al parecer lo importante es que sus presas se encuentren en estos sitios y poder asegurar su alimentación (Meschiatti *et al.*, 2000).

Muchas especies de la familia Goodeidae prefieren hábitats en donde la vegetación es exuberante, tal es el caso del género *Allotoca* que siempre se les encuentra entre las hojas y la espesura de las plantas acuáticas, así como troncos y rocas; otros godeidos del género de las *Skiffias* y *Zoogonecticus* se les puede hallar también nadando en los sitios abiertos, pero cercanos a la vegetación en donde se refugian a la menor provocación. *Xenotoca variata* puede refugiarse entre las rocas y troncos caídos, pero la mayor parte del tiempo se encuentra en sitios abiertos (Domínguez, 1999). Sánchez-Botero (2001) encontró que la composición de especies de peces está asociado con las raíces de macrófitas, en especial la preferencia de peces juveniles.

Es importante mencionar que se debe continuar con este tipo de trabajos donde además de relacionar la diversidad de flora con la de fauna, se incluya también la arquitectura de la planta, lo cual podría arrojar mayores datos y una relación más estrecha. También es necesario la realización de más trabajos que abarquen otros cuerpos de agua en esta zona, pues aún quedan

muchos sitios en los que no se tiene ni siquiera conocimiento de su flora y fauna. Es recomendable realizar estudios sobre contenidos estomacales de peces para ver en realidad en que basan su alimentación las diversas especies y ver que lugar ocuparán dentro de la cadena trófica. Un mejor conocimiento de estos cuerpos de agua hará que tengamos un mejor uso de éstos para un futuro.

10. CONCLUSIONES

- ❖ Las características físico-químicas que presentaron los manantiales estudiados fueron muy homogéneas.
- ❖ Todos los manantiales estudiados presentan una eutrofización de sus aguas.
- ❖ La diversidad de peces aumenta cuando la diversidad de hidrófitas también aumenta.
- ❖ La diversidad de peces fue alta cuando la cobertura de hidrófitas registrada fue entre 50 y 60%, al tener más de esta cifra la diversidad de peces tiende a decrecer.
- ❖ El tipo de alimentación más representado entre las especies de peces fue la omnívora.
- ❖ De las diferentes formas de crecimiento de las hidrófitas, las enraizadas emergentes fueron las mejor representadas.
- ❖ Al parecer no hubo una preferencia de los diversos tipos de alimentación en peces por algún tipo de vida de hidrófita, pero sí una ligera preferencia en cuanto a coberturas bajas o altas.

11. LITERATURA CITADA

- * **Alcocer, J., M. Chávez y E. Escobar.** 1993. La Limnología en México. Historia y Perspectiva futura de las investigaciones Limnológicas. *Ciencia*. 44:441-453.
- * **Alfaro, A. J.** 1983. Lago de Chapala, Investigación Actualizada. Universidad de Guadalajara. México. 67 pp.
- * **Allan, D. J.** 1995. Stream Ecology. Chapman & Hall. Nueva York. 387 pp.
- * **Álvarez, R. M.** 1983. Ecología y Estructura de las Comunidades de Peces en el Sistema Lagunar Teacapan-Agua Brava, Nayarit, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 146 pp.
- * **Álvarez, V. J.** 1970. Peces mexicanos (Claves). *Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Comisión Nacional Pesquera. Secretaría de Industria y Comercio. Serie de Investigación Pesquera.* No. 1. México. 166 pp.
- * **Arredondo, J. L y C. Aguilar.** 1978. Bosquejo Histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en lagos Mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna. En: S. Gómez y V. Arenas (eds). *Contribuciones en Hidrobiología.* UNAM. México. 91-133.
- * **Arredondo, J. L y M. A. Guzmán.** 1986. Situación taxonómica actual de la tribu tilapia (Pisces: Cichlidae), con énfasis en las especies introducidas en México. *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zool.* 2:555-572.
- * **Arriaga, C. L., V. Aguilar y J. Alcocer.** 2000. Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 327 pp.
- * **Arrignon, J.** 1979. Ecología y Piscicultura de Aguas Dulces. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 365 pp.
- * **Balcombe, S y G. Closs.** 2000. Variation in carp gudgeon (*Hypseleotris* spp) catch rate in dense macrophytes. *Journal of Freshwater Ecology.* 15(3):389-395.

