



**Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**



**RELACIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN ACUÁTICA Y LA  
ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE PECES EN MANANTIALES DE  
LA CUENCA DEL LERMA (MICHOACÁN)**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**Maestro en Ciencias**  
(Limnología)

p r e s e n t a

**Biólogo Marino**  
**Teodiceldo Camargo Guerra**

Director de Tesis: Dr. Luis Zambrano González  
Comité Tutorial: Dra. Gillermina Alcaráz Zubeldia  
Dr. Edmundo Díaz Pardo  
Dra. Margarita E. Gallegos Martínez  
Dr. Alejandro Novelo Retana



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## TABLA DE CONTENIDO

### INTRODUCCIÓN

PLANTAS CUÁTICAS.....	1
PECES.....	4
RELACIÓN ENTRE PECES Y MACRÓFITAS.....	5
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Objetivo general.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>8</b>
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Hipótesis general.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Hipótesis específicas.....</b>	<b>9</b>
<b>4. ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. MÉTODO.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1. Colecta de campo.....</b>	<b>14</b>
5.1.1. Características físicas y químicas del agua.....	14
5.1.2. Macrófitas acuáticas.....	14
5.1.3. Colecta de Peces.....	15
<b>5.2. Análisis De Datos.....</b>	<b>17</b>
5.2.1. Índices.....	17
5.2.2. Estadística descriptiva.....	17
5.2.3. Correlaciones.....	18
5.2.4. t student.....	18
5.2.5. ANOVA.....	18
5.2.6. Prueba de Tukey.....	18
5.2.7. Análisis de regresión múltiple.....	18

5.2.8. Modelo.....	18
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>6.1. Parámetros físico-químicos.....</b>	<b>20</b>
Generalidades.....	20
<b>6.2. Resultados biológicos.....</b>	<b>22</b>
6.2.1. Manantial Chapultepec.....	22
6.2.1.1. Vegetación acuática.....	22
6.2.1.2. Peces.....	24
6.2.2. Manantial La Minzita.....	27
6.2.2.1. Vegetación acuática.....	27
6.2.2.2. Peces.....	27
6.2.3. Manantial San Cristóbal.....	31
6.2.3.1. Vegetación acuática.....	31
6.2.3.2. Peces.....	31
6.2.4. Manantial La Luz.....	34
6.2.4.1. Vegetación acuática.....	34
6.2.4.2. Peces.....	34
6.2.5. Manantial Naranja de Tapia.....	38
6.2.5.1. Vegetación acuática.....	38
6.2.5.2. Peces.....	38
6.2.6. Manantial Orandino.....	40
6.2.6.1. Vegetación acuática.....	40
6.2.6.2. Peces.....	40
6.2.7. Todos los manantiales.....	44
6.2.7.1. Plantas acuáticas.....	44
6.2.7.2. Peces.....	45
6.2.7.3. Vegetación acuática y peces.....	52
<b>7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>7.1. Abundancia y diversidad de peces.....</b>	<b>56</b>
<b>7.2. Longitudes totales.....</b>	<b>60</b>
<b>7.3. Proporción de hembras.....</b>	<b>62</b>
<b>7.4. Modelo de diversidad.....</b>	<b>62</b>

<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
-----------------------------	-----------

<b>9. REFERENCIAS.....</b>	<b>67</b>
----------------------------	-----------

**ANEXOS**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 a. Localización de los manantiales muestreados en el estado de Michoacán.....11
- Figura 2. a. Salinidad (ppm), b. Conductividad (ms/cm) y c. Transparencia (m) encontrados en las diferentes muestreos para los manantiales. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....21
- Figura 3. a. Concentración de nitratos (ppm), b. Concentración de amonio (ppm) y c. Concentración de fosfato encontrados en los diferentes manantiales. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....22
- Figura 4. Manantial Chapultepec (Mich) a. Capturas (número de individuos), b. Capturas (gramos), c. Capturas por unidad de esfuerzo (ind/hora), d. Capturas por unidad de esfuerzo (gramos/hora), e. Diversidad de Shannon-Wiener y f. Número de especies en zonas SVA y en zonas CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto para la diversidad.....25
- Figura 5. Manantial de Chapultepec (Mich). Capturas (número de individuos) de a. *Allotoca Diazii*, b. *Goodea atripinnis* y c. *Skiffia lermae* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....25
- Figura 6. Manantial Chapultepec (Mich). Número de individuos encontrados en zonas compuestas de *S. aff. californicus* y *L. gibba*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....26
- Figura 7. Manantial Chapultepec (Mich). Captura (Ind) de: a. *Allotoca diazi* b. *Goodea atripinnis* y c. *Skiffia lermae* en zonas de *S. aff. californicus* y *L. gibba*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....26
- Figura 8. Manantial Chapultepec (Mich). a. Longitudes totales en zonas SVA (Lt SVA), CVA (Lt CVA) y por especie b. *Allotoca Diazii*, c. *Goodea atripinnis* y d. *Skiffia lermae*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....27
- Figura 9. Manantial La Minzita (Mich). a. Capturas en número de individuos b. Capturas en gramos, c. CPUE en Ind/h, d. CPUE en gr/h., e. Diversidad de Shannon-Wiener (bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y en zonas CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto para la diversidad.....28
- Figura 10. Manantial La Minzita (Mich). Número de individuos encontrados en zonas de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*, *Egeria densa* y *Nymphaea mexicana*). Se presentan valores promedio y desviación estándar.....29
- Figura 11. Manantial La Minzita (Mich). Capturas (número de individuos) de a. *Notropis calientis* (Nc), b. *Skiffia lermae*, c. *Zoogoneticus quitzeoensis*, d. *Xenotoca variata*, e. *Goodea atripinnis*, f. *Allophorus robustus*, g. *Poeciliopsis infans*, y h. *Xiphophorus helleri* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....29
- Figura 12. Manantial de La Minzita (Mich). Captura (Ind) en: a. *Zoogoneticus quitzeoensis* b. *Skiffia lermae* c. *Notropis calientis* en y d. *Xenotoca variata* encontrados en zonas de *Nimphaea mexicana*, lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y en *Egeria densa*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....30
- Figura 13. Manantial La Minzita (Mich). Longitudes totales en a. zonas SVA y CVA y por especie b. *Poeciliopsis infans*, c. *Xenotoca variata*, d. *Zoogoneticus quitzeoensis*, e.

*Alloophorus robustus*, f. *Goodea atripinnis*, g. *Notropis calientis* y h. *Skiffia lermæ*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....31

Figura 14. Manantial de San Cristóbal (Mich). a. Captura en número de individuos, b. Captura en gramos, c. CPUE (Ind/h), d. CPUE (Gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener (Bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.....32

Figura 15. Manantial de San Cristóbal (Mich). Capturas (número de individuos) de a. *Xiphophorus maculatus*, b. *Poeciliopsis infans*, c. *Xenotoca variata*, d. *Zoogoneticus quitzeonsis*, e. *Alloophorus robustus*, f. *Oreochromis niloticus* y g. *Goodea atripinnis* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....33

Figura 16. Manantial San Cristóbal (Mich). Longitudes totales en a. zonas SVA y CVA, b. *Poeciliopsis infans*, c. *Xiphophorus maculatus*, d. *Alloophorus robustus*, e. *Xenotoca variata* y *Zoogoneticus quitzeonsis*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....34

Figura 17. Manantial La Luz (Mich). a. Capturas (Individuos), b. Capturas (gramos), c. Captura por unidad de esfuerzo (Ind/h), d. Capturas por unidad de esfuerzo (gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener (bel nat), f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.....35

Figura 18. Manantial La Luz (Mich). Capturas (Ind) a. *Alloophorus robustus*, b. *Goodea atripinnis*, c. *Skiffia multipunctatus*, d. *Zoogoneticus quitzeonsis*, e. *Chapalichthys encaustus*, *Xiphophorus helleri* y en zonas SVA y CVA. T significa la prueba no paramétrica de Mann-Whitney Rang Sum Test. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....36

Figura 19. Manantial La Luz (Mich). Captura en número de individuos encontrados en zonas compuestas de *Typha latifolia*, *Eichhornia crassipes*, *Leersia hexandra* y *Phragmites australis*. Prueba de Turquí  $A \neq B$  (0.0000156). Se presentan valores promedio y desviación estándar.....36

Figura 20. Manantial La Luz (Mich). Captura (Ind) de: a. *Goodea atripinnis* b. *Xiphophorus helleri* c. *Skiffia multipunctatus*, d. *Chapalichthys encaustus*, e. *Zoogoneticus quitzeoensis* y f. *Alloophorus robustus* en zonas compuestas por *Eichhornia crassipes* (Ec), *Leersia hexandra* (Lh), *Phragmites australis* (Pa) y *Typha latifolia* (Tl). Se presentan valores promedio y desviación estándar...37

Figura 21. Manantial La Luz (Mich). Longitudes totales (mm) de peces capturados en a. Zonas SVA y CVA, b. *Alloophorus robustus*, c. *Chapalichthys encaustus*, d. *Zoogoneticus quitzeoensis*, e. *Goodea atripinnis*, f. *Skiffia multipunctatus* y *Xiphophorus helleri*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....38

Figura 22. Manantial Naranja de Tapia (Mich). Capturas a. Individuos, b. Gramos c. CPUE en Ind/h, d. CPUE en Gr/h, e. Diversidad de Shannon-Wiener (Bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.....39

Figura 23. Manantial Naranja de Tapia (Mich). Longitudes totales (mm) en zonas CVA (Long. total) y por especie: *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Xiphophorus helleri*, *Poeciliopsis infans*, *Goodea atripinnis* y *Micropterus salmoides*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....39

Figura 24. Manantial Orandino (Mich). a. Capturas (individuos), b. Capturas (gramos), c. CPUE (Ind/h), d. CPUE (gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener (bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.....41

Figura 25. Manantial de Orandino (Mich). Captura (Ind) de a. *Xiphophorus helleri*, b. *Chapalichthys encaustus*, c. *Skiffia multipunctatus*, d. *Xenotoca Variata*, e. *Zoogoneticus*

*quitzeoensis*, f. *Alloophorus robustus*, g. *Poecilia mexicana*, h. *Poeciliopsis infans*, i. *Goodea atripinnis* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....42

Figura 26. Manantial Orandino (Mich). Captura en número de individuos en zonas compuestas de *S. Aff. californicus*, *Phragmites australis* y *Pistia stratiotes*. H, significa prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis one way Analysis of variance on ranks. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....43

Figura 27. Manantial Orandino (Mich). Captura (Ind) de a. *Alloophorus robustus* (Ar), b. *Xenotoca Variata* (Xv), c. *Zoogoneticus quitzeoensis*, d. *Xiphophorus helleri*, e. *Chapalichthys encaustus*, f. *Skiffia multipunctatus*, g. *Poecilia mexicana* y h. *Poeciliopsis infans* en zonas con *S. aff. californicus*, (Sc), *Phragmites australis*, (Pa) y *Pistia stratiotes* (Ps). Se presentan valores promedio y desviación estándar.....43

Figura 28. Manantial de Orandino (Mich). Longitudes totales (mm) en a. zonas SVA y CVA y por especie: b. *Alloophorus robustus*, c. *Chapalichthys encaustus*, d. *Skiffia multipunctatus*, e. *Xenotoca variata*, f. *Zoogoneticus quitzeoensis* y g. *Xiphophorus helleri*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....44

Figura 29. a. Porcentaje de cobertura total y b. Diversidad total de Shannon -Wiener para la vegetación acuática encontrada en los manantiales. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....45

Figura 30. Comparación de abundancias y diversidades de todos los cuerpos de agua a. Porcentaje de captura (Ind), b. Porcentaje de captura (Gr), c. Porcentaje de CPUE (Ind/h), d. Porcentaje de CPUE (Gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener., f. Porcentaje del número de especies encontrados en zonas SVA y CVA.....45

Figura 31. a. Índice de diversidad total (Shannon – Wiener, bel nat) de peces, b. Índice de complementariedad para peces y c. Proporción de hembras encontradas. El punto a. hace referencia a la diversidad total por manantial. Mientras que los puntos b y c se refieren a comparaciones entre las dos zonas (SVA y CVA), para cada cuerpo de agua.....46

Figura 32. Relación entre a. Abundancias promedio, b. Diversidades totales (Shannon-Wiener, bel nat) y c. Especies encontradas en las dos zonas (SVA y CVA) para los seis manantiales muestreados. Se graficaron los promedios.....47

Figura 33. a. Porcentaje del número y b. Relación entre el número de individuos por especie encontrados en las dos zonas (SVA y CVA), teniendo en cuenta todos los manantiales. A. *diazi* (Ad), G. *atripinnis* (Ga), S. *lermae* (Sl), A. *robustus* (Ar), C. *encaustus* (Ce), S. *multipunctata* (Sm), X. *variata* (Xv), Z. *Quitzeoensis* (Zq), N. *Calientis* (Nc), P. *Infans* (Pi), X. *helleri* (Xh) y X. *maculaus* (Xm).....48

Figura 34. Porcentaje total de peces encontrados en a. Las diferentes plantas acuáticas: *Eichhornia crassipes* (Ec), *Lemna gibba* (Lg), *Typha latifolia* (Tl), *Schoenoplectus aff. californicus* (Sc), *Leersia hexandra* (Lh), *Phragmites australis* (Pa), *Nymphaea mexicana* (Nm), *Egeria densa* (Ed) y *Pistia stratiotes* (Ps) y b. En las formas de vida: enraizadas emergentes (EE), libres flotadoras (LF), enraizadas sumergidas (ES) y enraizada de hojas flotantes (EHF).....49

Figura 35. Porcentaje de peces por especie encontrados en las diferentes plantas acuáticas: *Eichhornia crassipes* (Ec), *Lemna gibba* (Lg), *Typha latifolia* (Tl), *Schoenoplectus aff. californicus* (Sc), *Leersia hexandra* (Lh). *Phragmites australis* (Pa), *Nymphaea mexicana* (Nm), *Egeria densa* (Ed) y *Pistia stratiotes* (Ps) a. A. *robustus*, b. A. *diazi*, c. G. *atripinnis*, d. S. *lermae*, e. X. *helleri*, f. S. *multipunctatus*, g. C. *encaustus* y h. Z. *quitzeoensis*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.....50

Figura 36. Longitudes totales y por especie encontradas teniendo en cuenta todo los cuerpos de agua en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar. ns= no es significativo. Lt, todos los cuerpos de agua, *Allotoca diazi*, *Goodea atripinnis*, *Skiffia lermae*, *Alloophorus robustus*, *Chapalichthys encaustus*, *Poeciliopsis infans*, *Skiffia*



*multipunctatus*, *Xiphophorus helleri*, *Zoogonecticus quitzeonsis*, *Notropis calientis*, *Xenotoca variata*, *Micropterus salmoides* y *Oreochromis niloticus*.....51

Figura 37. Relación entre las longitudes totales promedio encontradas en las dos zonas (SVA y CVA) en los seis manantiales muestreados.....52

Figura 38 Relación entre el número promedio de peces y a. Porcentaje de cobertura, b. Diversidad de plantas (Shannon-Wiener, bel nat) y c. Formas de vida de las plantas acuáticas de los diferentes manantiales.....53

Figura 39. Relación entre a. La diversidad total de plantas acuáticas y el número promedio de peces. b. Diversidad total de plantas y diversidad (Shannon-Wiener, bel nat) total de peces, c. Diversidad total de peces y total de formas de vida y d. Porcentaje de cobertura y diversidad total de peces en los diferentes manantiales. ....54

Figura 40. Relación entre la diversidad y el porcentaje de cobertura de plantas acuáticas de forma lineal para estimar la diversidad de peces. ....55

Figura 41. Relación entre la diversidad total de peces y el porcentaje de cobertura para los diferentes manantiales. a. de forma lineal y b. De forma logarítmica.....63

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y características climáticas de los cuerpos de agua estudiados (*Lagos cerca de Jaona).....	13
Tabla 2. Lista de plantas acuáticas encontrada en los diferentes manantiales.....	23
Tabla 3. Lista de especies de peces encontrados en los diferentes manantiales.....	24

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Parámetros físico – químicos encontrados en los diferentes manantiales.

ANEXO B. Correlaciones entre los diferentes variables de capturas y la captura por unidad de esfuerzo en zonas SVA y CVA: Individuos SVA (Ind SVA), Individuos CVA (Ind. CVA), Gramos SVA (Gr. SVA), Gramos CVA (Gr. CVA), CPUE (Ind/h SVA), CPUE (Ind/h CVA), CPUE (Gr/h SVA) y CPUE (Igr. CVA).

ANEXO C. Lista florística con porcentajes de cobertura encontrados en los diferentes manantiales.

ANEXO D. Variables biológicas encontradas en los diferentes manantiales

ANEXO E. Número de peces totales capturados en los diferentes manantiales.

ANEXO F. Longitudes totales encontradas en las diferentes especies de peces en los manantiales.

ANEXO G. Resultados de las variables físico-químicas para los manantiales muestreados.

ANEXO H. Manantiales muestreados.

ANEXO I. Peces colectados.

ANEXO J. Plantas acuáticas colectadas.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, José Teodiceldo Camargo Guerra y Cecilia Guerra de Camargo, por su apoyo incondicional, mil gracias.

A mis hermanos que de alguna manera contribuyeron a la conclusión de ésta tesis.

A México por darme una acogida cordial y cariñosa

A todo el personal que conforma el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por su paciencia y formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Luis Zambrano González por haberme recibido en su laboratorio, haber creído en mi y por la invaluable formación profesional que me ha brindado durante estos años. Por ser guía y apoyo principal para que este trabajo pudiera ser terminado.

A todos los miembros de comité total por su paciencia y comentarios acertados.

Al Dr. Alejandro Novelo por su colaboración en la identificación de las plantas acuáticas y sus comentarios acertados.

Al M.C. Eduardo Soto Galera, Omar Domínguez, M.C Leticia Huidobro y al M.C Hector Espinosa por la ayuda en la identificación de peces.

A Norma Suazo Pineda, Lupita Godoy Medina, Diana Juárez Bustos y Gabriela Almaraz Mejía por su paciencia y colaboración desinteresada.

A Joel Loera y Noemí Zea por su colaboración en la recolección de muestras y trabajo en campo.

## RESUMEN

El presente trabajo determina la relación que existe entre las plantas acuáticas y la abundancia y diversidad de peces en manantiales localizados en el estado de Michoacán. En los meses de septiembre y diciembre del 2002 y marzo y junio del 2003, se midieron variables físico-químicos (temperatura, oxígeno, transparencia, pH, conductividad, salinidad, nitritos, ión amonio y fosfatos); porcentaje de cobertura de la vegetación acuática; abundancia y diversidad de peces en seis manantiales (Chapultepec, La Mintzita, San Cristóbal, La Luz, Naranja de Tapia y Orandino). Los valores de las variables físico-químicos se obtuvieron con un multiparámetro y colorímetro. Para determinar el porcentaje de cobertura se dividió el cuerpo de agua en cuatro partes y a cada una de ellas se determinó el porcentaje ocupado por las diferentes especies de plantas acuáticas. La captura de los peces se realizó por medio de nasas con carnada. Éstas se colocaron en zonas sin vegetación acuática (SVA) y con vegetación acuática (CVA). Los resultados sugieren que los valores obtenidos de las variables físico-químicas no afectan la estructura de la comunidad de peces para los meses en que fueron evaluados. Sin embargo, la vegetación aparentemente sí afecta a la estructura de la comunidad de peces puesto que se encontró una mayor abundancia, riqueza, diversidad significativamente mayores y longitudes totales significativamente menores de peces en zonas CVA, que en zonas SVA. Posiblemente este resultado se atribuye a que en las zonas CVA hay una mayor complejidad y heterogeneidad espacial, incentivando a que otras comunidades (invertebrados principalmente) se asocien a estas zonas. Estas comunidades son un importante recurso para los peces, especialmente las de longitudes totales menores y para especies que no alcanzan tamaños grandes como los peces capturados (de la familia Goodeidae, Poecilidae y Ciprinidae, principalmente). Finalmente se pudo establecer una relación directa entre la diversidad de peces con la diversidad y formas de vida de las plantas acuáticas. Los datos obtenidos de diversidad de peces y el porcentaje de cobertura nos permitió realizar un modelo, dando como resultado una relación parabólica entre estas dos variables.

## INTRODUCCIÓN

El hábitat está estrechamente relacionado con los organismos que habitan en él. Esto se debe a que el hábitat es un área con características bióticas y abióticas particulares, que proporcionan las condiciones y recursos básicos para satisfacer los requerimientos de un organismo (Begon, *et. al.*, 1999; Ricklers y Miller, 1999). Por ejemplo, un hábitat con una alta complejidad y heterogeneidad espacial (en consecuencia, que provee una alta diversidad de recursos) tiene mayor capacidad de albergar más especies. Por el contrario, un hábitat más simple espacialmente (que provee un solo tipo de recursos) tendrá menos especies. La complejidad y heterogeneidad espacial, influyen sobre las dinámicas de cada especie al afectar factores poblacionales como la reproducción, mortalidad y colonización, así como las interacciones depredación y competencia (Johannes, 1993). De esta manera el hábitat influye en la supervivencia, abundancia y diversidad de los organismos que componen una comunidad (Ricklefs, 1999) y por tanto es su diversidad.