- * **Barbour, C. D y R. Miller.** 1978. Mexican Cyprinid Fish. Department of Biological Sciences. Wright State University, E.U.A. 72 pp.
- * **Barnes, R. S. S y K. H. Mann.** 1994. Fundamentals of Aquatic Ecology. Segunda edición. Blackwell Scientific Publications. Londres. 270 pp.
- * **Barragán, J.** 1990. Peces dulceacuícolas Mexicanos, X. *Goodea atripinis* (Cyprinodontiformes: Godeidae). ENCB-IPN. 27-36 pp.
- * **Becerril, L. R.** 1997. La gran Cuenca Lerma-Chapala-Santiago. *Ingeniería Hidráulica en México.* 7(3):80-83.
- * **Begon, M., L. H. John y R.T. Colin.** 1990. Ecology (Individuals, Populations and Communities). Segunda edición. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. E.U.A. 945 pp.
- * **Berlanga, R. A. C., A. Ruiz., M. R Nepita y J. Madrid.** 1997. Estabilidad y diversidad de la composición de peces del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Revista de Biología Tropical.* 45(4):1553-1558.
- * **Bonilla, B. J. R y R. A. Novelo.** 1995. Manual de Identificación de Plantas Acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Instituto de Biología. UNAM. México. 168 pp.
- * **Burel, F y L. Baudry.** 2002. Ecología del Paisaje. Ediciones Mundi Prensa. Barcelona. 353 pp.
- * **Castro-Aguirre, J. L.** 1993. Diversidad Biológica en México. Vol XLIV (especial). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.* 327-343 pp. CONABIO. México.
- * **Clarke, L. G.** 1980. Elementos de Ecología. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 615 pp.
- * **Cloudsley-Thompson, J. L.** 1972. Microecology. Edward Arnold (Publishers) Ltd. 49 pp.
- * **Colinvaux, A. P.** 1980. Introducción a la Ecología. Editorial Limusa, México. D.F. 679 pp.
- * **Dajoz, R.** 2002. Tratado de Ecología. Ediciones Mundi Prensa. España. 600 pp.

- * **De la Lanza, G y J. L. García C. (compiladores).** 1995. Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo, A. C. México. 320 pp.
- * **Del Amo, R. S.** 1987. Ecología 1, el estudio de los seres vivos en su medio ambiente. CECSA. México. 65 pp.
- * **Díaz, P. F.** 1989. Ecología 1. Ambiente Físico y Organismos vivos. Editorial Síntesis, Madrid. 155 pp.
- * **Díaz-Pardo, E., M. A. Godínez-Rodríguez., E. López-López y E. Soto-Galera.** 1993. Ecología de los peces de la cuenca del río Lerma, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* México. 39:103-127.
- * **Doménech, X.** 1998. Química de la hidrosfera (Origen y Destino de los Contaminantes). Miraguano Ediciones. Madrid. 174 pp.
- * **Domínguez, D. O.** 2004. Biogeografía Histórica de la Subfamilia GoodeidaeO (Cyprinodontiformes: Goodeidae) en la Mesa Central de México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 143 pp.
- * **Domínguez, S. H.** 1999. Contribución al Estudio de los Peces de la Familia Goodeidae de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH.
- * **Emmel, T. C.** 1975. *Ecología y Biología de Poblaciones.* Interamericana. México. D.F. 182 pp.
- * **Eugéne, A.** 2002. Ecología de las Aguas Corrientes. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España. 217 pp.
- * **González, P. I y J. E. Gutiérrez-Hernández.** 1984. Hidrología General. Universidad de la Habana. La Habana, Cuba. 202 pp.
- * **Guzmán, A. M. 1995.** El Lago de Chapala. pp.129-145. En: G. de la Lanza y J. L. García C. (compiladores), *Lagos y Presas de México.* Centro de Ecología y Desarrollo, A.C. México.
- * **Hubbs, C. L y C. L. Turner.** 1939. Studies of the fishes of the order Cyprinodontes. XVI. A revision of the Goodeidae. *Misc. Publi. Mus. Zool. Uni. Michigan.* E.U.A. 42:1-8.

- * **Huidobro, C. L.** 2000. Peces. pp.195-263. En: De la Lanza; S. Hernández y J. L. Carvajal (compiladores) *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. Comisión Nacional del Agua. México. D.F.
- * **Hutchinson, G. E.** 1975. A treatise on limnology. Vol. 111. *Limnological Botany*. Nueva York. E.U.A. 425 pp.
- * **Hutchinson, G. E.** 1978. An Introduction to Population Ecology. Nueva York. E.U.A. 492 pp.
- * **INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática)**. 1998. *Anuario Estadístico del Estado de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Michoacán. México. D.F. 259 pp.
- * **Kimball, W. J.** 1986. Biología. Cuarta Edición. Addison-Wesley Iberoamericana, México. 883 pp.
- * **Kobelkowsky, D. A.** 1985. Los peces de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Biótica*. 10(2):145-156.
- * **Krebs, J. C.** 1985. Ecology (The Experimental Analysis of Distribution and Abundance). Tercera edición. Harper & Row, Publishers, Nueva York. E.U.A. 800 pp.
- * **Kreyszig, E.** 1978. Introducción a la Estadística Matemática. Principios y Métodos. Editorial Limusa. México. 505 pp.
- * **Lagler, K. F.** 1984. Ictiología. AGT Ed. Tor. S.A. México. 489 pp.
- * **Lampert, W y K. Summer.** 1997. Limnoecology. Oxford University Press. Oxford. 382 pp.
- * **Lauridsen, T., E. Jeppesen., F. Landkildehus y M. Sondergaard.** 2001. Horizontal distribution of cladocerans in arctic Greenland lakes-impact of macrophytes and fish. *Hidrobiología*. 422(1-3):107-116.
- * **Lewis, W. M. Jr.** 1983. A revised classification of lakes based on mixing. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 40:1779-1787.

- * **Lobo, J.** 1993. La Base de la Ecología. Ed. Acción Divulgativa, S. L. Madrid. 155 pp.
- * **Lot, A y A. Novelo.** 1988. Vegetación y Flora Acuática del Lago de Páztcuaro, Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist*. 33(2):167-175.
- * **Lot, A y P. Ramírez-García.** 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye y A. Lot (compiladores), Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución. Instituto de Biología, UNAM, México. D.F. pp. 563-578.
- * **Lot, A., A. Novelo., M. Olvera y P. Ramírez-García.** 1999. Catálogo de Angiospermas Acuáticas de México (Hidrófitas Estrictas Emergentes, Sumergidas y Flotantes). Instituto de Biología. UNAM. México. D.F. 161 pp.
- * **Magoulick, D.D.** 2000. Spatial and temporal variation in fish assemblages of drying steam pools: The role of abiotic and biotic factores. *Aquatic Ecology*. 34:29-41.
- * **Magurran, E. A.** 1989. Diversidad Ecológica y su Medición. Ediciones Vedra. Madrid. 200 pp.
- * **Magurran, E. A.** 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. E. U.A. 256 pp.
- * **Margalef, R.** 1983. Limnología. Ediciones Omega, S.A, Barcelona. 1010 pp.
- * **Margalef, R.** 1993. Teoría de los Sistemas Ecológicos. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. Barcelona. 290 pp.
- * **Mason, H. L.** 1957. A flora of the marshes of California. Berkeley. University of California. E.U.A. No. VIII. 878 pp.
- * **Medina-Nava, M.** 1997. Ictiofauna de la Subcuenca del Río Angulo. Cuenca del Lerma-Chapala, Michoacán. *Zoología Informa*. ENCB-IPN. 35:25-52 pp.
- * **Medina-Nava. M., L. Tohtli., E. Zubieta-Rojas y J. P. Ramírez-Herrejón.** 2003. Estructura de la comunidad de peces de la Mintzita, Morelia Michoacán, Cuenca Lerma-Chapala. *Biológicas*. UMSNH. 5:19-29.
- * **Meschiatti, A. J., M. S. Arcifa y N. Fenerich-Verani.** 2000. Fish communities associated whit macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Enviromental Biology of Fishes*. 58:133-143.

- * **Miller, S. E.** 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *An. Esc. Biol. México.* 30:121-153.
- * **Miranda, L. E y K. B. Hoodges.** 2000. Role of aquatic vegetation coverage on hipoxia and sunfish abundance in bays of a eutrophic reservoir. *Hidrobiología.* 427:51-57.
- * **Novelo, A y A. Lot.** 1987. Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales. En: Memorias del Simposium Internacional Sobre la Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva. 2-6 de febrero de 1987, Villahermosa. 1-6 pp.
- * **Odum, E.** 1972. Ecología. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V, México. D.F. 639 pp.
- * **Pianka, R. E.** 1982. Ecología Evolutiva. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 365 pp.
- * **Pielou, E. C.** 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology.* Wiley-Interscience a Division of John Wiley & Sons. Nueva York. 286 pp.
- * **Pielou, E. C.** 1998. Fresh Water. The University of Chicago Press. Chicago. 275 pp.
- * **Prescott, G. W.** 1969. The aquatic plants. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown. 171 pp.
- * **Pryadarshana, T., T. Asadea y J. Manature.** 2001. Foraging behavior or planktivorous fish artificial vegetation: effects on swimming and feeding. *Hidrobiología.* 422(1-3):231-239.
- * **Quiroz, A., M. G. Miranda y A. Lot.** 1982. Uso potencial de algunas hidrófitas como abono verde en la zona chinampera de Xochimilco. *Biótica.* 7(4): 631-633.
- * **Ramírez, G. P y R. A. Novelo.** 1984. La vegetación acuática vascular de seis lagos-cráter del estado de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 46:75-88.
- * **Randall, D. J., C. Minns., V. Cairns y J. Moore.** 1996. The relationship between and index of fish production and submerged macrophytes and other