El tamaño del espacio utilizado por los organismos se encuentra en relación con la calidad del hábitat, describiendo una relación de tipo exponencial negativa; cuando mejor calidad menor dominio vital, entendido este como un término que define tanto la disponibilidad de los recursos, como su contenido energético, predictibilidad, grado de dispersión en el espacio y su explotación por parte de otros individuos pertenecientes a la misma cohortes, taxón o a especies distintas (Granado, 1996). La calidad del ambiente incrementa la ocupación, pero éste puede verse afectado o reducido por una alta densidad de ocupación, siendo necesario que la población opte por otro ambiente de menor calidad, pero donde su tasa de ocupación es menor.

### PLANTAS ACUÁTICAS

La palabra macrófita es un término que ha sido muy usado y aceptado por los ecólogos. Sin embargo no existe una definición de éste, puesto que ciertas plantas se desarrollan en la zona de transición entre los ambientes terrestres y acuáticos o bien en zonas inundadas durante ciertas épocas del año, además este término no precisa un significado

taxonómico exacto; generalmente se utiliza para separar grandes plantas acuáticas de las algas planctónicas y bentónicas, incluyendo además, musgos, algas grandes y plantas vasculares. El término apropiado para este tipo de vegetación es el hidrófitas vasculares o plantas acuáticas. Se consideran plantas acuáticas aquellas que crecen asociadas al agua o que al menos están presentes en suelos cubiertos por ella (Boyd, 1978; Sculthorpe, 1985; Dewangi, 1998). Sin embargo, Lot y Novelo (1978) establecen una clasificación de las plantas acuáticas: Plantas acuáticas estrictas, las que realizan todo su ciclo de vida dentro del agua, ya sean sumergidas, emergidas o flotadoras. Plantas subacuáticas, las que llevan a cabo gran parte de su ciclo de vida en el agua (generalmente en el borde de ambientes acuáticos) y no sobreviven mucho tiempo en suelos completamente secos. Finalmente, las plantas acuáticas tolerantes llevan la mayor parte de su ciclo de vida en suelos completamente secos, pero pueden tolerar por corto tiempo una alta humedad. Las plantas acuáticas también se clasifican según la forma de vida: en hidrófitas enraizadas emergentes, definidas como aquellas especies que están arraigadas al sustrato y gran parte de la planta se levanta por encima del agua; las hidrófitas enraizadas de hojas flotantes son enraizadas al sustrato pero con las hojas flotando en el espejo de agua; hidrófitas enraizadas de tallos postrados, son aquellas que están enraizadas pero que sus tallos están en la superficie del agua; hidrófitas sumergidas, estas pueden o no estar enraizadas al sustrato e hidrófitas libremente flotadoras, éstas no están enraizadas y están a merced de las corrientes y el viento (Lot y Novelo, 1978; Dalton y Novelo, 1983; Bonilla y Novelo, 1995; Pert, 2000).

Las plantas acuáticas cumplen funciones como son: 1) reincorporan nutrientes al sistema. 2) eliminan algunas sustancias tóxicas. 3) atrapan, estabilizan y evitan la resuspensión de sedimentos. 4) forman un sustrato importante para la fijación de epibiontes, tales como macroalgas, microalgas, fauna sésil y microcrustáceos. 5) sirven de áreas de crianza, reproducción y refugio de diversas especies de animales, como invertebrados, peces, aves y reptiles (Fenchel, 1977; Kikuchy y Pérez, 1977; Thayer *et. al.*, 1984; Moss, 1988; Scheffer, 1998).

Las plantas acuáticas además de cumplir funciones ecológicas, han sido aprovechadas por el hombre, siendo utilizadas para forraje, abono, productos farmacéuticos,



fabricación de papel, utensilios y artesanías (Novelo y Gallegos, 1988; Madrigal, 2001; Gichuki, et. al., 2001).

Dentro de las características de algunas plantas acuáticas está la capacidad de contar con una alta tasa de crecimiento, en condiciones óptimas de temperatura y nutrimentos adecuados, se pueden duplicar en dos a cinco días, según las áreas donde se desarrollen. Algunas plantas acuáticas alcanzan valores de 14.6 g/día (Boyd, 1978; Olvera et. al., 1989). Su distribución y biomasa están influenciadas por una variedad de factores ambientales (transparencia del agua, profundidad, sustrato, luz, disponibilidad de nutrientes, entre otros (Banerjee y Matai, 1990; Hopson y Zimba, 1993; Wychera et. al., 1993; Petr, 1993). Debido al alto crecimiento de las macrófitas, junto con su capacidad de remover contaminantes y nutrientes, como es el caso del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*, que puede remover hasta 350 Kg de fósforo, 2000 Kg de nitrógeno por año) se usan para el tratamiento de aguas residuales, entre las más utilizadas para este fin están: *Lemna sp.*, *Spirodela sp.*, *Wolffia sp.*, *Wolffiella sp.*, *Phragmites sp.*, *Typha sp.*, *Scirpus sp.*, *Eichhornia sp.*, entre otras, (Bix, 1997, en Miranda y Luna, 2001).

Los contaminantes de aguas residuales y desechos industriales en los cuerpos de agua, han hecho que las condiciones químicas del agua cambien, afectando a las plantas acuáticas. En casos extremos, estas plantas producen la desaparición de muchos ambientes acuáticos y subacuáticos por procesos de colmatación (Rzedowski, 1978).

Pero no en todos los casos las plantas acuáticas cumplen funciones benéficas, cuando algunas especies crecen abundantemente y llegan a invadir la totalidad de un cuerpo de agua; afectando las corrientes y la circulación de las embarcaciones, la pesca y la actividad turística (Escamilla, 1998; Petr, 2000); de esta manera, cambian algunos variables como la temperatura, pH, el oxígeno disuelto, transparencia y profundidad, principalmente.

Las plantas acuáticas compiten con el fitoplancton, especialmente por espacio, nutrientes y luz. Cuando los cuerpos de agua presentan gran cantidad de fitoplancton, las plantas acuáticas (principalmente las enraizadas sumergidas) se ven desfavorecidas,

puesto que la penetración de la luz disminuye, llegando a desaparecer, especialmente en lagos someros. Pero no todas las plantas acuáticas desaparecen con el incremento de la turbidez originada por el fitoplancton, especialmente las enraizadas emergentes y las libres flotadoras. Estas compiten con éste por espacio y nutrimentos (Moss, 1992; Scheffer, 1998; Zimmer, et. al., 2003).

La gran cantidad de hábitats acuáticos existentes en México, sustenta una gran diversidad de plantas acuáticas, representadas en 86 familias, que se componen de 262 géneros y 763 especies. Incluyendo helechos, gimnospermas y angiospermas. Estas últimas con 38 familias de dicotiledóneas, son las más diversas, (Lot, et. al., 1998).

## PECES

En la cuenca del Lerma - Chapala - Santiago existen aproximadamente 77 especies de peces incluidas en 9 familias: Atherinopsidae, Goodeidae, Cyprinidae, Poeciliidae, Ictaluridae, Catostomidae, Cichlidae, Petromyzontidae y Centrarchiidae (Barbour, 1973 a; 1973 b; Miller y Smith, 1986; Miller, 1986; Espinosa, et. al., 1993). En esta región se encuentran organismos endémicos en el ámbito de familia, género y especie. La familia Goodeidae con 35 especies, Atherinopsidae, el género *Chirostoma* con 18 especies y los ciprínidos del género *Algansea* y *Yuriria* con siete y una especie respectivamente (Barbour, 1973 a; Echelle y Echelle, 1984). Esta cuenca presenta aproximadamente un 58 % de endemismo de peces, que se considera bastante alto (Miller, 1986). A estas especies se les suman las introducidas como el caso de las familias Cyprinidae, Centrarchiidae y Cichidae (Zambrano y Macias, 2000), siendo estas últimas las que dominan. Debido a éstas características, se le ha considerado como Subregión Mexicana, una de las tres en las que se divide la región Neártica (Regan, 1906-1908, citado en Miller y Smith, 1986).

La cuenca del Lerma-Chapala en el Estado de Michoacán ofrece grandes perspectivas de investigación ictiológica debido a lo peculiar de su fauna íctica ya que el inventario de las especies de la zona es incompleto. Por tanto, es básico conocer la composición de la íctiofauna de esta región, así como de las condiciones ecológicas de sus hábitats antes de realizar programas sobre pesquerías, acuacultura y reglamentación pesquera. Estos estudios también son necesarios para conocer a través del tiempo las modificaciones que

se realicen a los ambientes naturales y determinar el grado de alteración de las poblaciones existentes (Álvarez, 1972).

#### RELACION ENTRE PECES Y MACRÓFITAS

Las macrófitas forman gran parte del hábitat de los peces y son componentes de la complejidad y heterogeneidad de éste (Weaver *et. al.*, 1997; Carr, 1994). Tanto la heterogeneidad espacial como la complejidad están relacionadas, influyendo en la distribución y estructura de las comunidades (Cry y Downing, 1988; Dione y Folt, 1991; Benson y Magnuson, 1992).

La complejidad espacial en conjunto con la heterogeneidad espacial generan una mayor variedad y disponibilidad de recursos atractivos para los peces (Carr, 1994; Hoyer y Canfield, 1996; Weaver *et. al.*, 1997; Jordan, *et. al.*, 1996; Kenneth y Donal, 1998; Begon, *et. al.*, 1999; Pettry, *et. al.*, 2003). La alta densidad de presas está típicamente asociada a las macrófitas (Cyr y Downing, 1988; Paterson, 1993). Además, las macrófitas sirven como sitios de protección contra depredadores como es el caso de otros peces, aves, reptiles y mamíferos (Mago, 1970; Cordivola de Yuan *et. al.*, 1984; Welcomme, 1985; Galvis, *et. al.*, 1989; Lammens, 1989; Jean, 1997; Suárez *et. al.* 2001). De esta manera, la eficiencia de depredación decrece en zonas con vegetación acuática (CVA), puesto que impide el nado de los depredadores y las presas pueden esconderse fácilmente (Manatunge, 2000). Esto sucede principalmente por la arquitectura de la planta que crea espacios formados por las hojas, tallos y raíces (Savino y Stein, 1982). Por el contrario, las zonas sin vegetación acuática (SVA) poseen menor complejidad y heterogeneidad espacial por lo que los peces son más susceptibles a ser depredados. Sin embargo, la capacidad de refugio de los peces en las macrófitas decrece, cuando se incrementa el número de peces o cuando la cantidad de macrófitas es baja (Schriver *et. al.*, 1995).

Dependiendo de las condiciones físicas y químicas del cuerpo de agua, la tolerancia y variaciones de la misma, la etología y la biología del pez, éste escogerá un determinado hábitat. En algunos casos la abundancia y la composición de peces pueden ser similares en dos o más cuerpos de agua, a pesar de que las abundancias de las macrófitas

puedan tener diferencias temporales y espaciales (Meschiatti, et. al., 2000). La mayoría de los estudios que relacionan las plantas acuáticas con los peces van enfocados hacia las pesquerías y hacia la importancia de las plantas acuáticas como alimento para los peces (Odack y Treer, 2000). Es así como Petr (2000) señala que las macrófitas son un eslabón en la cadena alimentaria y recomienda alternativas como la utilización de peces (herbívoros), para el control de las plantas acuáticas de una manera más económica en beneficio de los pescadores. La biomasa de peces es significativamente más alta en hábitats con mayor porcentaje de cobertura vegetal. También hay mayor densidad de peces y tallas pequeñas en lugares con vegetación que en lugares en los que no la hay (Randall, et. al., 1995a).

La presencia de macrófitas influye en otras comunidades, como es el caso de los organismos zooplanctónicos; en ausencia de macrófitas, la biomasa de zoopláncton es baja, dominada por copépodos (Wetzel, 2001).

Dependiendo de las especies y de su forma de vida, las macrófitas pueden contribuir a la conformación de la estructura de las comunidades de peces (Lammens, 1989; Jean, 1997; Suárez et. al., 2001), aunque no sean siempre benéfica, puesto que se ha encontrado una relación directa y positiva entre los peces "indeseables" y las macrófitas en el lago Kowar (Prakash, et. al., 1994).

Cuando las macrófitas son muy abundantes reducen la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, debido a que se incrementa materia orgánica. Esto desfavorece especialmente a las especies de peces que son poco tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno o aquellas que no son aerobias facultativos. Por ejemplo, el crecimiento de *Micropterus salmoides* y *Oncorhynchus myskiss* se ve significativamente reducido a altas densidades de macrófitas (*Eichhornia* sp.) y en el peor de los casos se generan grandes mortalidades localizadas (Frodge et. al., 1995).

En áreas de marisma con vegetación acuática emergente en (*Sagittaria* sp. y *Schoenoplectus americanus*), generalmente se encuentra mayor cantidad de organismos

nectónicos, comparadas con zonas donde no las hay, siendo mayor la cantidad de peces con un 65 % del total de organismos colectados (Castellanos y Rozas, 2001).

No se ha profundizado sobre la relación que existe entre las plantas acuáticas y los peces, pero existen muchos trabajos por separado que explican la sistemática, biología, biogeografía, ecología, tanto de los peces como de las plantas acuáticas. El propósito de este trabajo es comparar la abundancia, diversidad, tallas y proporción de hembras de los peces que se encuentran en zonas sin vegetación acuática (SVA) y con vegetación acuática (CVA). Así como también el de establecer que relaciones hay entre la abundancia y diversidad de plantas acuática con la estructura de la comunidad de peces en manantiales. Ésta interacción puede ser más notoria debido a que en pequeños cuerpos de agua (manantiales) no influyen factores que están presentes en lagos grandes, como es la profundidad y las clinas (oxiclina y termoclina). En cuerpos de agua no muy profundos la distribución de los peces, podría representar un gran componente de la heterogeneidad espacial, siendo más importante los movimientos horizontales que verticales (Johannes, 1993). Este trabajo nos podría ayudar a entender el papel de las macrófitas en la estructura de las comunidades de peces en los manantiales, e indirectamente aportar información para el manejo ecológico de estas especies, principalmente endémicas (Frang *et. al.*, 1995).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar si existe relación entre la vegetación acuática y la abundancia y diversidad de peces en algunos manantiales de la cuenca del Lerma (Mich).

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características físicas (temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, transparencia, profundidad) y químicas (nitratos, amonio y fosfatos) de los manantiales estudiados.
- Estimar la cobertura vegetal, formas de vida y diversidad de las plantas acuáticas para los seis manantiales escogidos e identificar las especies más importantes.
- Determinar la abundancia, el número de especies, la diversidad y el sexo de los peces que se encuentran en zonas sin vegetación acuática (SVA) y en zonas con vegetación acuática (CVA).
- Estimar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE; ind/h y gr/h) en los manantiales (zonas SVA y zonas CVA) y buscar la relación con las capturas en número de individuos y en peso (gr).
- Establecer la relación entre la diversidad de peces por zona (SVA y CVA) y total de los manantiales con el porcentaje de cobertura y las formas de vida de las plantas acuáticas.
- Comparar el número de especies de peces en las dos zonas (SVA y CVA).
- Buscar la relación entre las tallas medias de las especies capturadas, teniendo en cuenta la presencia y ausencia de vegetación acuática en cada manantial.

### **3. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

La presencia de vegetación acuática (macrófitas) en un manantial influye sobre la distribución, diversidad, abundancia y está relacionada con las tallas de los peces y su sexo.

#### **3.2. Hipótesis específicas:**

Debido a que las zonas con vegetación acuática (CVA) proporcionan áreas de alimentación, protección y de reproducción para los peces, se espera que en éstas zonas haya una mayor diversidad, mayor abundancia, mayor proporción de hembras y menores longitudes totales de peces que en zonas sin vegetación acuática (SVA). Siendo factible que los peces prefieran ambientes compuestos por una determinada forma de vida de las plantas acuáticas, dado que cada forma de vida proporciona de una manera diferencial recursos y refugio. También es de esperar que haya una relación entre la abundancia, diversidad y formas de vida de las plantas acuáticas con la estructura de la comunidad de peces.

#### 4. ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema Lerma – Chapala - Santiago, es una de las regiones más importantes en el país, tanto por su extensión, como por la importancia del desarrollo urbano e industrial de la zona de influencia. En la cuenca confluyen dos zonas biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, lo que le da mayor importancia desde el punto de vista biológico, con respecto a las especies de peces se pueden encontrar en ambas zonas, incluso especies que radiaron en el área como los de las familias de Goodeidae y Aterínidos que aunque sean distintas presentan características similares.

De acuerdo con la subdivisión del país en regiones hidrológicas, al sistema Lerma – Chapala - Santiago le corresponde el número 12, con un área total aproximada de 125,000 Km<sup>2</sup> (SARH, 1970; SPP, 1985 ). Debido a la magnitud de sus dimensiones y características geográficas se ha subdividido de manera convencional en dos porciones. La primera abarca desde el origen del Lerma hasta su desembocadura en el lago de Chapala (Lerma-Chapala) incluyendo sus afluentes; y la segunda abarca el río Santiago. La cuenca del Lerma - Chapala tiene aproximadamente 48,215 km<sup>2</sup> (menos del 3 % del territorio Nacional), en ella se encuentra los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Nayarit. A esta cuenca le corresponde el 3 % de la precipitación del país; un poco mas del 1% de los escurrimientos y el 13% de las aguas subterráneas. La precipitación media anual es de 744 mm, con escurrimientos naturales que ascienden a 4700 mm anuales (Mestre, 1995). En referencia al consumo de agua, el riego consume el 68 %; de esta cantidad el 53 % se obtiene de las corrientes superficiales, mientras que el 47 % se toma de los mantos subterráneos (Mestre, 1995). Durante su recorrido por Michoacán, el río Lerma recibe por su margen izquierda un tributario importante, llamado río Angulo, formando una subcuenca intermedia que ocupa una extensión de 2,079 km<sup>2</sup> (SARH, 1981).

La investigación se realizó en la zona media del Río Lerma (Soto, *et. al.*, 1998), comprendiendo seis manantiales. Los manantiales se definen como afloramientos de agua subterránea. Por la constancia de condiciones ambientales y por su antigüedad, en estos cuerpos de agua habitan comunidades propias, siendo importantes como reserva



de agua para el hombre (Margalef, 1983). Los manantiales muestreados fueron: Chapultepec, La Mintzita, San Cristóbal, La Luz, Naranja de Tapia, y Orandino. Todos localizados en el estado de Michoacán, algunos cerca de Patzcuaro y otros a Jacona (Figura 1).

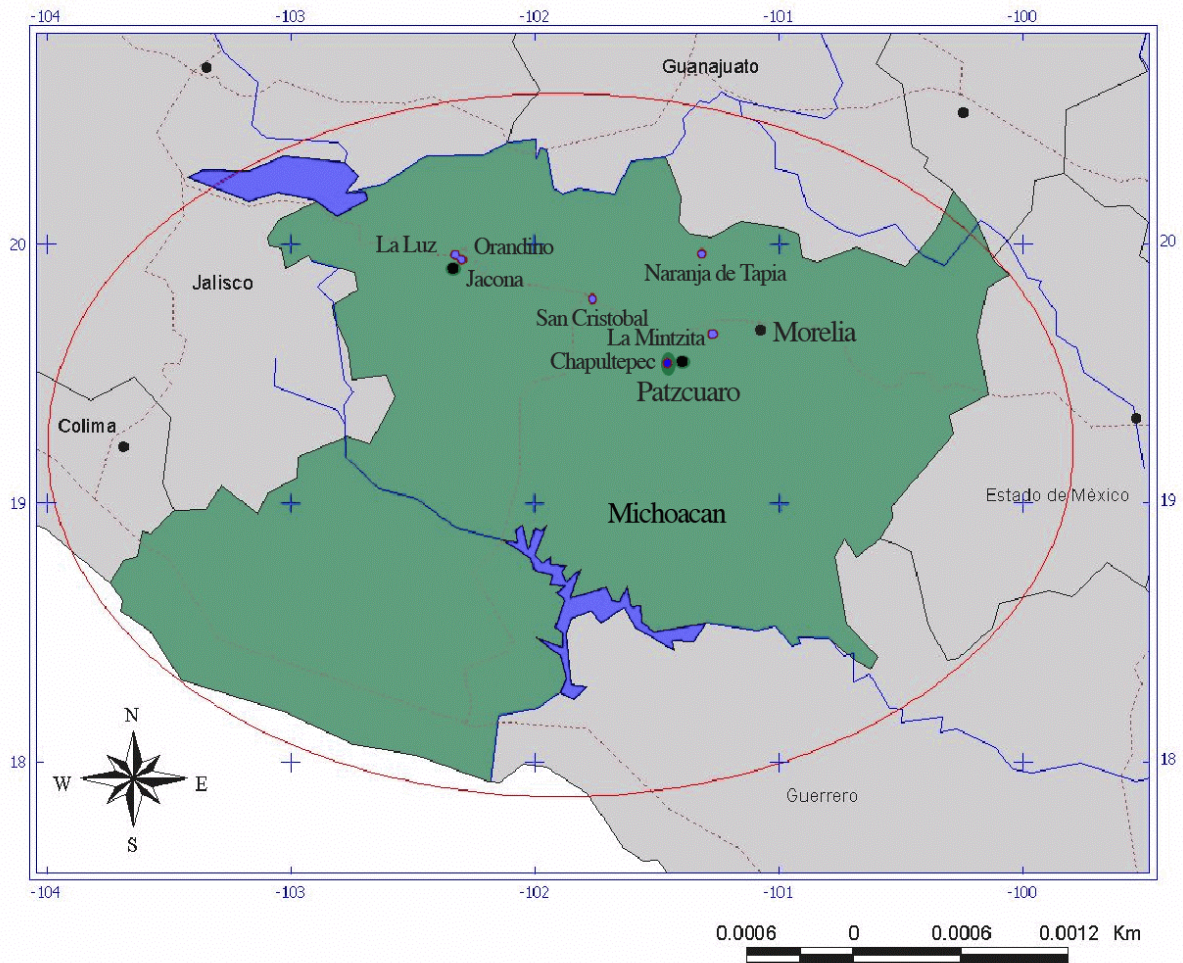


Figura 1 a. Localización de los manantiales muestreados en el estado de Michoacán.