habitat features at three littoral areas in the Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 53(1):956-983.

* **Ricklefs, E. R.** 2001. *Invitación a la Ecología*. Editorial Médica Panamericana. Madrid. 592 pp.

* **Ricklefs, E. R.** 1996. *Ecology*. Tercera edición. W. Lt. Freeman and Company. Nueva York. 896 pp.

* **Rosenzweig, L. M.** 1997. *Species Diversity in space and Time*. Cambridge University Press. E.U.A. 436 pp.

* **Sánchez-Botero, J. I.** 2001. As macrófitas acuáticas como bécario para a ictiofauna da várzea do río Amazonas. *Acta Amazónica*. 31(3):437-447.

* **Scheffer, M.** 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall. E.U.A. 357pp.

* **Schlosser, I. J.** 1998. Fish recruitment, dispersal, and trophic interctions in a heterogeneous lotic enviroment. *Oecologia*. 113:260-268.

* **Smith, L. R.** 1980. *Ecology and Field Biology*. Tercera edición. Harper & Row, Publishers. Nueva York. 835 pp.

* **Soto-Galera, E., J. Barragán y E. López-López.** 1991. Efectos del deterioro ambiental en la distribución de la ictiofauna lermense. *Universidad: Ciencia y Tecnología*. 1(4): 780-796.

* **Soto-Galera, E.** 1998. Fish as indicators of enviromental quality in the Rio Lerma Basin, México. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 1:267-276.

* **Soto-Galera, E.** 1999. Change in fish fauna as indication of aquatic ecosystem condition in Rio Grande de Morelia, Lago de Cuitzeo Basin, Mexico. *Enviromental Management*. 24(1):133-140.

* **Torres-Orozco, R.** 1991. *Los peces de México*. AGT. Editor, S.A. México. D.F. 235 pp.

* **UNEP (United Nations Environment Programe).** 1997. Diversidad biológica de las aguas interiores. *Informe del Secretario Ejecutivo*. UNEP/ CBD/ SBSTTA/ 3/2:31.

* **www.nativefish.org.mx**

* www.nativefish.org/Gallery/Mexican

* **Valvo-Jorgensen, J.** 2000. Fish biomass and density in macrophyte habitats in floodplain lakes of the Orinoco Basin, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. Tomo LX, número 153.

* **Wiley, M. J., R.W. Gorden., S.W. Waite y T. Powless.** 1984. The relationship between aquatic macrophytes and sport fish production in Illinois ponds: A simple model. *North American Journal of Fisheries Manangement*. 4(1): 111-119.

* **Yáñez-Arancibia, A.** 1980. Taxonomy, ecology and structure of fish communities in coast of México. UNAM. México. D.F. 303 pp.

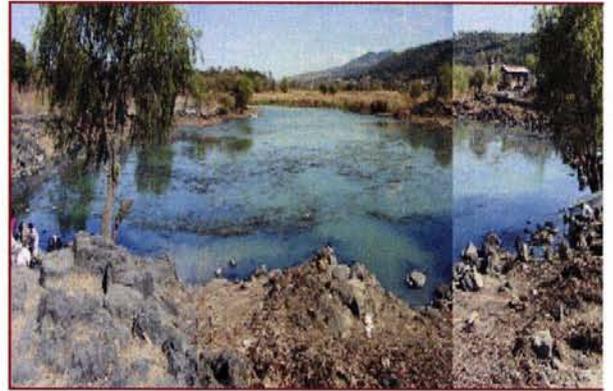
* **Zambrano, L y C. Macías-García.** 2000. Impact of introduced fish for aquaculture in Mexican freshwater systems. pp. 113-124. En: Claudi R y J.H. Leach (eds) *Non-indigenous Freshwater Organisms*. Lewia Publishers.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

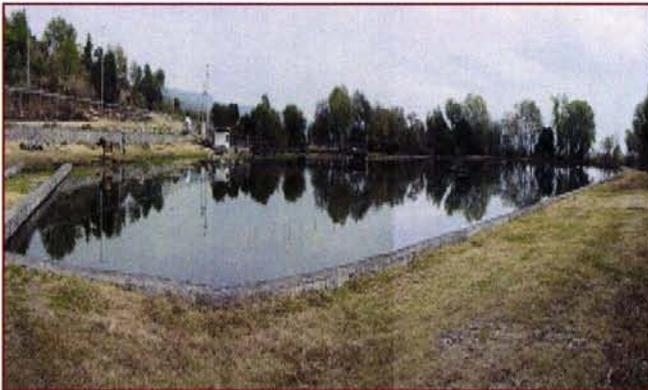
12. APÉNDICE



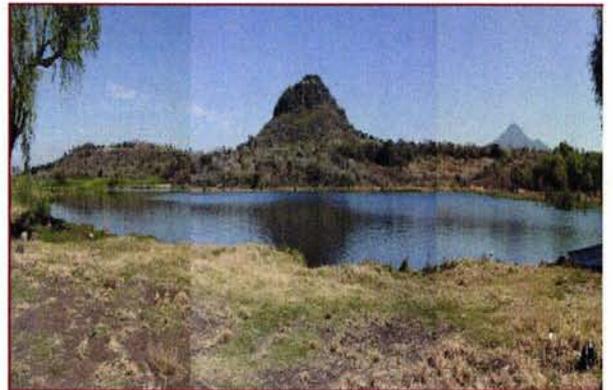
Chapultepec



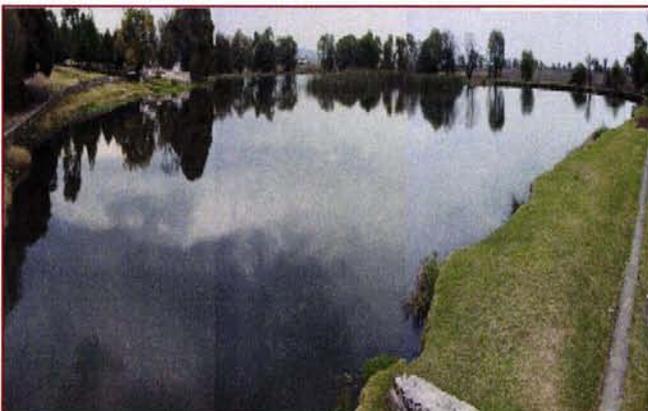
La Mintzita



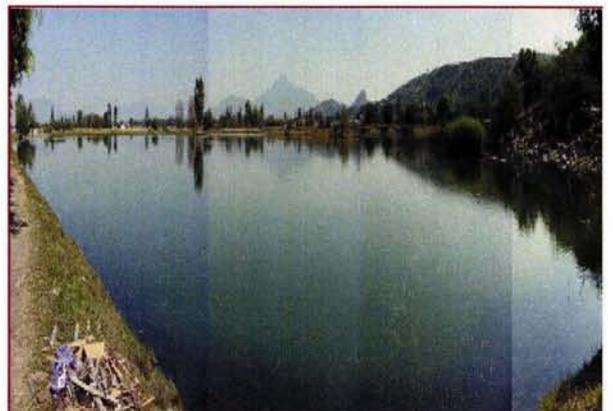
San Cristóbal



La Luz



Naranja de Tapia



Orandino

Fig. 8. Manantiales estudiados en el estado de Michoacán.



Poecilia mexicana (Steindachner, 1863)



Skiffia multipunctata (Pellegrin, 1991)



Chapalictyus encaustus (Jordan et. Zinder, 1990)



Xiphophorus maculatus (Gunther, 1886)

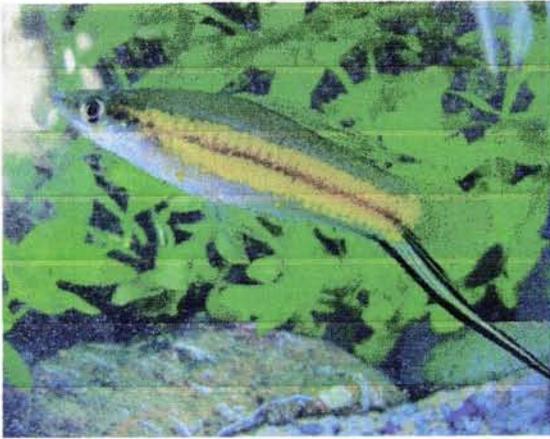


Allotoca diazi (Meek, 1920)