Los manantiales donde se realizó la investigación se ubican entre los 101 y 102 ° de longitud oeste y alrededor de los 19° de latitud norte, a una altitud entre los 2000 y 2400 metros sobre el nivel del mar (msnm). De acuerdo a Lewis (1983), la altitud determina diferencias en el comportamiento de los lagos y propone una corrección de la latitud con respecto a la latitud; por lo que la latitud corregida va de los 26 a los 28° de latitud norte

(Loera, 2004). La mayoría de estos cuerpos de agua, presentan áreas pequeñas, siendo el más grande la Minzita (Tabla 1).

Cinco de los seis cuerpos de agua se encuentran sobre un suelo de tipo vértisol pélico, excepto Chapultepec, el cual se encuentra sobre un suelo lúvisol vértico. Respecto al coeficiente de escurrimiento en todos los casos esta entre 10 y 20 %. Considerando la temperatura media anual se puede dividir a los cuerpos de agua en dos grupos, los dos que están cerca de Jacona que tienen en promedio 19° C y los otros cuatro con 16° C. En cuanto a la precipitación Chapultepec y Naranja de Tapia reciben entre 1000 y 1200 mm en promedio anual y los demás entre 800 y 1000 (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación y características climáticas de los manantiales estudiados (\*Lagos cerca de Jacona).

SITIO	UBICACIÓN	ALTITUD	CORRECCION DE	ÁREA	PERIMETRO	SUELO	HIDROLOGIA	TEMPERATURA	PRECIPITACION
	(Long. W y Lat. N)	(msnm)	LATITUD (Lewis, 1983)	Hec.	m		Coef. Esco.	MEDIA ANUAL	MEDIA ANUAL
Chapultepec	101° 31' 18.7" – 19° 34' 25.8"	2200	27° 03' 13.8"	4,643	274	Lúvisol vértico/ plinitico/ textura fina	10 – 20 %	16 ° C	1000 - 1200
La Minzita	101° 16' 28.5" – 19° 38' 40.3"	2000	26° 26' 40.3"	122,100	1,724	Vértisol pélico/ háplico / textura fina	10 – 20 %	16 ° C	800 - 1000
San Cristóbal	101° 18' 57.3" – 19° 57' 41.6"	2400	28° 07' 17.6"	12,367	415	Vértisol pélico/ háplico/ textura fina	10 – 20 %	16 ° C	800 - 1000
La Luz*	101° 17' 59.7" – 19° 56' 14.7"	2350	27° 55' 38.7"			Vértisol pélico/ háplico/ lítosol/ textura fina	10 – 20 %	19 ° C	800 - 1000
Naranja de Tapia	101° 45' 50.3" – 19° 46' 58.2"	2250	27° 15' 52.8"	10,787	442	Vértisol pélico/ eútrico/ textura fina	10 – 20 %	16 ° C	1000 - 1200
Orandino*	101° 19' 29.7" – 19° 57' 21.8"	2350	27° 56' 45.8"	44,924	817	Vértisol pélico/ háplico/ lítosol/ textura fina	10 – 20 %	19 ° C	800 - 1000

## **5. MÉTODO**

### **5.1. Colecta de campo**

Se realizaron cinco muestreos de campo, el primero (premuestrero) se realizó en mayo, el segundo en septiembre, el tercero en diciembre del 2002, el cuarto en marzo y el quinto en junio del 2003. Cada salida tuvo una duración de 8 días aproximadamente. En los manantiales de Chapultepec, La Mintzita, Orandino y La Luz, se realizaron cuatro muestreos y en Naranja de Tapia y San Cristóbal sólo tres.

#### 5.1.1. Características físicas y químicas del agua:

Se utilizó un Hydrolab Quanta Water Quality Monitoring, previamente calibrado, para evaluar: temperatura, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, pH, profundidad, salinidad y conductividad. Los valores de transparencia se obtuvieron con el disco Secchi, (Comisión Nacional del Agua, 2001). Para determinar la concentración de nitritos, amonio y fosfatos se utilizó un colorímetro Lamotte Mod. Smart. Para esto se tomó una muestra de agua del manantial en un frasco, se procedió a realizar la marcha analítica con el fin de determinar la concentración de cada ión, según el manual del colorímetro. La mayoría de los análisis se realizaron en campo, cuando esto no fue posible se guardaron las muestras en una nevera de unicel con hielo, para ser analizadas posteriormente.

#### 5.1.2. Macrófitas acuáticas:

Para evaluar la abundancia de las plantas acuáticas se obtuvo la cobertura vegetal, que es el porcentaje ocupado por las especies con respecto a un área determinada. Para esto se dividió el cuerpo de agua en cuatro partes, en cada uno de ellos se estimó el área ocupada por las plantas acuáticas (teniendo en cuenta la especie). Posteriormente se sumó el porcentaje de las cuatro partes.

Para la identificación se colectaron varios ejemplares de cada especie, en los lugares donde se capturaron los peces, luego se procedió a lavarlas con agua del lugar y se

prensaron con papel periódico (Berrio y Signorez, 1999). En complemento a lo anterior, se tomaron algunas características ambientales (sustrato, distancia de la orilla, profundidad, etc). La mayoría de los ejemplares ingresaron al Herbario Nacional de la UNAM en el Instituto de Biología.

### 5.1.3 Colecta de Peces:

Para determinar el arte de pesca más adecuado, se realizaron pruebas con tres artes de pesca: chinchorro, trasmallo estacionado y nasas. Sin embargo, las capturas en las nasas fueron las únicas que se tomaron en cuenta para la obtención de datos, debido a que las otras dos artes de pesca presentaron problemas. El chinchorro presentó dificultades en algunos cuerpos de agua, puesto que el fondo compuesto de piedras no permitió que fuese eficiente. Lo mismo sucedió al utilizarlo en zonas con vegetación, en especial con las plantas enraizadas emergentes.

Por su parte, el trasmallo (con varias aberturas de malla), presentó capturas muy bajas (uno a dos peces), unido a la dificultad de colocarla en zonas con vegetación. En cambio las nasas capturaron un mayor número de especies y de individuos, por lo que se decidió utilizar este arte de pesca. Se utilizaron aproximadamente 20 nasas o trampas (25.4 x 25.4 x 43 cm y 5 cm de diámetro de la entrada de la trampa) por muestreo, 10 en zonas con vegetación acuática y 10 donde no la hay. Las horas de pesca se realizaron entre las 7 de la mañana y las 5 de la tarde.

La utilización de las nasas (método de pesca pasivo) en comparación con otros aparejos de pesca como los chinchorros o electro pesca (método de pesca activo), presentan ventajas, puesto que estos últimos en cierta forma sobreestiman las abundancias y diversidades en zonas CVA y subestiman las zonas SVA, especialmente en aguas transparentes, ya que los peces ven la presencia de los pescadores y tratan de esconderse en los lugares que les pueda dar refugio.

La zona SVA está definida como el área en la cual se coloca una nasa y no hay alrededor ningún tipo de vegetación (Incluyendo la superficie, columna de agua y el fondo) a 5 metros a la redonda (78.5 m<sup>2</sup>). Las zonas CVA están definidas como el área en

la que se encuentra vegetación a una distancia menor de 0.25 m a la redonda de la nasa. Cuando se colocaron las nasas en zonas CVA, se anotó la especie de planta acuática. Se tuvo en cuenta la hora de colocación y retirada de la nasa.

Los peces colectados se pesaron (peso total en gr) con una balanza semi analítica con capacidad 210 gr  $\pm$  0.01 y midieron (longitud total en mm), teniendo en cuenta la especie y el sexo. Para su preservación se empleó una solución de formol al 10 % neutralizado con bórax. Se guardaron en bolsas plásticas o en frascos con su correspondiente etiqueta que contenía datos como localidad, fecha y número de colecta para su posterior identificación (Schreck y Moyle, 1990). Cuando la cantidad de peces por especie era muy grande (mayor de 40) se procedió a contarlos, determinado el sexo para posteriormente ser regresados al agua.

Para la identificación se utilizaron las claves de Álvarez (1950, 1970), Álvarez y Córtes (1962), Barbour y Miller (1978), Barbour (1973 a), Hubbs y Turner (1939), Arredondo y Guzmán (1986) y Weeb (1999). Unos organismos se depositaron en la Colección Nacional de Peces del Instituto de Biología de la UNAM.

Con estos datos se obtuvieron los valores de abundancia relativa de peces que a continuación se describen.

a. *Tiempo efectivo de pesca*: es el tiempo en el que se coloca el arte de pesca hasta que se retira del agua. Está dado por el tiempo de recogida del aparejo menos el tiempo de colocación del aparejo.

b. *Esfuerzo pesquero*: es el tiempo (horas) que se emplean para capturar un número de peces o una cantidad determinada en gramos.

c. *Número de individuos o abundancia*: es la cantidad de individuos capturados por nasa y puede ser total o por especie.

d. *Longitud total promedio*: es la suma de las longitudes, dividida entre el número de longitudes totales tomadas. Se definió como longitud total, la distancia entre el hocico y la terminación de la aleta caudal y está dada en milímetros. Para el caso específico de *Xiphophorus helleri*, se tomo como longitud total hasta el lóbulo superior de la

caudal, dado que el lóbulo inferior (más largo en los machos) varía de acuerdo a la madurez sexual del pez (Meyer, *et. al.*, 1985).

e. *Captura*: definida como la cantidad en peso (gramos) o el número de peces totales (Individuos) o por especie por zonas (SVA y CVA) y por manantial.

f. *Captura por unidad de esfuerzo*: es la relación entre la captura dividida por el esfuerzo y está dado en individuos / hora, o en gramos / hora.

## 5.2. Análisis de datos

### 5.2.1. Índices

Con los datos de abundancia para plantas acuáticas y peces, se determinó el índice de diversidad de Shannon Wiener, ( $H = -\sum p_i \ln P_i$ ), utilizando el logaritmo natural, en donde  $p_i$  es la proporción numérica de cada especie dentro del total de organismos contados en la muestra ( $p_i = n / N$ ). En este caso, la diversidad de los individuos está determinada principalmente por las proporciones de las especies más comunes (equitatividad) y sólo en segundo término por la extensión de la lista de especies (variedad o riqueza). La dominancia de una o dos especies resulta en valores bajos de diversidad, mientras que los valores altos se obtienen cuando las poblaciones de varias especies constituyen proporciones moderadas del total (Ricklefs y Miller, 1999).

También se utilizó el índice de complementariedad para las especies de peces capturadas y se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas. Éste varía de cero a uno, cero cuando los lugares a comparar son iguales y uno cuando las especies de los dos sitios son completamente diferentes (Colwell y Conddington, 1994). Este valor se puede expresar en porcentaje (Moreno, 2001).

$$C_{ab} = (a + b - 2ac) / (a + b - c)$$

a = número de especies en zonas SVA  
b = número de especies en zonas CVA  
c = número de especies comunes de los dos sitios

### 5.2.2. Estadística descriptiva

Para la mayoría de las variables se determinaron los valores medio y la desviación estándar (Zar, 1984).

### 5.2.3. Correlaciones

Este método estadístico se utilizó para saber si existe o no relación entre el número de individuos, gramos, individuos/hora y gramos/hora, para los cuerpos de agua por separado y en conjunto (Hair *et. al.*, 1999).

### 5.2.4. t student

Se usó para comparar las medias de abundancia (Ind, gr, Ind/h y gr/h), tallas y valores de diversidad de peces en zonas SVA y CVA. Para los datos que no presentan normalidad se utilizó la prueba no paramétrica de Man – Witney (Siegel y Castellar, 2001).

### 5.2.5. ANOVA

Ésta prueba permite probar si existe una diferencia en al menos un tratamiento entre las capturas (Ind y gr) y captura por unidad de esfuerzo (CPUE; Ind/h y gr/h) en zonas con diferentes especies de plantas acuáticas presentes (junco, lemna, pasto, lirio acuático, entre otras). Se utilizó la ANOVA de una vía (Daniel, 2002). Cuando la distribución de los datos no fue normal se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon Signed (Siegel y Castellar, 2001).

### 5.2.6. Prueba de Tukey

Cuando la ANOVA mostró diferencias significativas, se empleó la prueba de Tukey, para conocer que tratamiento o tratamientos (número de individuos encontrados en las especies de plantas acuáticas) son diferentes (Daniel, 2002).

### 5.2.7. Análisis de regresión múltiple

Esta técnica permite predecir cambios en la diversidad de peces  $H'_{pec}$  en respuesta a cambios en las variables de diversidad de plantas ( $H'_{pla}$ ), porcentaje de cobertura de plantas acuáticas (%Cb) y la interacción entre la diversidad y el porcentaje de cobertura de plantas acuáticas ( $H'_{pla} * \%Cb$ ). La formula utilizada se describe a continuación:

$$H'_{pec} = \beta_0 + \beta_1 * H'_{pla} + \beta_2 * \%Cb + \varepsilon \quad (\text{Hair } \underline{\text{et. al.}}, 1999).$$

### 5.2.8. Modelo



El modelo se basa en las ecuaciones de:  $D_{pec} = a*\%Cb + b*\%Cb^2$  y  $D_{pec} = (e^{(a+b*\%Cb)})*\%Cb$  de forma lineal y logarítmica respectivamente (Gutiérrez y Sánchez, 1998). En donde la ecuación describe una parábola que no empieza en el origen y tiene un punto máximo, que refleja el punto de máxima diversidad de peces a un determinado porcentaje de cobertura.

El cálculo de los datos se realizaron en paquetes estadísticos como el STATISTICA versión 6, Bio Diversity Profesional versión 2, Arc View versión 3.2 y AutoCad.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Parámetros físico-químicos

#### Generalidades

El manantial más intervenido por el hombre es La Mintzita. Este manantial es contaminado por jabones y detergentes, producto del lavado de ropa. Así como también la acumulación de basura no biodegradable (plásticos principalmente). Esto se da como resultado de la falta de educación y conciencia ambiental por parte de los moradores que habitan cerca del manantial, siendo la mayor parte de ellos de escasos recursos económicos. También es común la extracción de agua de este manantial, que es llevada en carro tanques. La mayoría de estos manantiales se utilizan con fines recreativos y de acuicultura, sembrándose especies exóticas como tilapia, carpa y lobina.

Los valores de temperatura más altos correspondieron a los manantiales de Orandino (22.6 °C, DS±1.86), La Luz (20.5 °C, DS±0.94) y La Minzita y (20.4 °C, DS±0.53). En la mayoría de los cuerpos de agua los valores menores de temperatura se obtuvieron en diciembre y los mayores en septiembre. Todos los cuerpos de agua presentaron valores de oxígeno por encima de los 4 mg/l en la mayor parte de la columna de agua siendo Orandino el que presentó el mayor promedio (11.6 mg/l, DS±6). Los valores de pH estuvieron entre neutros a ligeramente alcalinos (6.1 a 9.4 Un), encontrándose el mayor promedio en Naranja de Tapia (8.7 Un, DS±0.77). Con referencia a la salinidad son cuerpos catalogados como dulceacuícolas, presentando la mayor salinidad promedio en Naranja de Tapia (0.26 mg/l, DS±0.281; Figura 2a). La conductividad en todos los cuerpos de agua fue baja, encontrándose el mayor promedio en Orandino (0,28 ms/cm DS ± 0.20; Figura 2b). Las transparencias fueron altas en la mayoría de los cuerpos de agua, excepto en el Manantial de Orandino (0.58 m. DS±0.26) y naranja de tapia (0.66 m. DS±0.3; Figura 2c y ANEXO A).

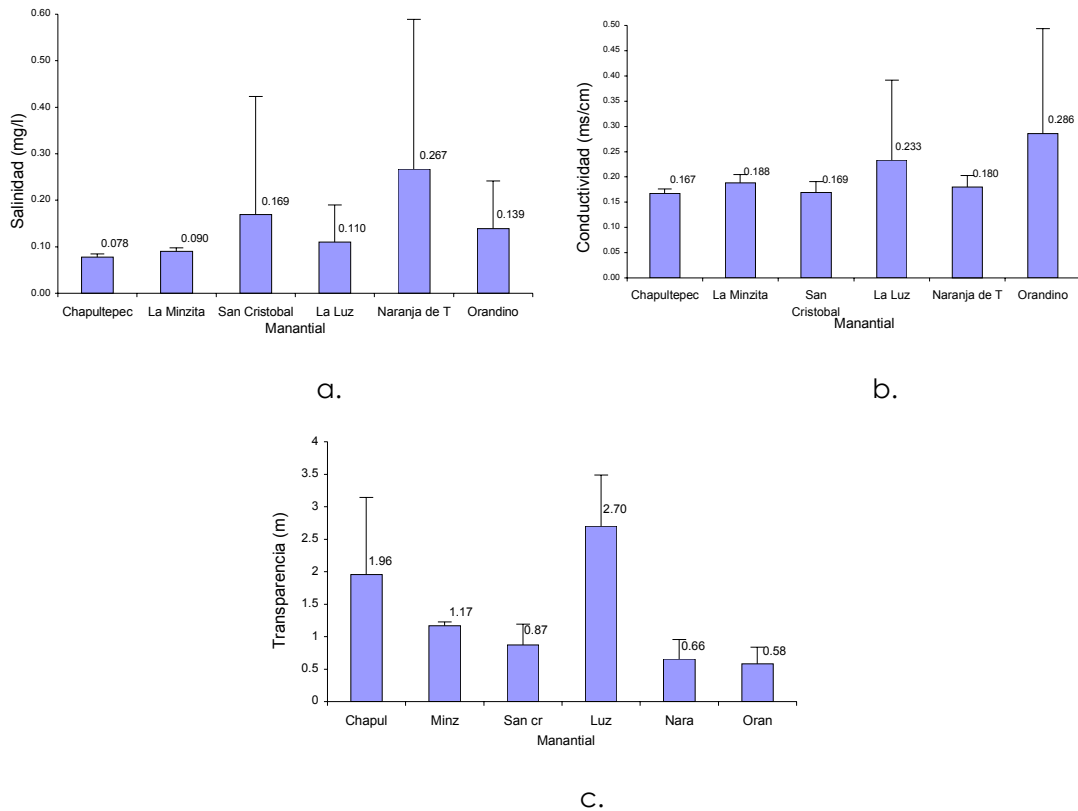


Figura 2. a. Salinidad (ppm), b. Conductividad (ms/cm) y c. Transparencia (m) encontrados en las diferentes muestreos para los manantiales. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Los valores promedio de nitratos fueron mayores en La Minzita (1.4 ppm  $DS_{\pm}0.39$ ) y los menores en Orandino (0.25 ppm  $DS_{\pm}0.2$ ; Figura 3a). La mayor concentración promedio de amonio se obtuvo en Chapultepec (0.55 ppm  $DS_{\pm} 0.23$ ) y la menor en San Cristóbal (0.12 ppm  $DS_{\pm}0.13$ ; Figura 3b). La mayor concentración de fosfatos promedio se encontró en Orandino (0.63 ppm  $DS_{\pm}0.44$ ) y en Cristóbal la menor (0.12 ppm  $DS_{\pm}0.09$ ; Figura 3c). Los cuerpos de agua analizados se encuentran entre oligomesotróficos a hipereutrófico con respecto a los valores de nitratos, mientras que para los fosfatos se hallan entre mesoeutrófico a eutrófico (ANEXO A). Para mayor información ver el anexo G.

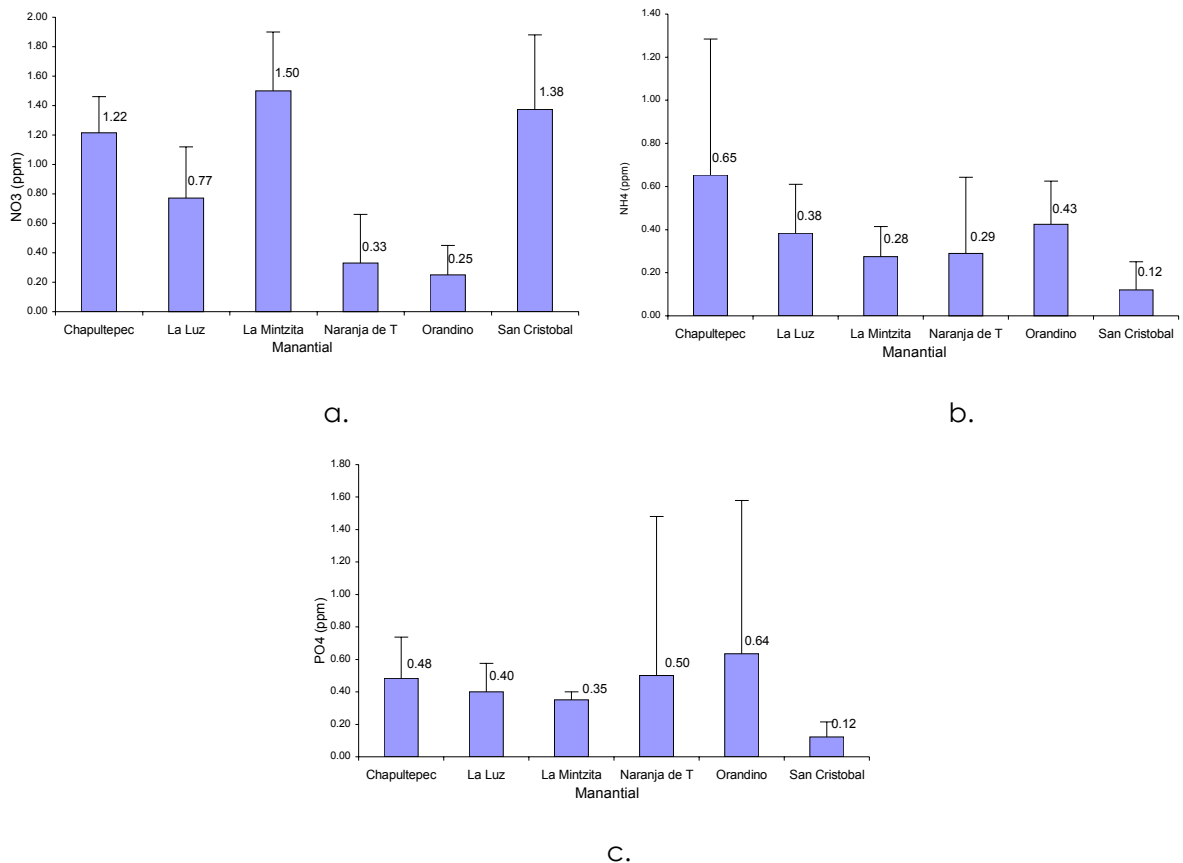


Figura 3. a. Concentración de nitratos (ppm), b. Concentración de amonio (ppm) y c. Concentración de fosfato encontrados en los diferentes manantiales. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

## 6.2. Resultados biológicos

### 6.2.1. Manantial Chapultepec

#### 6.2.1.1. Vegetación acuática

En este manantial se colectaron ocho especies de plantas acuáticas (Tabla 2), lo que cubrían el 81 % de la superficie del agua. Dominando dos especies en particular: *Lemna gibba* L. (33.8 %  $DS_{\pm 16.4}$ ) y *Schoenoplectus* aff. *californicus* C.A. Mey. Soják (39.3 %  $DS_{\pm 7}$ ). En conjunto generan más del 70 % de cobertura (Figura 29a y ANEXO C). Se encontró un total de tres formas de vida, siendo las más abundantes las enrizadas emergentes, (49.8 %), seguida de las libres flotadoras (33.8 %). La diversidad total de plantas acuáticas fue de 1.331 bel nat (Figura 29b). El *S.* aff. *californicus* se distribuyó en las orillas y parte del centro. Mientras que *L. gibba* se encontró en la parte más profunda del manantial.

Tabla 2. Lista florística encontrada en los diferentes manantiales.

<i>ESPECIE</i>	<i>M. Cha</i>	<i>M. La Min</i>	<i>M. San Cri.</i>	<i>M. La Luz.</i>	<i>M. Nar. Tap.</i>	<i>M. Ora.</i>
Monocotiledóneas						
Alismataceae						
<i>Sagittaria latifolia</i> Willd	-	-	-	X	-	-
<i>Sagittaria longiloba</i> Engelm. Torrey	X	-	-	-	-	-
<i>Sagittaria platyphylla</i> Engelm	X	-	-	-	-	-
Araceae						
<i>Pistia stratiotes</i> L.	-	-	-	-	-	X
Commelinaceae						
<i>Commelina</i> sp.	-	-	-	X	-	X
Cyperaceae						
<i>Cyperus</i> sp.	-	-	-	X	-	-
<i>Eleocharis</i> sp.	-	-	-	X	-	-
<i>Schoenoplectus americanus</i> Pers Volk	-	X	-	-	-	-
<i>Schoenoplectus</i> aff. <i>Californicus</i> C. A. Mey Soják	X	X	-	X	X	X
Hydrocharitaceae						
<i>Egeria densa</i> Caspary Planchon	-	X	-	-	-	-
<i>Hydromystria laevigata</i> Hum. Bonpl. Willd. Hunz.	-	X	-	-	X	-
Lemnaceae						
<i>Lemna gibba</i> L.	X	-	-	-	-	X
Poaceae						
<i>Leersia hexandra</i> SW	-	-	X	X	-	-
<i>Panicum</i> sp.	-	-	-	X	-	-
<i>Phragmites australis</i> Cav.	-	X	-	X	-	X
Pontederiaceae						
<i>Eichhornia crassipes</i> Mart. Solms-Laub	-	X	-	X	X	-
<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz, López, Pavon	-	-	-	X	X	-
Familia Potamogetonaceae						
<i>Potamogeton illinoensis</i> Morong	X	-	-	-	-	-
Typhaceae						
<i>Typha latifolia</i> L.	-	-	-	X	-	-
Dicotiledóneas						
Apiaceae						
<i>Berula erecta</i> Huns Coville	X	X	-	X	X	-
<i>Hydrocotyle</i> aff. <i>Umbellata</i> L.	X	-	-	X	-	X
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f	-	X	-	X	X	-
Asteraceae						
<i>Bidens laevis</i> L. Britton, Sterns & Po	-	X	-	-	X	-
Ceratophyllaceae						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	X	-	-	-	-
Cruciferae						
<i>Rorippa Nasturtium-aquaticum</i> L. Hayer	X	-	-	-	-	-
Nymphaeaceae						
<i>Nymphaea mexicana</i> Zucc	-	X	-	-	-	-
Onagraceae						
<i>Ludwigia</i> sp.	-	X	X	X	-	X
Polygonaceae						
<i>Polygonum</i> sp.	-	X	X	X	-	-
<i>Rumex</i> sp.	-	-	X	-	-	-
Scrophulariaceae						
<i>Mimulus glabratus</i> Kunth	-	X	-	X	-	-

### 6.2.1.2. Peces

En este manantial se colectaron un total de 1239 peces, representadas por seis especies (Tabla 3); el 75.2 % fueron capturados en zonas con vegetación acuática (CVA), correspondientes a seis especies, y 24.8 % en zonas sin vegetación acuática (SVA), representado con tres especies. Los valores de captura (24.9 Ind. DS±21.5 y 33.6 gr. DS±26.7), CPUE (10.3 Ind/h DS±9.9 y 613.1 gr/h DS±10), diversidad (0.9 bel nat) y número promedio de especies (2.4 DS±0.84) fueron significativamente mayores en zonas CVA (Figura 4 y ANEXO D).

Tabla 3. Lista de especies de peces encontrados en los diferentes manantiales.

SPECIE	M. Cha		M. La Min		M. San Cri.		M. La Luz.		M. Nar. Tap.		M. Ora.	
	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA
Centrarchidae												
<i>Micropterus salmoides</i>												
Lacepede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Cichlidae												
<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Cyprinidae												
<i>Neotropis calientis</i> Jordan y Snyder	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Yuriria alta</i> Jordan	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Goodeidae												
<i>Alloophorus robustus</i> Bean	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X
<i>Allotoca diazi</i> Meek	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chapalichthys encaustus</i> Jordan y Snyder	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X
<i>Goodea atripinnis</i> Jordan	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-
<i>Skiffia lermæ</i> Meek	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skiffia multipunctatus</i> Pellegrin	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	X
<i>Xenotoca variata</i> Bean	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X
<i>Zoogonectis quitzeoensis</i> Bean	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-
Poeciliidae												
<i>Poecelia mexicana</i> Steindachner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Poeciliopsis infans</i> Woolman	-	X	X	X	X	X	-	X	-	X	-	X
<i>Xiphophorus helleri</i> Heckel	-	-	X	X	-	-	X	X	-	X	X	X
<i>Xiphophorus maculatus</i> Günther	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-

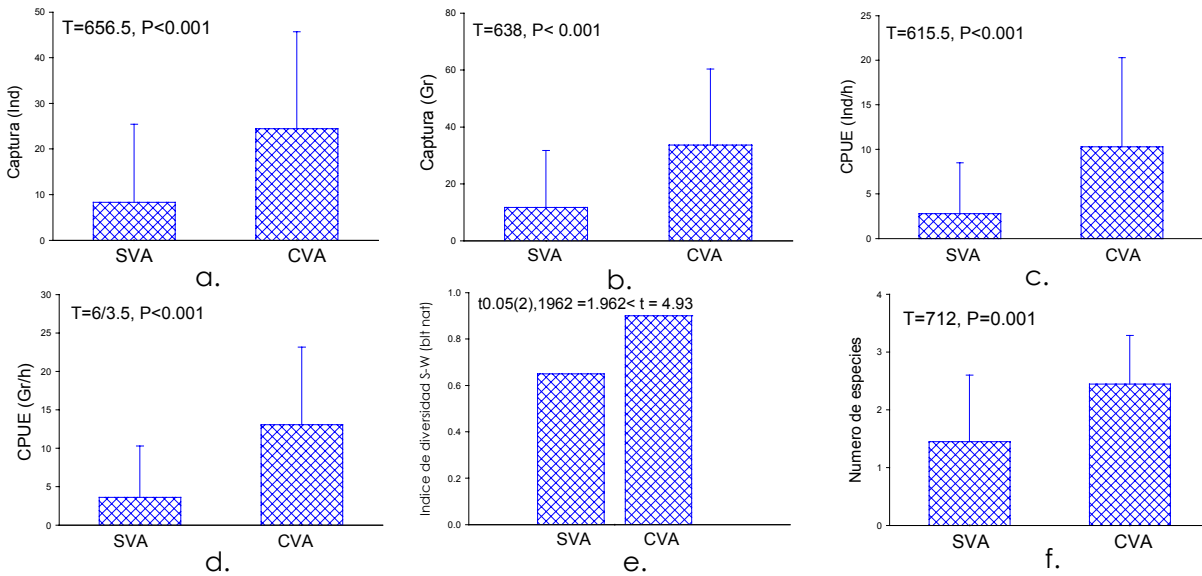


Figura 4. Manantial Chapultepec (Mich) a. Capturas (número de individuos), b. Capturas (gramos), c. Capturas por unidad de esfuerzo (ind/hora), d. Capturas por unidad de esfuerzo (gramos/hora), e. Diversidad de Shannon-Wiener y f. Número de especies en zonas SVA y en zonas CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto para la diversidad.

El número de individuos capturados para las especies más abundantes: *Allotoca diazi* Meek, *Goodea atripinnis* Jordan y *Skiffia lermæ* Meek fueron mayores (7.4 Ind. DS $\pm$ 7.1; 1.8 Ind. DS $\pm$ 2.7 y 12.6 ind. DS $\pm$ 17 respectivamente) en zonas CVA (Figura 5 y ANEXO D).

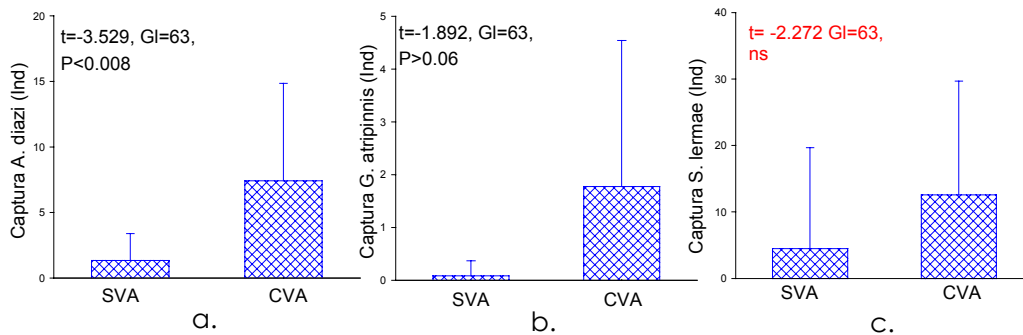


Figura 5. Manantial de Chapultepec (Mich). Capturas (número de individuos) de a. *Allotoca Diazzi*, b. *Goodea atripinnis* y c. *Skiffia lermæ* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Hay un 50 % de especies que se encuentran en las dos zonas (SVA y CVA), obtenido mediante el Índice de complementariedad (Figura 31b).

Para cada tipo de vegetación, el número de individuos capturados fue significativamente mayor en zonas con *S. aff. californicus* (39.9 Ind. DS±26.1) con respecto a *L. gibba* (7.5 Ind. DS±5.6; Figura 6).

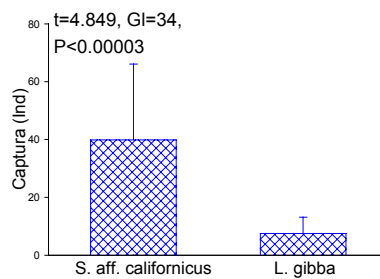


Figura 6. Manantial Chapultepec (Mich). Número de individuos encontrados en zonas compuestas de *S. aff. californicus* y *L. gibba*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

El número de individuos capturados por especie en zonas con *S. aff. californicus* fue mayor de manera significativa para *Allotoca diazi* (11.3 ind. DS±9.0), *Goodea atripinnis* (2.7 Ind. DS±2.9) y *Skiffia lermae* (25.7 Ind. DS± 25.9; Figura 7).

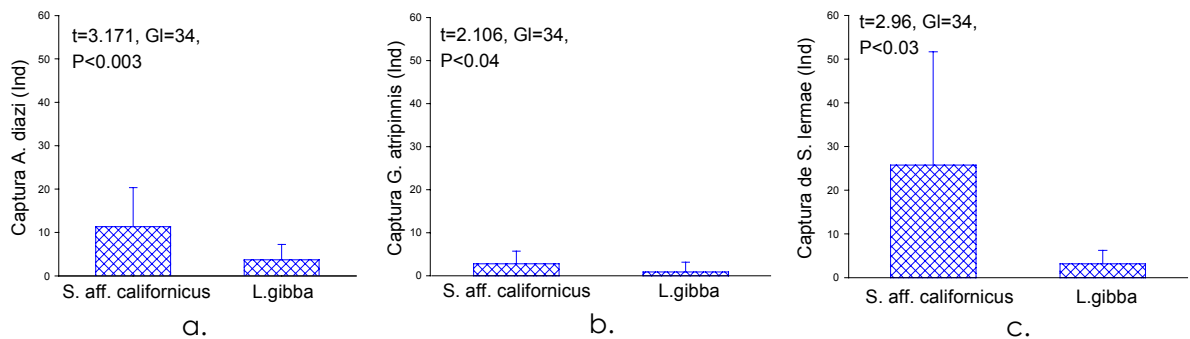


Figura 7. Manantial Chapultepec (Mich). Captura (Ind) de: a. *Allotoca diazi* b. *Goodea atripinnis* y c. *Skiffia lermae* en zonas de *S. aff. californicus* y *L. gibba*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Las longitudes totales (Lt) promedio de los peces, fueron significativamente mayores en zonas SVA (44.9 mm. DS±10.5) que en zonas CVA (43.3 mm. DS±10.4). La misma tendencia ocurrió considerando las especies más abundantes, entre ellas: *Allotoca diazi* (45.4 mm.



DS±8.9), *Goodea atripinnis* (64.7 mm. DS±15) y *Skiffia lermæ* (41.9 mm. DS±6.2). Pero solo hubo diferencia significativa para *Skiffia lermæ* (Figura 8). No parece haber una preferencia por las hembras y los machos por zonas SVA (0.53 % DS±0.29) o CVA (0.49 % DS±0.16; Figura 31c).

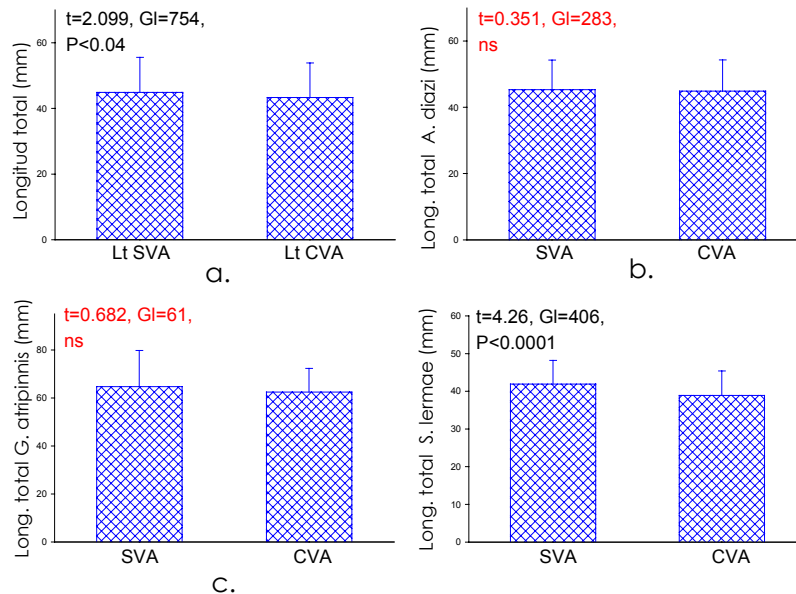


Figura 8. Manantial Chapultepec (Mich). a. Longitudes totales en zonas SVA (Lt SVA), CVA (Lt CVA) y por especie b. *Allotoca Diazii*, c. *Goodea atripinnis* y d. *Skiffia lermæ*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

## 6.2.2. Manantial La Minzita

### 6.2.2.1. Vegetación acuática

Este cuerpo de agua al igual que el anterior presentó una alto porcentaje de cobertura (73.3 %; Figura 29a y ANEXO B), representada por 14 especies (Tabla 2), predominando *Egeria densa* Caspary y Planchon (29 % DS±23.8), *Eichhornia crassipes* C. Martius Solms-Laub (16 % DS±17.1) y *Nymphaea mexicana* Zucc (14 % DS±23.8). En total se encontraron cinco formas de vida predominando las enraizadas sumergidas (33 %), las libres flotadoras (21 %) y las enraizadas emergentes (16.5 %). En cuanto a lo índice de diversidad, este manantial obtuvo un valor alto (2.1 bel nat; Figura 29b). Las plantas acuáticas se distribuyeron en tanto en la orilla como en el centro del manantial (presentándose manchones especialmente de *E. densa*).

### 6.2.2.2. Peces

Se capturó un total de 997 peces (9 especies; Tabla 3), un 61.3 % de los cuales se capturaron en zonas CVA y un 38.7 % en zonas SVA, representadas por nueve y ocho especies respectivamente. Los valores de captura (16.4 ind. DS±13.7 y 22 gr. DS±23.6), CPUE (5.7 ind/h DS±5.3 y 3.9 gr/h DS±5.9), diversidad (1.39 bel nat) y número promedio de especie (2.4 DS±1.1) fueron significativamente mayores en zonas CVA, excepto para la captura en gramos y CPUE en gr/h (Figura 9 y ANEXO C). Las especies encontradas en las dos zonas son muy similares (Índice de complementariedad de 0.11; Figura 31b).

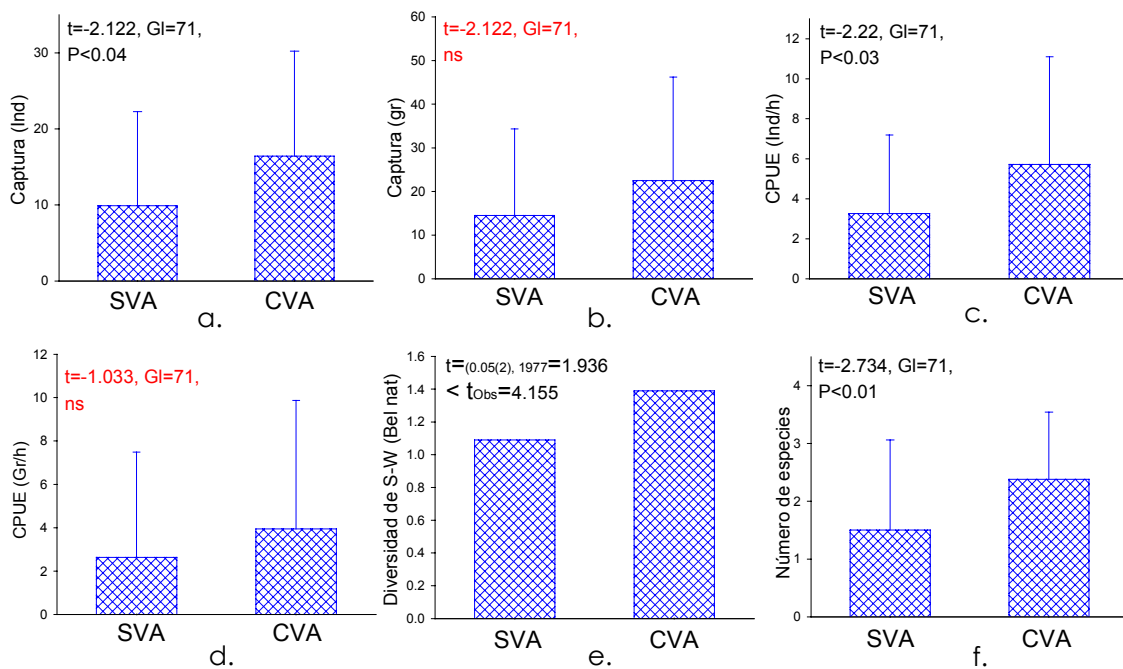


Figura 9. Manantial La Minzita (Mich). a. Capturas en número de individuos b. Capturas en gramos, c. CPUE en Ind/h, d. CPUE en gr/h., e. Diversidad de Shannon-Wiener (bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y en zonas CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, exepcto para la diversidad.