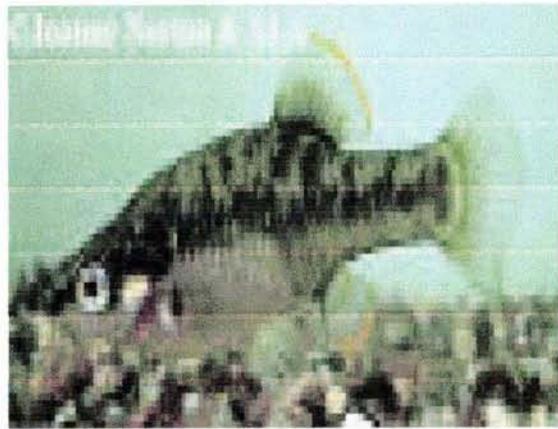


Goodea atripinnis (Jordan, 1880)

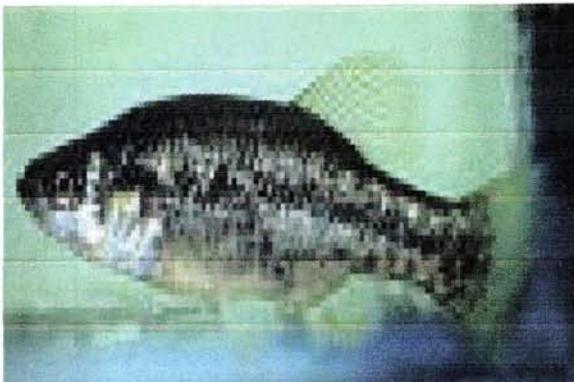
Fig. 9. Algunas especies ícticas colectadas en los manantiales.



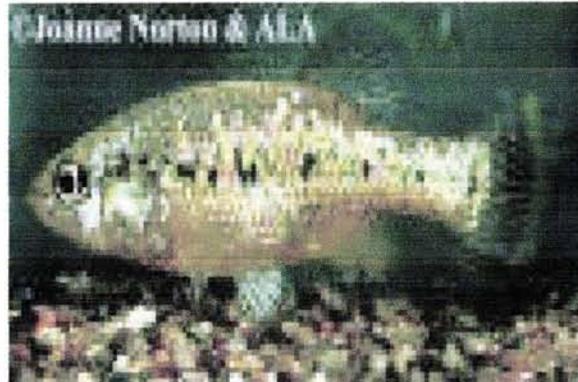
Xiphophorus helleri (Heckel, 1848)



Zoogonecticus quitzoensis (Bean, 1898)



Allophorus robustus (Bean, 1892) *



Xenotoca variata (Bean, 1887) *



Tilapia rendalli (Boulenger, 1896) *



Micropterus salmoides (Lacepede, 1802) *

Fig. 9. Algunas especies ícticas colectadas en los manantiales(*imágenes bajadas de la red).



Egeria densa Planch.



Pistia stratiotes L.



Lemna gibba L.



Eichhornia crassipes (C. Mart.) Solmons

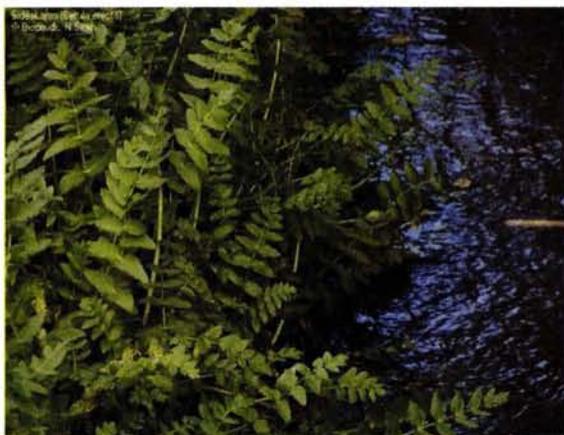


Nymphaea mexicana Zucc.



Leersia hexandra Sw.

Fig. 10. Algunas especies de hidrófitas colectadas en los manantiales estudiados.



Berula erecta (Huds.) Coville *



Ludwigia sp *

Fig. 10. Algunas especies de hidrófitas colectadas en los manantiales estudiados (*imágenes bajadas de la red).