Para cada especie de vegetación acuática el mayor número de peces se capturaron en zonas compuestas de *Eichhornia crassipes* (20 ind, DS ± 15.1), seguida de *Egeria densa* (17.1 ind, DS ± 13.7), pero no hubo diferencia significativa (Figura 10).

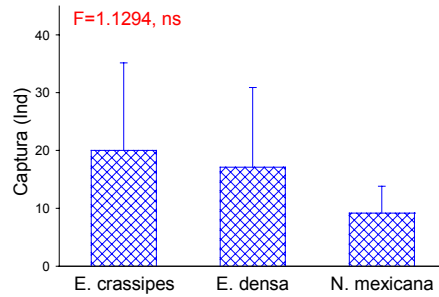


Figura 10. Manantial La Minzita (Mich). Número de individuos encontrados en zonas de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*, *Egeria densa* y *Nymphaea mexicana*). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Especies como *Notropis calientis* Jordan y Zinder (2.4 ind. DS±4.1), *Skiffia lermae* (5.6 ind. DS±10.4), *Zoogoneticus quitzeoensis* Bean (7 ind. DS±11), *Alloophorus robustus* Bean (0.11 ind. DS±0.39), *Poeciliopsis infans* Woolman (0.32 ind. DS±1.5), presentaron mayor número de individuos en zonas CVA, el caso contrario ocurrió en especies como *Xenotoca variata* Bean (0.5 ind. DS±1.4), *Goodea atripinnis* Heckel (0.19 ind. DS±0.85) y *Xiphophorus helleri* (0.055 ind. DS±0.027), dado por los pocos individuos capturados para cada una de ellas. Sólo hubo una diferencia significativa entre el número de individuos capturados de *Notropis calientis* (Figura 11).

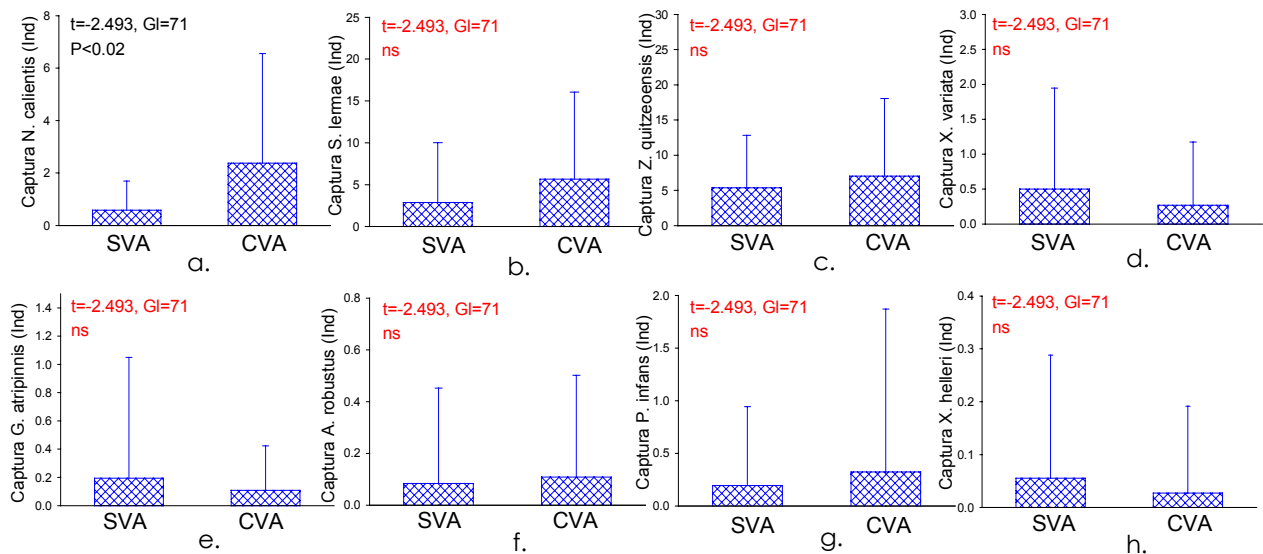


Figura 11. Manantial La Minzita (Mich). Capturas (número de individuos) de a. *Notropis calientis* (Nc), b. *Skiffia lermae*, c. *Zoogoneticus quitzeoensis*, d. *Xenotoca variata*, e. *Goodea atripinnis*, f. *Alloophorus robustus*, g. *Poeciliopsis infans*, y h. *Xiphophorus helleri* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Las especies de peces más abundantes que se encontraron en zonas CVA, prefirieron diferentes tipos de vegetación; es así como *Zoogoneticus quitzeoensis* (19 ind. DS±14.9) prefiere ambientes compuestos por *Eichhornia crassipes*; *Skiffia lermæ* (6.5 ind. DS±9.3) y *Xenotoca variata* (0.09 ind. DS±0.29) hábitats compuestos por *Egeria densa*; *Notropis calientis* (3.3 ind. DS±4.4) por ambientes compuestos por *Nymphaea mexicana*. En ningún caso se presentó diferencia significativa (Figura 12).

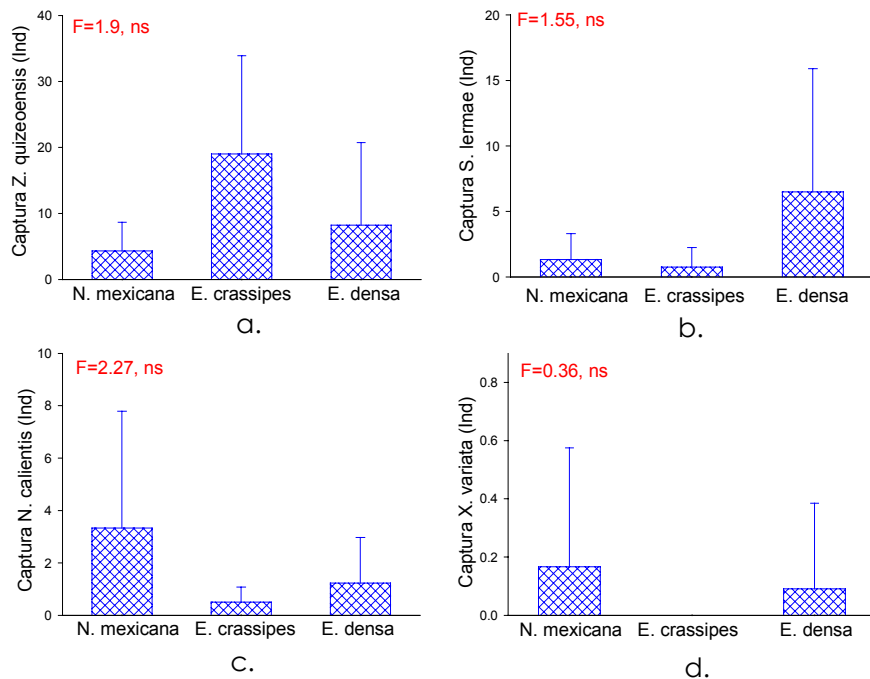


Figura 12. Manantial de La Minzita (Mich). Captura (Ind) en: a. *Zoogoneticus quitzeoensis* b. *Skiffia lermæ* c. *Notropis calientis* en y d. *Xenotoca variata* encontrados en zonas de *Nimphaea mexicana*, lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y en *Egeria densa*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Las longitudes totales promedio fueron ligeramente mayores en zonas SVA (44.3 mm) que en zonas CVA (42.5 mm). Lo mismo ocurrió para especies como *Poeciliopsis infans* (45 mm. DS±7.9), *Xenotoca variata* (42 mm. DS±16.7) y *Zoogoneticus quitzeoensis* (40. mm. DS±11.9). Lo contrario ocurrió para especies como *Allophorus robustus* (98 mm. DS±28.3), *Goodea atripinnis* (64 mm. DS±27.4), *Notropis calientis* (40 mm. DS±6.8) y *Skiffia lermæ* (45 mm. DS±9.6). En ningún caso hubo diferencia significativa para las longitudes totales y por especie encontradas en las dos zonas (Figura 13). Las hembras como los machos parecen no tener una preferencia por las zonas SVA o CVA (Figura 31c).

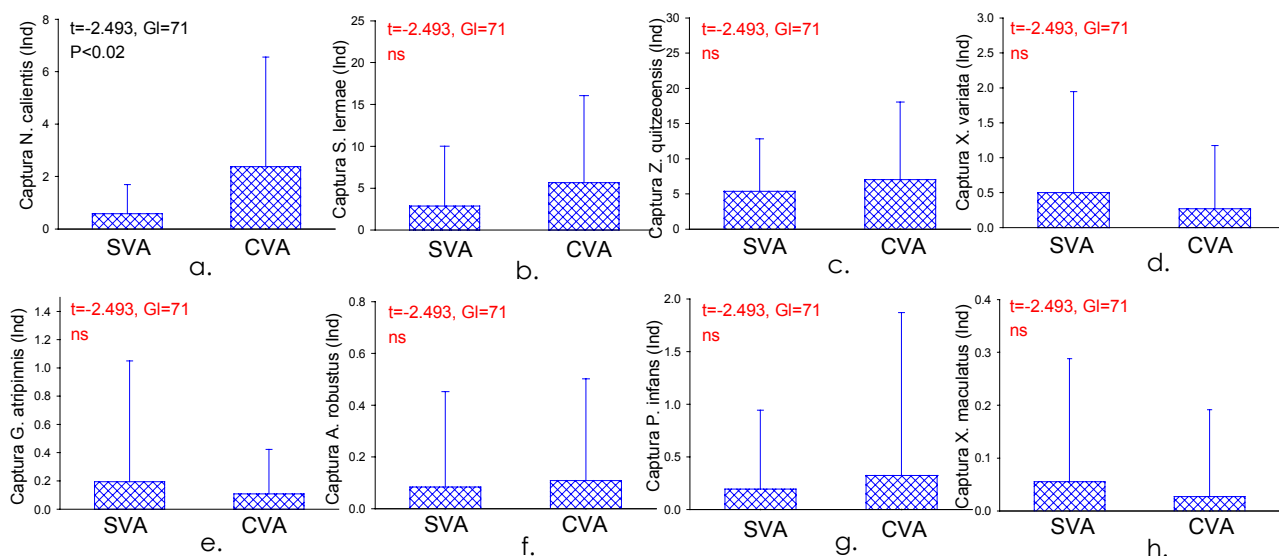


Figura 13. Manantial La Minzita (Mich). Longitudes totales en a. zonas SVA y CVA y por especie b. *Poeciliopsis infans*, c. *Xenotoca variata*, d. *Zoogoneticus quitzeoensis*, e. *Alloophorus robustus*, f. *Goodea atripinnis*, g. *Notropis calientis* y h. *Skiffia lermæ*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

### 6.2.3. Manantial San Cristóbal

#### 6.2.3.1. Vegetación acuática

En este manantial los valores de porcentaje de cobertura (7 %  $DS \pm 1.0$ ), número de especies (4; Tabla 2), diversidad (0.54 bel nat) y formas de vida (2), fueron los más bajos, en comparación con las obtenidas en los otros manantiales, predominó *Leersia hexandra* SW (6.9 %  $DS \pm 3.3$ ; Figura 29a,b y ANEXO B). La forma de vida, predominante fueron las enraizadas emergentes (7.7 %). Las plantas acuáticas se distribuyeron hacia el sur occidente en una zona poco profunda y compuesta de sedimento.

#### 6.2.3.2. Peces

Se capturó un total 2471 individuos, representados por siete especies (Tabla 3), un 58.5 % del total se capturaron en zonas CVA y el resto en zonas SVA (41.5 %), correspondientes a siete especies. Los resultados obtenidos de captura (52.9 ind.  $DS \pm 58.8$  y 125.5 gr.  $DS \pm 131.9$ ), CPUE (17.6 ind/h  $DS \pm 17$  y 41.9 gr/h  $DS \pm 39.1$ ), diversidad (0.536 bel nat), número promedio de especies (2.3  $DS \pm 1.9$ ) fueron mayores en zonas CVA. Pero sólo la diversidad

de las dos zonas fue diferente significativamente (Figura 14). Las especies encontradas en las dos zonas fueron muy similares (índice de complementariedad, 0.13; Figura 31b).

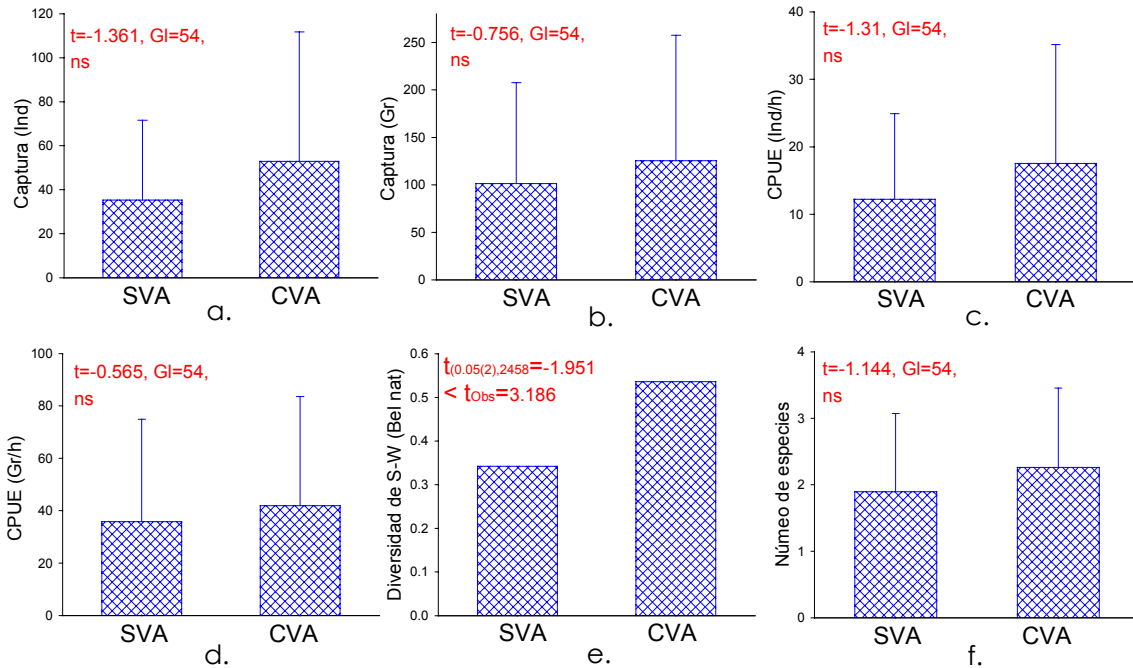


Figura 14. Manantial de San Cristóbal (Mich). a. Captura en número de individuos, b. Captura en gramos, c. CPUE (Ind/h), d. CPUE (Gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener (Bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.

Especies como *Xiphophorus maculatus* Günther (46.2 ind. DS±59.1), *Poeciliopsis infans* (4.0 ind. DS±9.5), *Xenotoca variata* (1.1 ind. DS±1.8), *Zoogonecticus quitzeoensis* (0.7 ind. DS±1.7), *Goodea atripinnis* (0.07 ind. DS±0.26) y *Oreochromis niloticus* L. (0.15 ind. DS±0.77), presentaron mayor número de individuos en zonas CVA, caso contrario, sucedió con *Alloophorus robustus* (0.41 ind. DS±0.73; Figura 15).

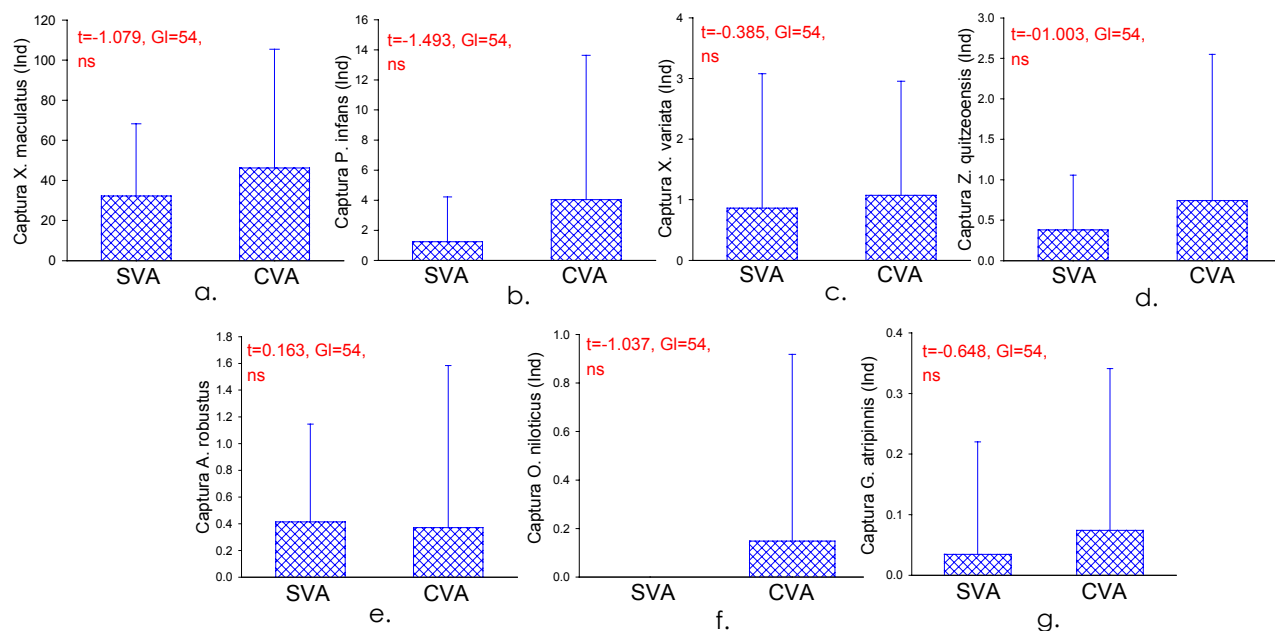


Figura 15. Manantial de San Cristóbal (Mich). Capturas (número de individuos) de a. *Xiphophorus maculatus*, b. *Poeciliopsis infans*, c. *Xenotoca variata*, d. *Zoogoneticus quitzeensis*, e. *Allophorus robustus*, f. *Oreochromis niloticus* y g. *Goodea atripinnis* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Las longitudes totales promedio fueron mayores en zonas SVA que en zonas CVA. Lo mismo ocurrió para especies como *Poeciliopsis infans* y *Xiphophorus maculatus*. No se presentó el mismo comportamiento para especies como *Allophorus robustus*, *Goodea atripinnis*, *Xenotoca variata* y *Zoogoneticus quitzeensis*. Hubo diferencia significativa en las longitudes totales de zonas SVA y CVA, y para *Xenotoca variata* y *Xiphophorus maculatus* (Figura 16). Por otro lado se encontró una proporción similar de hembras y de machos en las dos zonas (Figura 31c).

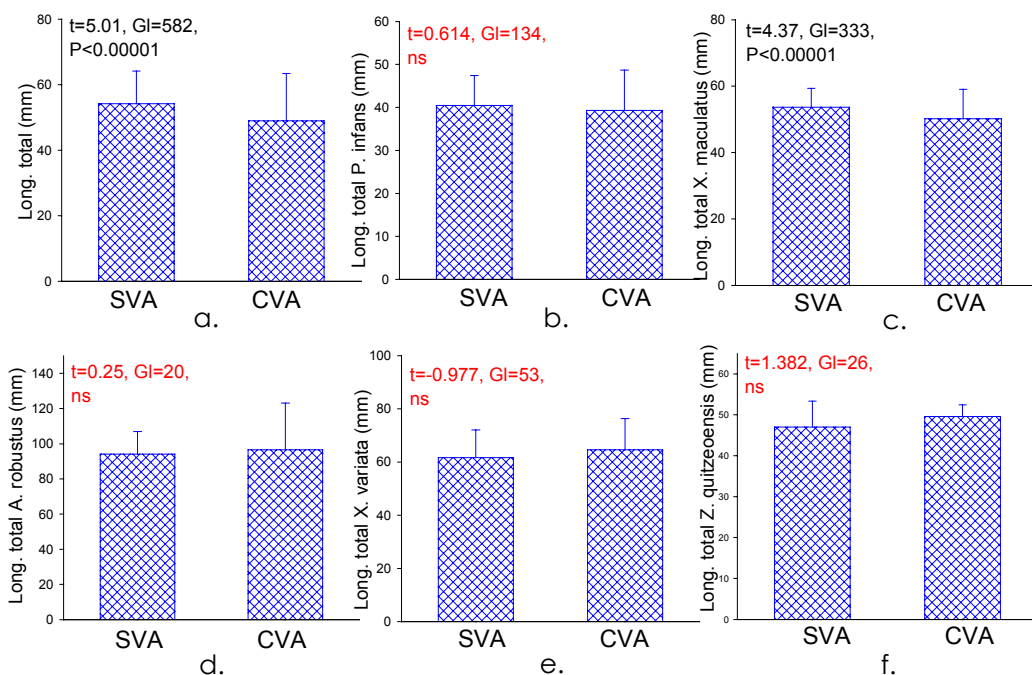


Figura 16. Manantial San Cristóbal (Mich). Longitudes totales en a. zonas SVA y CVA, b. *Poeciliopsis infans*, c. *Xiphophorus maculatus*, d. *Alloophorus robustus*, e. *Xenotoca variata* y *Zoogoneticus quitzeensis*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

## 6.2.4. Manantial La Luz

### 6.2.4.1. Vegetación acuática

En este manantial los valores de porcentaje de cobertura no fueron muy altos (28 %  $DS \pm 11$ ), predominado *Eichhornia crassipes* (11 %  $DS \pm 3.6$ ), seguido de *Typha latifolia* L. (8 %  $DS \pm 2.4$ ) y *Phragmites australis* (3 %  $DS \pm 2.3$ ). Fue el manantial en donde se encontró el mayor número de especies Cav. (16; Tabla 2), de formas de vida (5) y la más alta diversidad (2.51 bel nat) en comparación con los otros manantiales (Figura 29a,b y ANEXO B). Las formas de vida predominantes fueron las enraizadas emergentes (31 %), seguida de las libres flotadoras (11 %). Las plantas acuáticas se distribuyeron hacia las orillas del cuerpo de agua. No se presentaron manchones en el centro del manantial.

### 6.2.4.2. Peces

Se capturó un total de 282 individuos, representado por siete especies (Tabla 3). Un 69.5 % corresponde a peces capturados en zonas CVA, con siete especies, y el resto (30.5 %) en zonas SVA con seis especies. Aún que, hubo valores mayores en captura (4.8 ind.  $DS \pm 12$  y



24.5 gr. DS±55.7), CPUE (2.0 ind/h DS±5.1 y 10.1 gr/h DS±23.3) y el número de especies (1 DS±1.5) en zonas CVA, no fue significativa la diferencia; pero sí en la diversidad (1.78 bel nat; Figura 17). Las especies encontradas en las dos zonas son muy similares (0.14; Figura 31b).

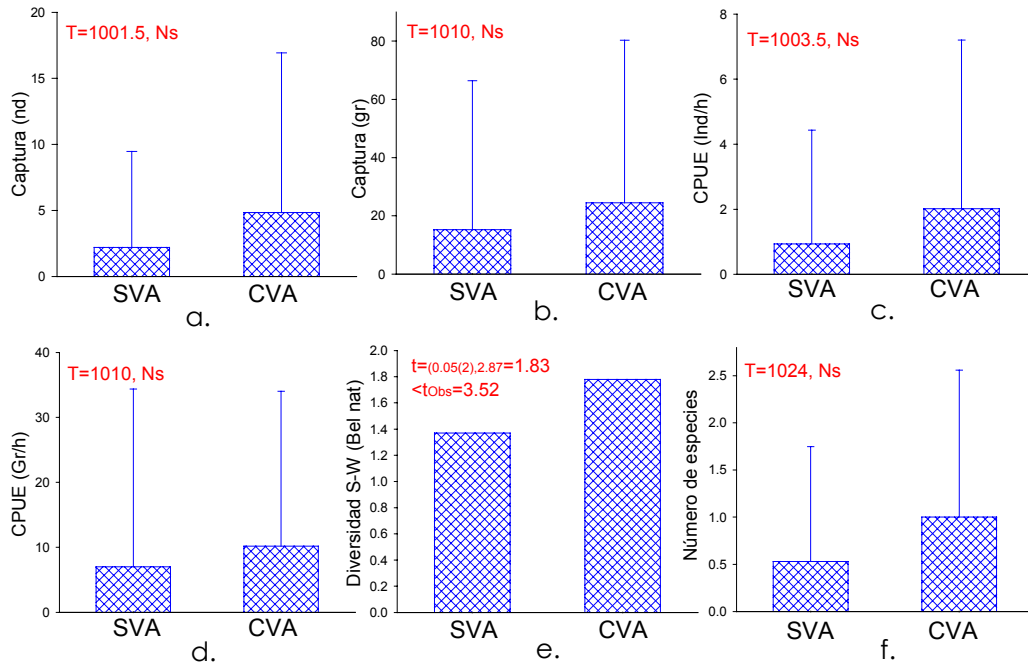


Figura 17. Manantial La Luz (Mich). a. Capturas (Individuos), b. Capturas (gramos), c. Captura por unidad de esfuerzo (Ind/h), d. Capturas por unidad de esfuerzo (gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener (bel nat), f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.

Para la mayoría de las especies respecto a la captura (Ind) en zonas CVA como *Chapalichthys encaustus* Jordan y *Znyder* (0.68 ind. DS±2.6), *Goodea atripinnis* (0.21 ind. DS±0.51), *Skiffia multipunctatus* Pellegrin (0.8 ind. DS±2.9), *Xiphophorus helleri* (2.5 ind. DS±9.5) y *Zoogonecticus quitzeoensis* (0.47 ind. DS±0.92) fue mayor que en zonas SVA. Caso contrario sucedió con *Alloophorus robustus*. En ningún caso se presentó diferencia significativa (Figura 18).

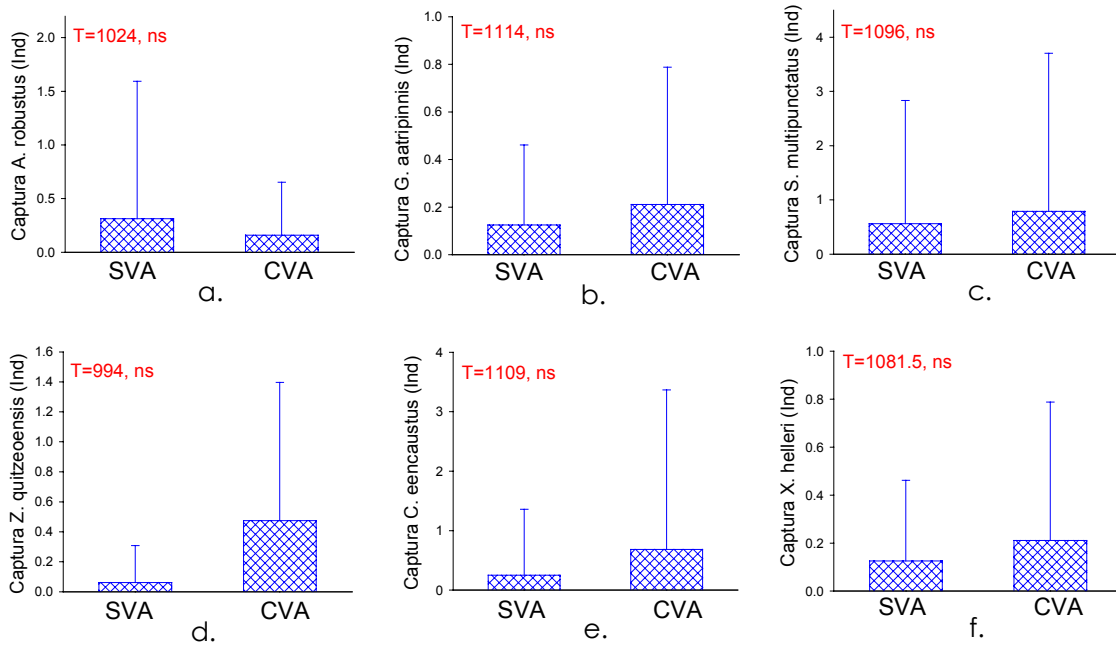


Figura 18. Manantial La Luz (Mich). Capturas (Ind) a. *Allophorus robustus*, b. *Goodea atripinnis*, c. *Skiffia multipunctatus*, d. *Zoogoneticus quitzeensis*, e. *Chapalichthys encaustus*, *Xiphophorus helleri* y en zonas SVA y CVA. T significa la prueba no paramétrica de Mann-Whitney Rang Sum Test. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Para cada especie de planta acuática, el número de individuos capturados fue mayor *Leersia hexandra* (47 ind. DS±9.8), seguido muy remotamente de hábitats compuestos de *Phragmites australis* (3.5 ind. DS±3.4; Figura 19).

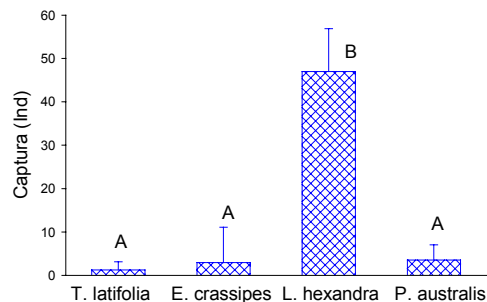


Figura 19. Manantial La Luz (Mich). Captura en número de individuos encontrados en zonas compuestas de *Typha latifolia*, *Eichhornia crassipes*, *Leersia hexandra* y *Phragmites australis*. Prueba de Turquí A≠B (0.0000156). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Las preferencias de las especies por una determinada especie de vegetación acuática, varió. Es así como *Goodea atripinnis* (1.5 ind. DS±2.1), *Xiphophorus helleri* (14.5 ind. DS±13.4), *Chapalichthys encaustus* (12 ind. DS±5.6), *Zoogoneticus quitzeoensis* (5 ind. DS±2.8) y *Alloophorus robustus* (3.5 ind. DS±4.9) fueron más abundantes en vegetación compuesta por *Leersia hexandra*. A diferencia de *Skiffia multipunctatus* (0.5 ind. DS±0.7) que fue más abundante en zonas con *Phragmites australis*. En la mayoría de los casos se presentó una diferencia significativa excepto para *Goodea atripinnis* y *Skiffia multipunctatus* (Figura 20).

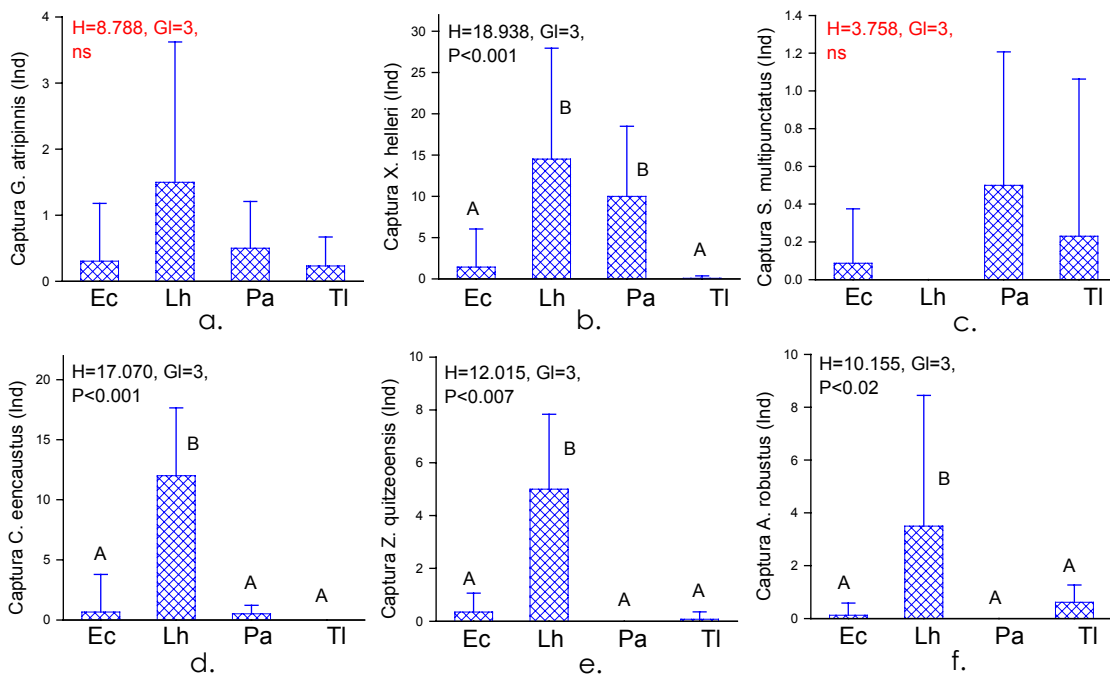


Figura 20. Manantial La Luz (Mich). Captura (Ind) de: a. *Goodea atripinnis* b. *Xiphophorus helleri* c. *Skiffia multipunctatus*, d. *Chapalichthys encaustus*, e. *Zoogoneticus quitzeoensis* y f. *Alloophorus robustus* en zonas compuestas por *Eichhornia crassipes* (Ec), *Leersia hexandra* (Lh), *Phragmites australis* (Pa) y *Typha latifolia* (Tl). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Los valores de longitudes totales promedio por zonas (79 mm. DS±25.6), al igual que para las especies como *Alloophorus robustus* (113 mm. DS±24.5), *Goodea atripinnis* (122 mm. DS±24), *Skiffia multipunctatus* (63 mm. DS±10), *Xiphophorus helleri* (74 mm. DS±16.7) y *Zoogoneticus quitzeoensis* (28 % DS±11) fueron mayores en zonas CVA. Caso contrario sucedió con *Chapalichthys encaustus* (80 mm. DS±11.1). En ningún caso hubo diferencia significativa (Figura 21). Por otro lado, no se encontró una preferencia de hembras o

machos por zonas SVA o zonas CVA, pero el promedio de hembras en zonas CVA fue mayor (Figura 29c).

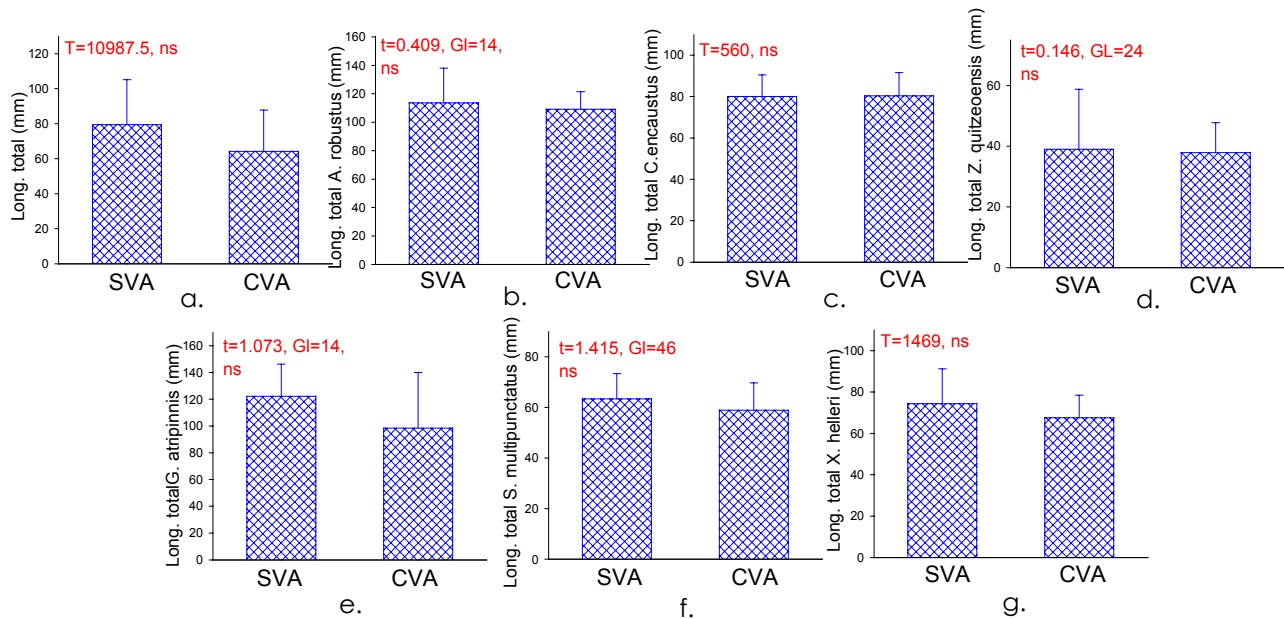


Figura 21. Manantial La Luz (Mich). Longitudes totales (mm) de peces capturados en a. Zonas SVA y CVA, b. *Allophorus robustus*, c. *Chapalichthys encaustus*, d. *Zoogoneticus quitzeoensis*, e. *Goodea atripinnis*, f. *Skiffia multipunctatus* y *Xiphophorus helleri*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

## 6.2.5. Manantial Naranja de Tapia

### 6.2.5.1. Vegetación acuática

En este manantial los valores de cobertura no fueron muy altos (37.6 %  $DS \pm 5.4$ ), representado por siete especies (Tabla 2), predominando *S. aff. californicus* (25.9 %  $DS \pm 4$ ); las otras especies no fueron muy abundantes. La diversidad obtenida fue de 1.39 bel nat (Figura 29a,b y ANEXO B). Se encontraron cuatro formas e vida, predominando las enraizadas emergentes (30.9 %). El *S. aff. californicus* se encontró en casi el centro del cuerpo de agua. Mientras que las otras especies se distribuyeron en las orillas del manantial.

### 6.2.5.2. Peces

Se capturó un total de 46 individuos agrupados en cinco especies (Tabla 3). Todos los peces (100 %) se capturaron en zonas CVA. Los valores promedio de captura (1.4 ind. DS±7.4 y 1.5 gr. DS±7.6) y CPUE (0.7 ind/h DS±3.7 y 0.75 gr/h DS±3.8) y el número de especies (0.2 DS±0.94) para este manantial fueron los más bajas de todos los manantiales. La diversidad encontrada fue de 1.32. No se presentó diferencia significativa en ningún caso (Figura 22).

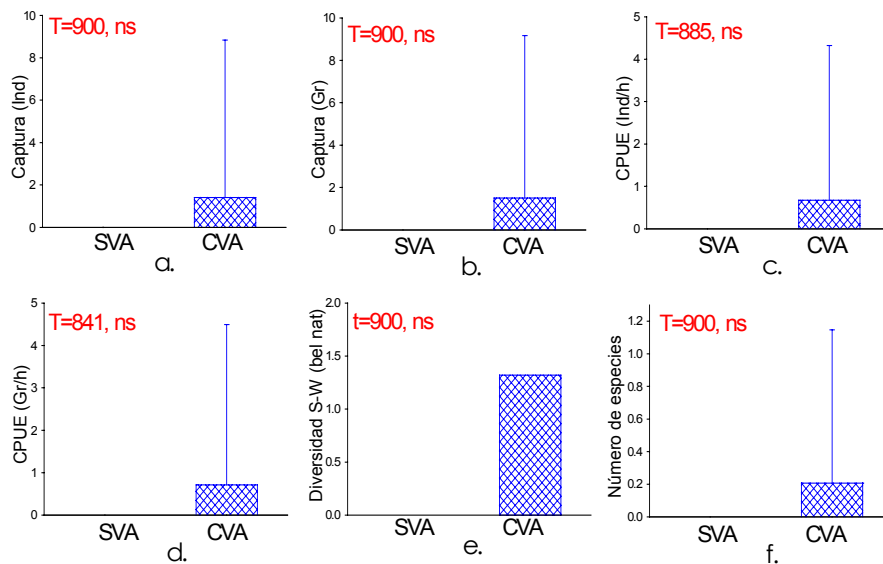


Figura 22. Manantial Naranja de Tapia (Mich). Capturas a. Individuos, b. Gramos c. CPUE en Ind/h, d. CPUE en Gr/h, e. Diversidad de Shannon-Wiener (Bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.

Las longitudes totales promedio en zonas CVA se encontraron entre 19 y 60 mm (Figura 23). El promedio de hembras con respecto a los machos fue mayor.

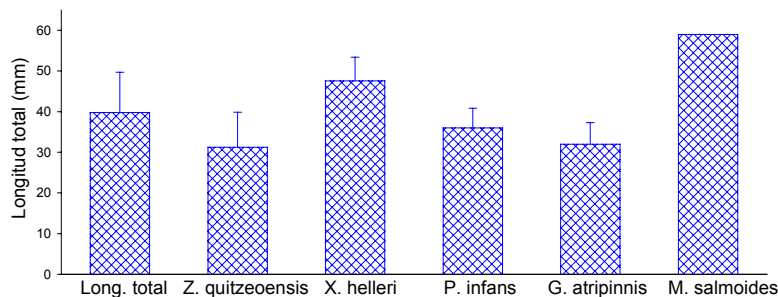


Figura 23. Manantial Naranja de Tapia (Mich). Longitudes totales (mm) en zonas CVA (Long. total) y por especie: *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Xiphophorus helleri*, *Poeciliopsis infans*, *Goodea atripinnis* y *Micropterus salmoides*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

## 6.2.6. Manantial Orandino

### 6.2.6.1. Vegetación acuática

En este cuerpo de agua se colectaron siete especies de plantas acuáticas (Tabla 2), que obtuvieron el 23.5 % del total de la cobertura, dominando *S. aff. californicus* (15 % DS±2.5). Se encontraron tres formas de vida, predominando las enraizadas emergentes (22.5 %). La diversidad encontrada para las plantas acuáticas fue de 1.45 (Figura 29a,b y ANEXO B). La mayoría de las plantas acuáticas encontradas se localizaron en la parte sur occidental del manantial.

### 6.2.6.2. Peces

En este manantial se capturó un total de 433 individuos, comprendiendo nueve especies (Tabla 3). Siendo el 59.6 % capturados en zonas CVA, representado por ocho especies, y el 40.4 % en zonas SVA, con siete especies. Los valores de captura (8 ind. DS±8.8 y 32.7 gr. DS±37.1), CPUE (2.9 ind/h DS±3.4 y 12.4 gr. DS±15.2), diversidad (1.45 bel nat) y número de especies (1.8 DS±1.5) fueron mayores en zonas CVA (Figura 24). Solo se presentó diferencia significativa en la captura (Ind) y CPUE (Ind/h). Las especies encontradas en las dos zonas son muy similares (0.33; Figura 31b). Al igual que en los anteriores manantiales tampoco hubo una preferencia de hembras o machos por alguna zona en especial (Figura 31c).

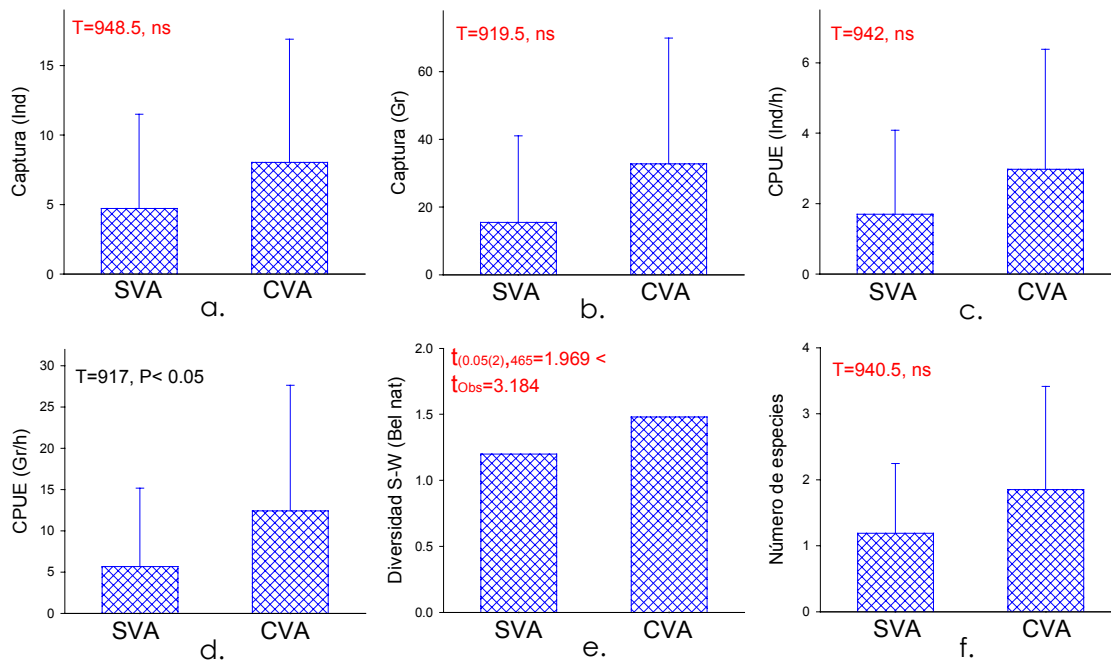


Figura 24. Manantial Orandino (Mich). a. Capturas (individuos), b. Capturas (gramos), c. CPUE (Ind/h), d. CPUE (gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener (bel nat) y f. Número de especies en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar, excepto la diversidad.

Para la mayoría de las especies capturadas como *Xiphophorus helleri* (0.41 ind. DS±1), *Zoogoneticus quitzeoensis* (2.1 ind. DS±4.7), *Skiffia multipunctatus* (0.32 ind. DS±1.1), *Xenotoca variata* (0.7 ind. DS±2.3), *Chapalichthys encaustus* (2.6 ind. DS±6.2), *Allophorus robustus* (0.44 ind. DS±1.1), *Poecilia mexicana* Steindachner (0.2 ind. DS±0.7) y *Poeciliopsis infans* (0.29 ind. DS±1.2), fueron mayores en zonas CVA, no así para *Goodea atripinnis* (0.09 ind. DS±0.29). En ningún caso se presentó diferencia significativa (Figura 25).

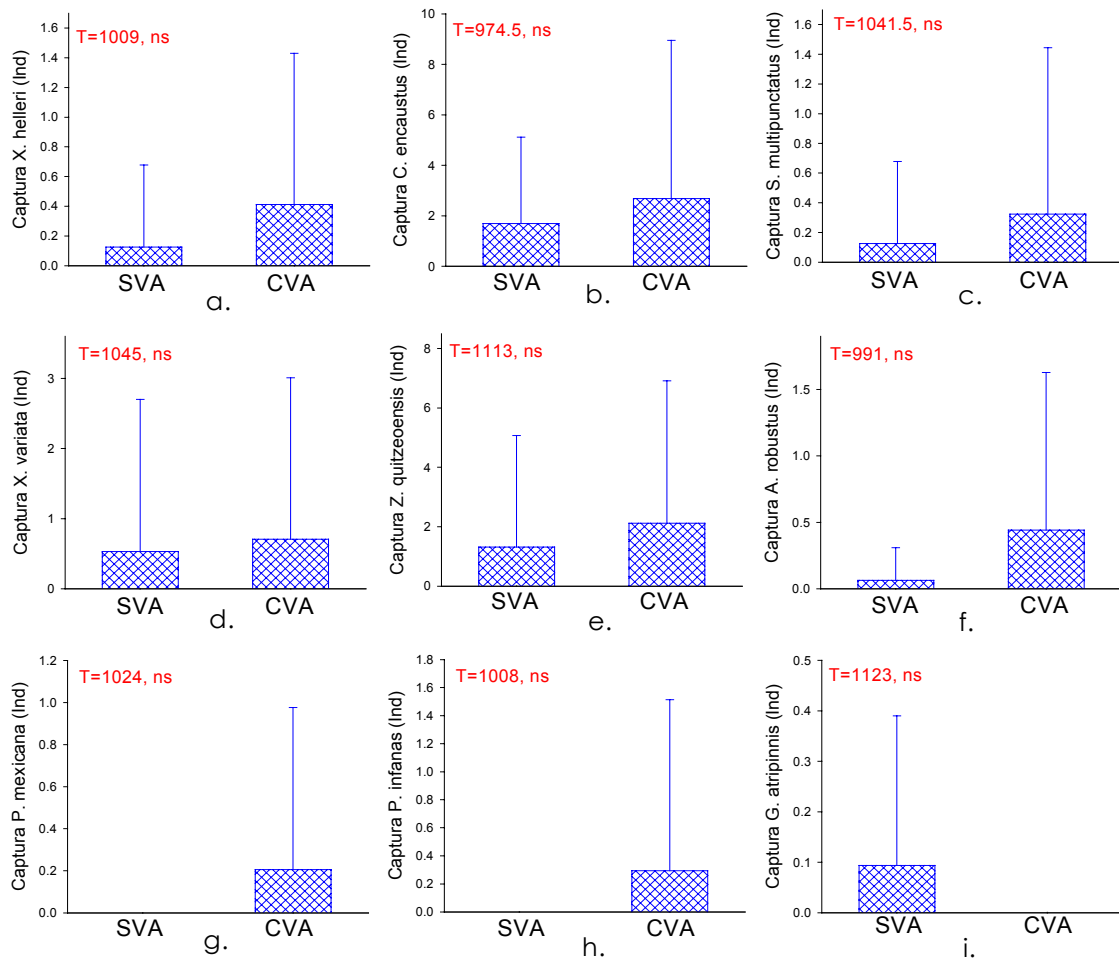


Figura 25. Manantial de Orandino (Mich). Captura (Ind) de a. *Xiphophorus helleri*, b. *Chapalichthys encaustus*, c. *Skiffia multipunctatus*, d. *Xenotoca Variata*, e. *Zoogoneticus quitzeoensis*, f. *Allophorus robustus*, g. *Poecilia mexicana*, h. *Poeciliopsis infans*, i. *Goodea atripinnis* en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Ahora bien, al buscar tendencias por especies de plantas acuáticas particulares, el número de individuos capturados fue significativamente mayor en zonas con *Pistia striatiotes* L. (22 ind) seguido de zonas con *S. aff. californicus* (8.1 ind. DS $\pm$ 9)). Pero no se encontró diferencia significativa entre el número de individuos encontrados en los diferentes hábitats (Figura 26).



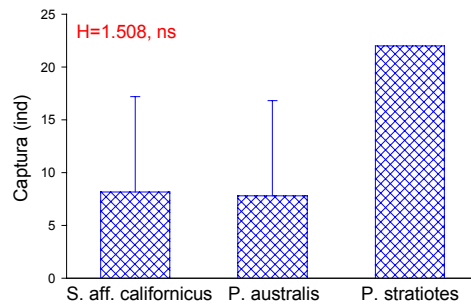


Figura 26. Manantial Orandino (Mich). Captura en número de individuos en zonas compuestas de *S. Aff. californicus*, *Phragmites australis* y *Pistia stratiotes*. H, significa prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis one way Analysis of variance on ranks. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

El mayor número de individuos capturados para especies como *Allophorus robustus* (2. ind), *Zoogoneticus quitzeoensis* (10 ind.), *Xiphophorus helleri* (5 ind.) y *Chapalichthys encaustus* (5 ind.) se encontraron en ambientes compuestos de *Pistia stratiotes*. Especies como *Skiffia multipunctatus* (0.52 ind. DS $\pm$ 1.4), *Poecilia mexicana* (0.052 ind. DS $\pm$ 1.46) y *Poeciliopsis infans* (0.05 ind. DS $\pm$ 0.22) predominaron en ambientes de *S. aff. californicus*, aunque no fueron muy abundantes (Figura 27).

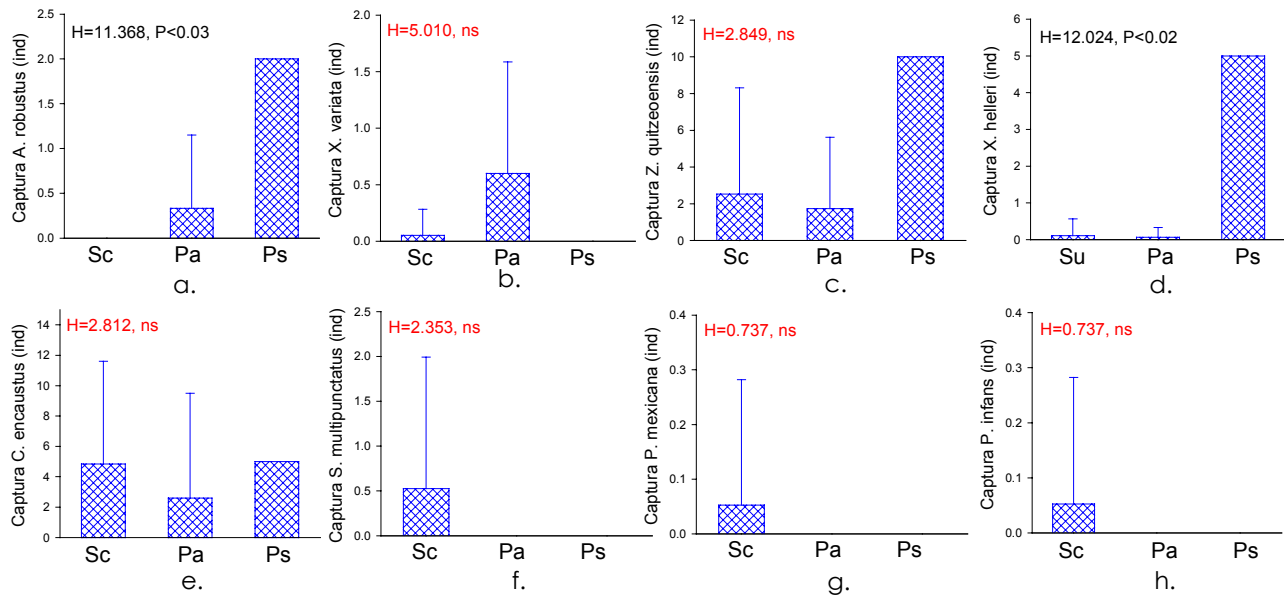


Figura 27. Manantial Orandino (Mich). Captura (Ind) de a. *Allophorus robustus* (Ar), b. *Xenotoca Variata* (Xv), c. *Zoogoneticus quitzeoensis*, d. *Xiphophorus helleri*, e. *Chapalichthys encaustus*, f. *Skiffia multipunctatus*, g. *Poecilia mexicana* y h. *Poeciliopsis infans* en zonas con *S. aff. californicus*, (Sc), *Phragmites australis*, (Pa) y *Pistia stratiotes* (Ps). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Las longitudes totales promedio totales (64.9 mm. DS±13.5), fueron mayores en zonas SVA. La misma tendencia ocurrió para algunas de las especies como *Zoogoneticus quitzeoensis* (64.6 mm. DS±10.5) y *Xiphophorus helleri* (62.9 mm. DS±13.2). Pero la mayoría presentaron longitudes totales promedio mayor en zonas CVA, aunque en menor número de individuos, como por ejemplo *Alloophorus robustus* (83.6 mm. DS±30.7), *Chapalichthys encaustus* (65.9 mm. DS±14.5), *Skiffia multipunctatus* (56.3 mm. DS±9.5) y *Xenotoca variata* (64 mm. DS±14.6). En ningún caso se presentó diferencia significativa (Figura 28).

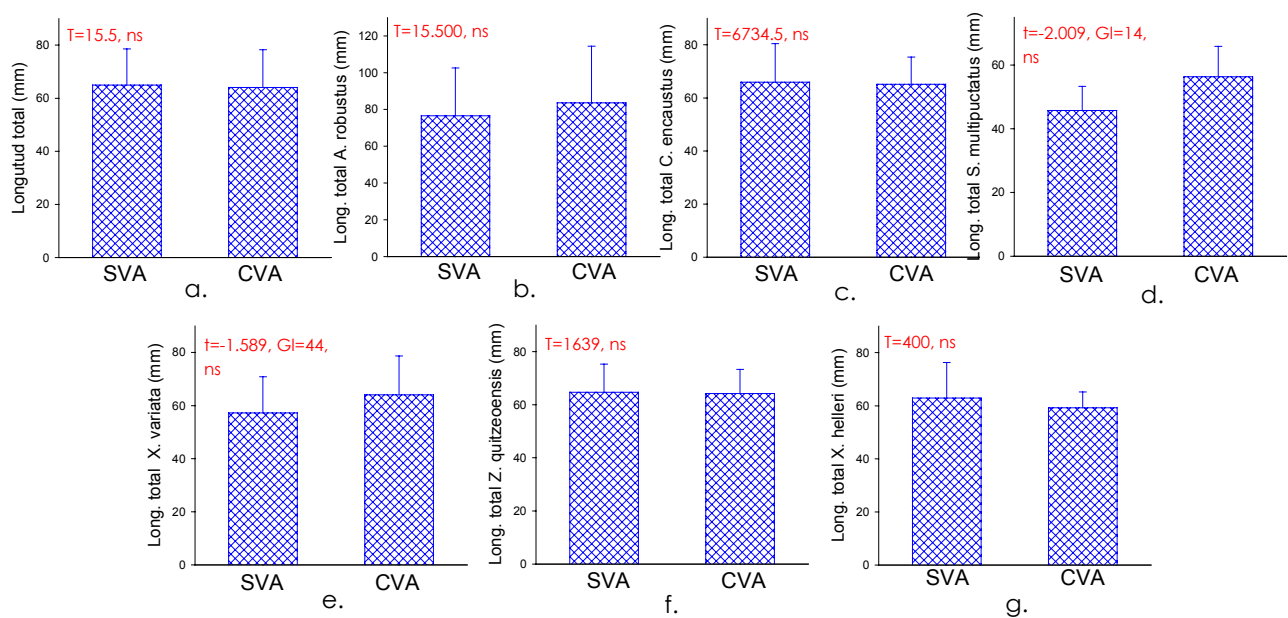


Figura 28. Manantial de Orandino (Mich). Longitudes totales (mm) en a. zonas SVA y CVA y por especie: b. *Alloophorus robustus*, c. *Chapalichthys encaustus*, d. *Skiffia multipunctatus*, e. *Xenotoca variata*, f. *Zoogoneticus quitzeoensis* y g. *Xiphophorus helleri*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

## 6.2.7. Todos los manantiales

### 6.2.7.1. Plantas acuáticas

Los cuerpos de agua estudiados presentaron variación en el porcentaje de cobertura, siendo mayor en Chapultepec (81 % DS±9.6) y menor en San Cristóbal (7 % DS±1) (Figura 29a y ANEXO C). La diversidad (Shannon–Wiener) de plantas acuáticas fue alta en la mayoría de los cuerpos excepto en San Cristóbal, siendo mayor en el M. La Luz (2.51 bel nat; Figura 29b).

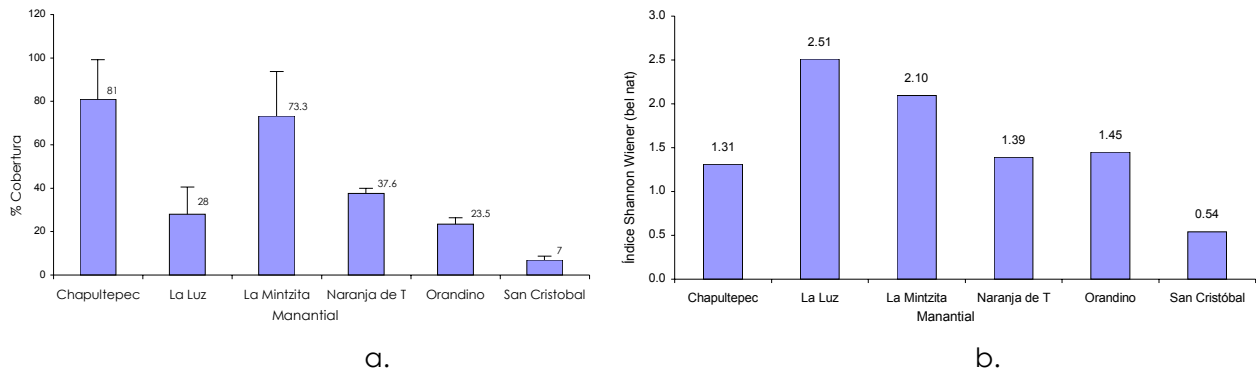


Figura 29. a. Porcentaje de cobertura total y b. Diversidad total de Shannon -Wiener para la vegetación acuática encontrada en los manantiales. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Hay una similitud máxima (38 %), indicando que cada cuerpo de agua presenta características propias, en cuanto a las abundancias de plantas acuáticas. Los mismos resultados se obtuvieron con las formas de vida.

#### 6.2.7.2. Peces

Los peces en zonas CVA son significativamente más abundantes (2.1 ind. DS±7.2) y diversos (Shannon-Wiener; Figura 30).

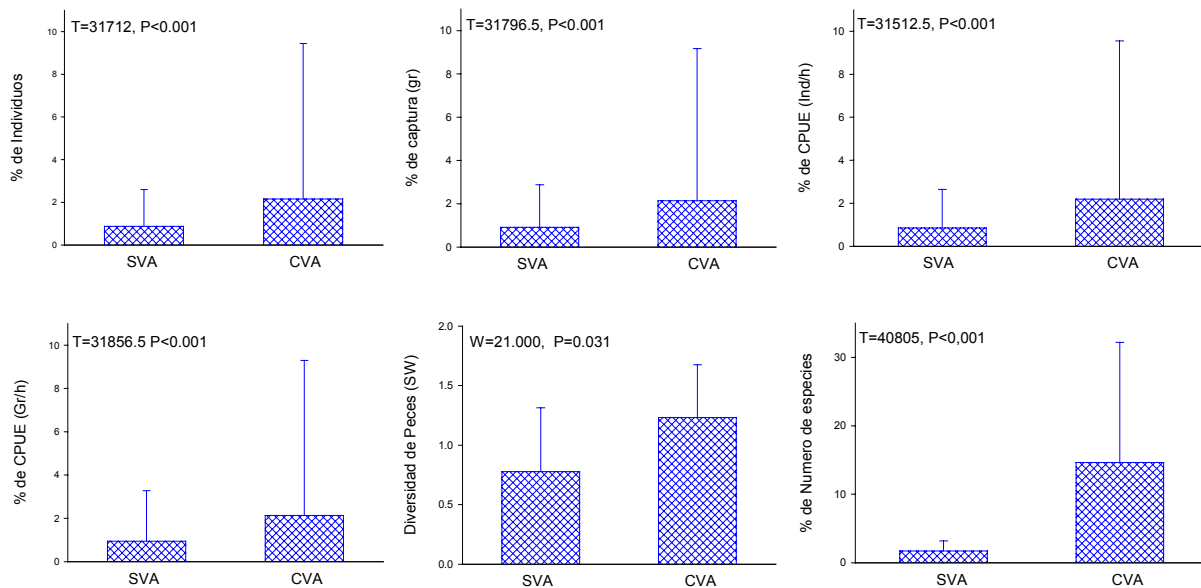


Figura 30. Comparación de abundancias y diversidades de todos los cuerpos de agua a. Porcentaje de captura (Ind), b. Porcentaje de captura (Gr), c. Porcentaje de CPUE (Ind/h), d. Porcentaje de CPUE (Gr/h), e. Diversidad de Shannon-Wiener., f. Porcentaje del número de especies encontrados en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

El mayor número de individuos se encontró en San Cristóbal (ANEXO D). Correspondiendo al manantial de menor diversidad (Figura 31a), dado por la dominancia de *Xiphophorus maculatus*, siendo la mayoría de ellos ejemplares adultos ya que se encontraron tallas promedio de 50 y 53.6 mm, correspondiendo a longitudes totales mayores a las reportadas para esta especie, 30 mm para hembras y 40 mm para machos (Meyer *et. al.*, 1985). Al igual que en zonas CVA se presentó la mayor captura en San Cristóbal dominado por *Xiphophorus maculatus* y las menores capturas en Naranja de Tapia.

El M. Naranja de Tapia presentó la menor captura de peces de todos los manantiales, encontrándose solamente en zonas CVA, a poca profundidad y en uno de los nacimientos. El número promedio de especies fue muy similar en todos los cuerpos de agua, el único que difirió de este comportamiento fue Naranja de Tapia, siendo el más bajo (ANEXO D).

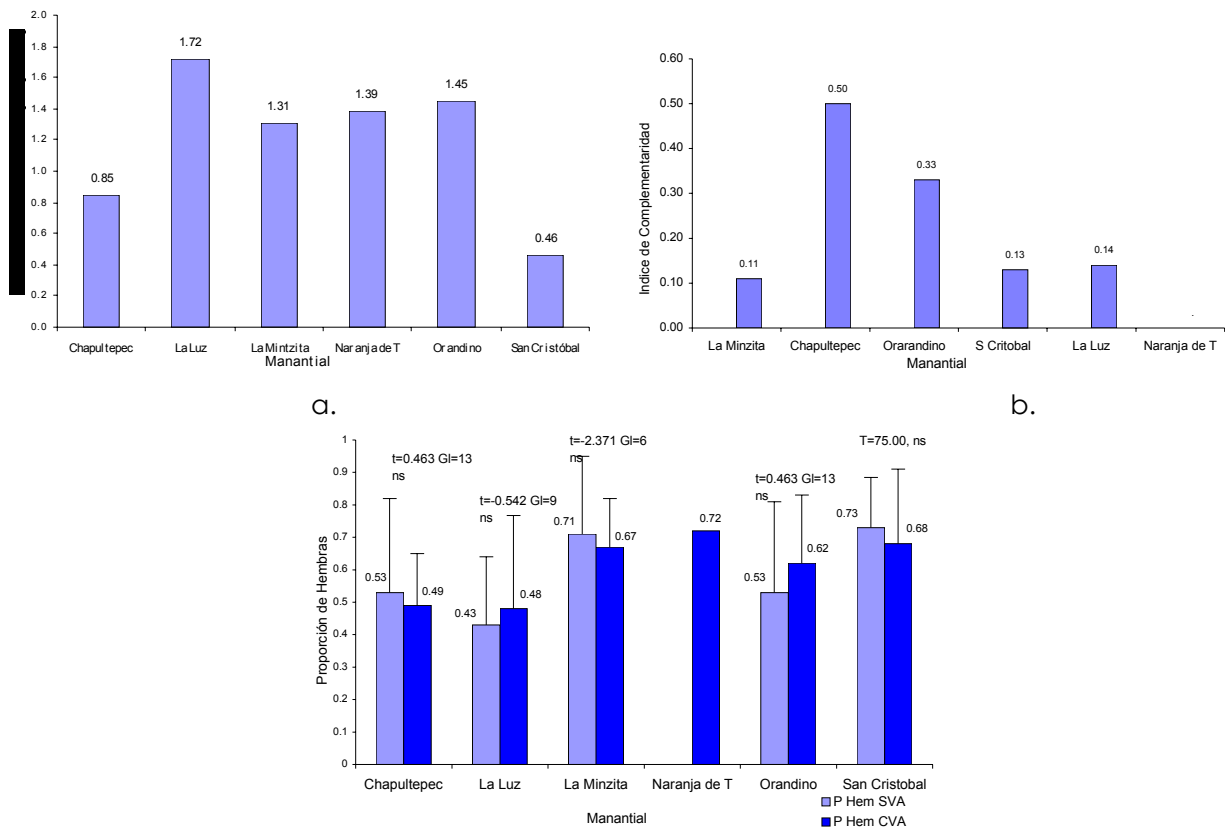


Figura 31. a. Índice de diversidad total (Shannon - Wiener, bel nat) de peces, b. Índice de complementariedad para peces y c. Proporción de hembras encontradas. El punto a. hace referencia a la diversidad total por manantial. Mientras que los puntos b y c se refieren a comparaciones entre las dos zonas (SVA y CVA), para cada cuerpo de agua.

En la mayoría de los manantiales estudiados se observó que las especies se encuentran en las dos zonas (SVA y CVA), dado que el índice de complementariedad fue bajo, excepto en el M. de Chapultepec (Figura 31b). La diversidad total de peces en los cuerpos de agua en la mayoría de los casos fue alta, principalmente en el M. de La Luz y la más baja en Chapultepec (Figura 31a). En ningún cuerpo de agua se pudo establecer la preferencia de hembras por las zonas CVA (Figura 31c), lo que sí se pudo observar fue una mayor proporción de hembras con respecto a la de machos.

Se observa que en los seis manantiales muestreados hay una proporción casi constante (Figura 32a) entre el número promedio de individuos capturados en cada zona. Siendo

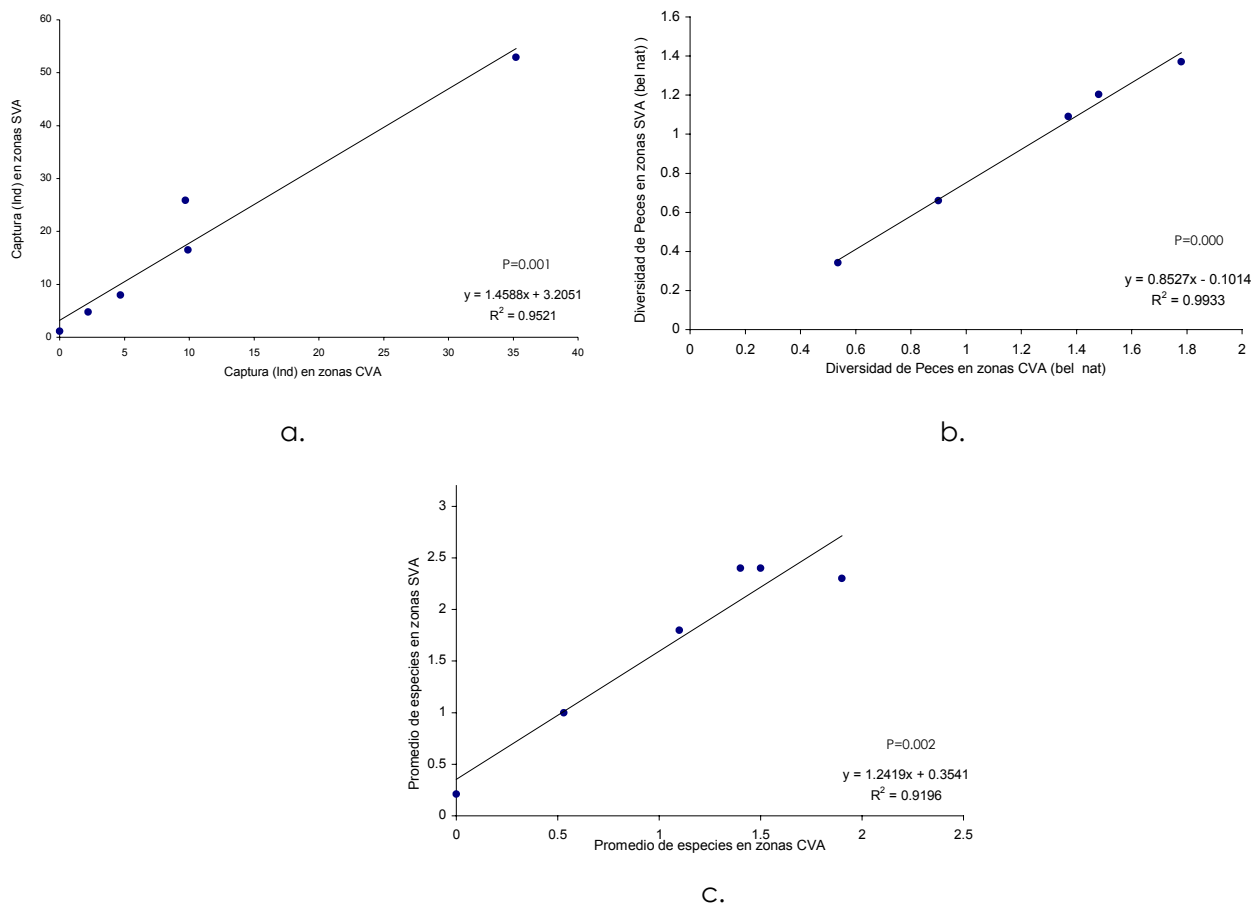


Figura 32. Relación entre a. Abundancias promedio, b. Diversidades totales (Shannon-Wiener, bel nat) y c. Especies encontradas en las dos zonas (SVA y CVA) para los seis manantiales muestreados. Se graficaron los promedios.

mayor en zonas CVA entre un 58 a un 100 %. Este último valor se presentó en Naranja de Tapia por no haberse capturado peces en zonas SVA. Lo mismo ocurrió entre los

promedios de especies de cada zona (Figura 32c). Además de lo anterior también se presentó una relación positiva con las diversidades encontradas para las dos zonas (Figura 32b). Teniendo presente que se descartó el manantial Naranja de Tapia puesto que no se obtuvo valores de diversidad en zonas SVA.

Todas las especies de peces, teniendo en cuenta los seis cuerpos de agua, fueron más abundantes en zonas CVA, habiendo diferencias significativas en la mayoría, excepto en *Z. quitzeoensis* (Figura 33a).

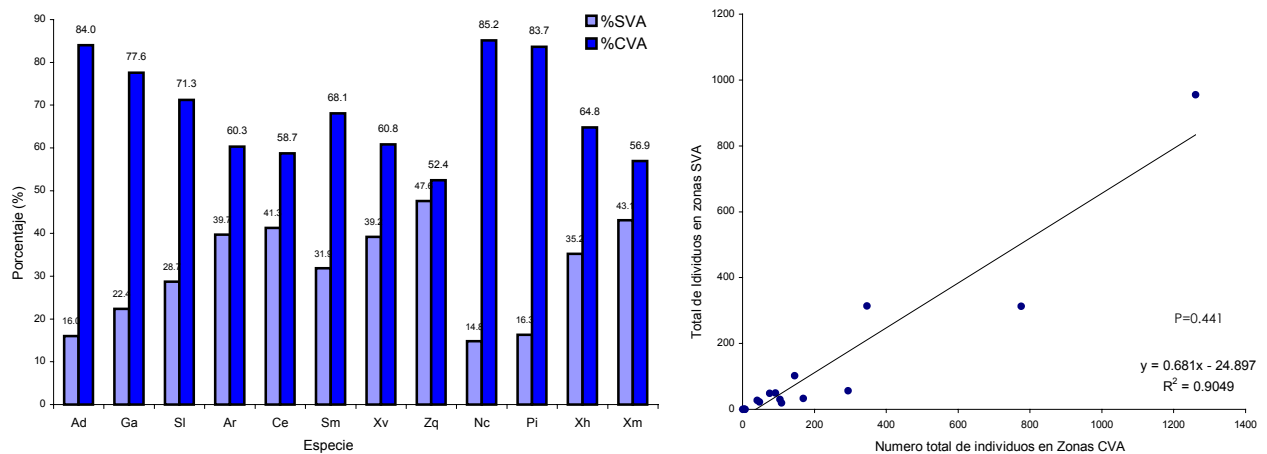


Figura 33. a. Porcentaje del número y b. Relación entre el número de individuos por especie encontrados en las dos zonas (SVA y CVA), teniendo en cuenta todos los manantiales. *A. diazi* (Ad), *G. atripinnis* (Ga), *S. lermae* (Sl), *A. robustus* (Ar), *C. encaustus* (Ce), *S. multipunctata* (Sm), *X. variata* (Xv), *Z. Quitzeoensis* (Zq), *N. Calientis* (Nc), *P. Infans* (Pi), *X. helleri* (Xh) y *X. maculaus* (Xm).

También se presentó una relación directa entre el número total de peces por especie en las dos zonas (SVA y CVA), indicando que hay un 68.1 % más de individuos de cualquier especie en zonas CVA que en zonas sin SVA. De esta manera me puede predecir la cantidad de individuos de una especie en zonas SVA, sabiendo la cantidad de peces de la misma especie que se encuentran en zonas CVA para estos manantiales (33 b).

El mayor porcentaje promedio de peces encontrados teniendo en cuenta todos los cuerpos de agua fue en *P. stratiotes*, seguido de *L. hexandra*, *S. aff. californicus* y de *E. densa* (Figura 34a). La forma de vida en donde se encontró mayor cantidad de peces fue en las enraizadas emergentes y en las enraizadas sumergidas (Figura 34b).

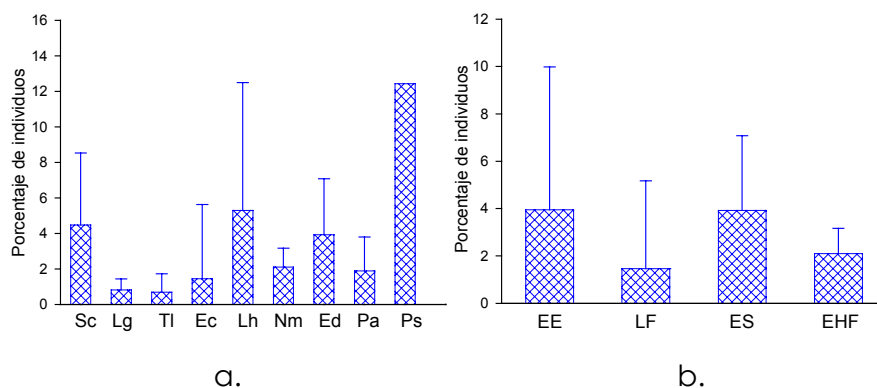


Figura 34. Porcentaje total de peces encontrados en a. Las diferentes plantas acuáticas: *Eichhornia crassipes* (Ec), *Lemna gibba* (Lg), *Typha latifolia* (Tl), *Schoenoplectus* aff. *californicus* (Sc), *Leersia hexandra* (Lh), *Phragmites australis* (Pa), *Nymphaea mexicana* (Nm), *Egeria densa* (Ed) y *Pistia stratiotes* (Ps) y b. En las formas de vida: enraizadas emergentes (EE), libres flotadoras (LF), enraizadas sumergidas (ES) y enraizada de hojas flotantes (EHF). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

Para especies de peces como *G. atripinnis*, *C. encaustus* y *Z. quitzeonsis* el mayor porcentaje se encontró en *L. hexandra*. Otras especies como *A. diazi* y *S. lermae* prefieren estar en hábitats compuestos de *S. aff. californicus*. *S. multipunctatus* se encontró en mayor porcentaje en ambientes compuestos de *E. crassipes*. y *A. robustus* y *X. helleri*, prefieren estar en vegetación acuática conformada por *Pistia stratiotes* (Figura 35).

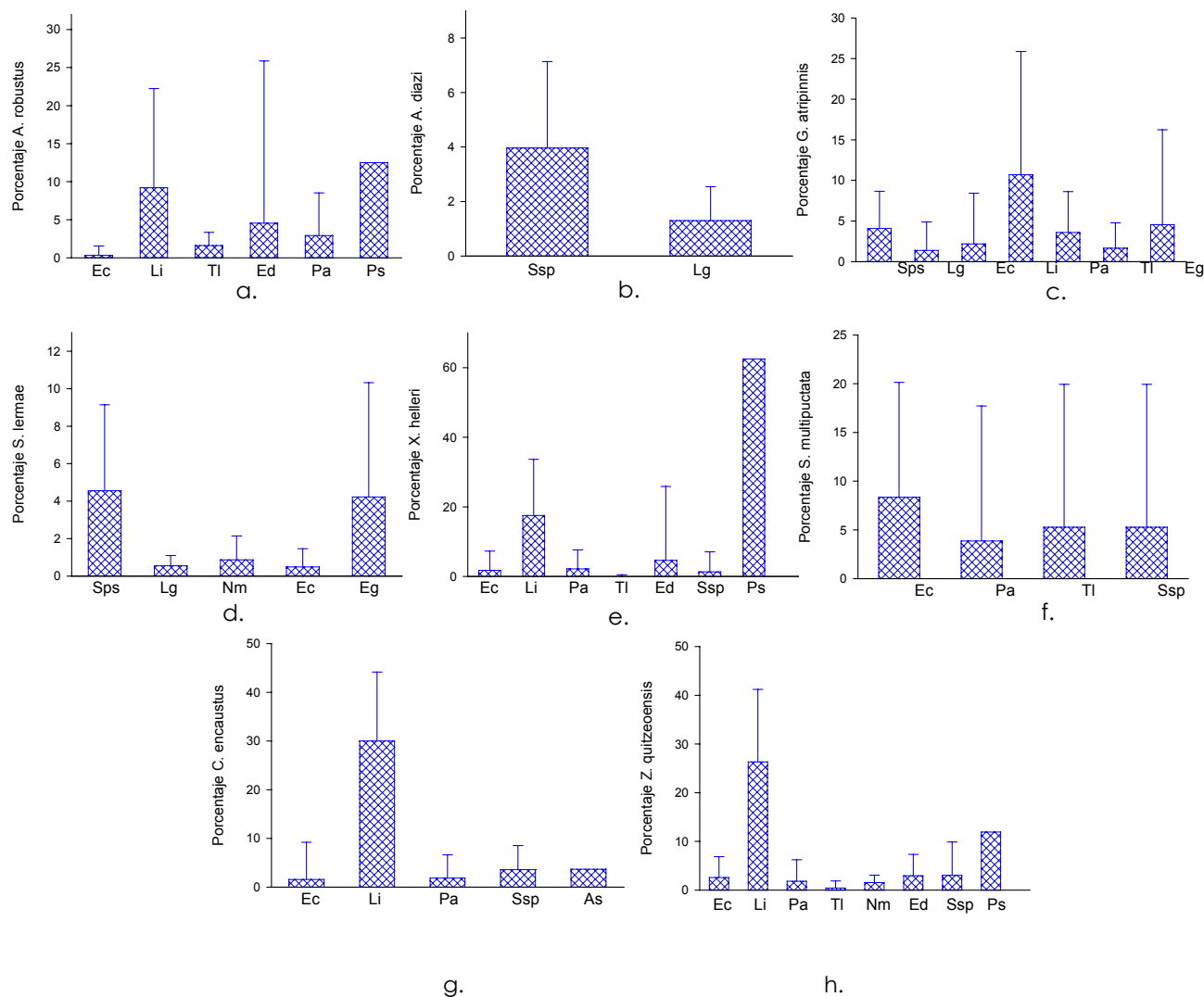


Figura 35. Porcentaje de peces por especie encontrados en las diferentes plantas acuáticas: *Eichhornia crassipes* (Ec), *Lemna gibba* (Lg), *Typha latifolia* (TI), *Schoenoplectus* aff. *californicus* (Sc), *Leersia hexandra* (Lh), *Phragmites australis* (Pa), *Nymphaea mexicana* (Nm), *Egeria densa* (Ed) y *Pistia stratiotes* (Ps) a. *A. robustus*, b. *A. diazi*, c. *G. atripinnis*, d. *S. lermae*, e. *X. helleri*, f. *S. multipunctatus*, g. *C. encaustus* y h. *Z. quitzeensis*. Se presentan valores promedio y desviación estándar.

En la mayoría de los casos se encontraron longitudes totales promedio menor en zonas CVA excepto para *C. encaustus*, y *N. calientis* y *X. variata*, encontrándose diferencia significativa en este último. También se encontró diferencia significativa en el total de tallas, *S. lermae* y *S. multipunctatus* (Figura 36).



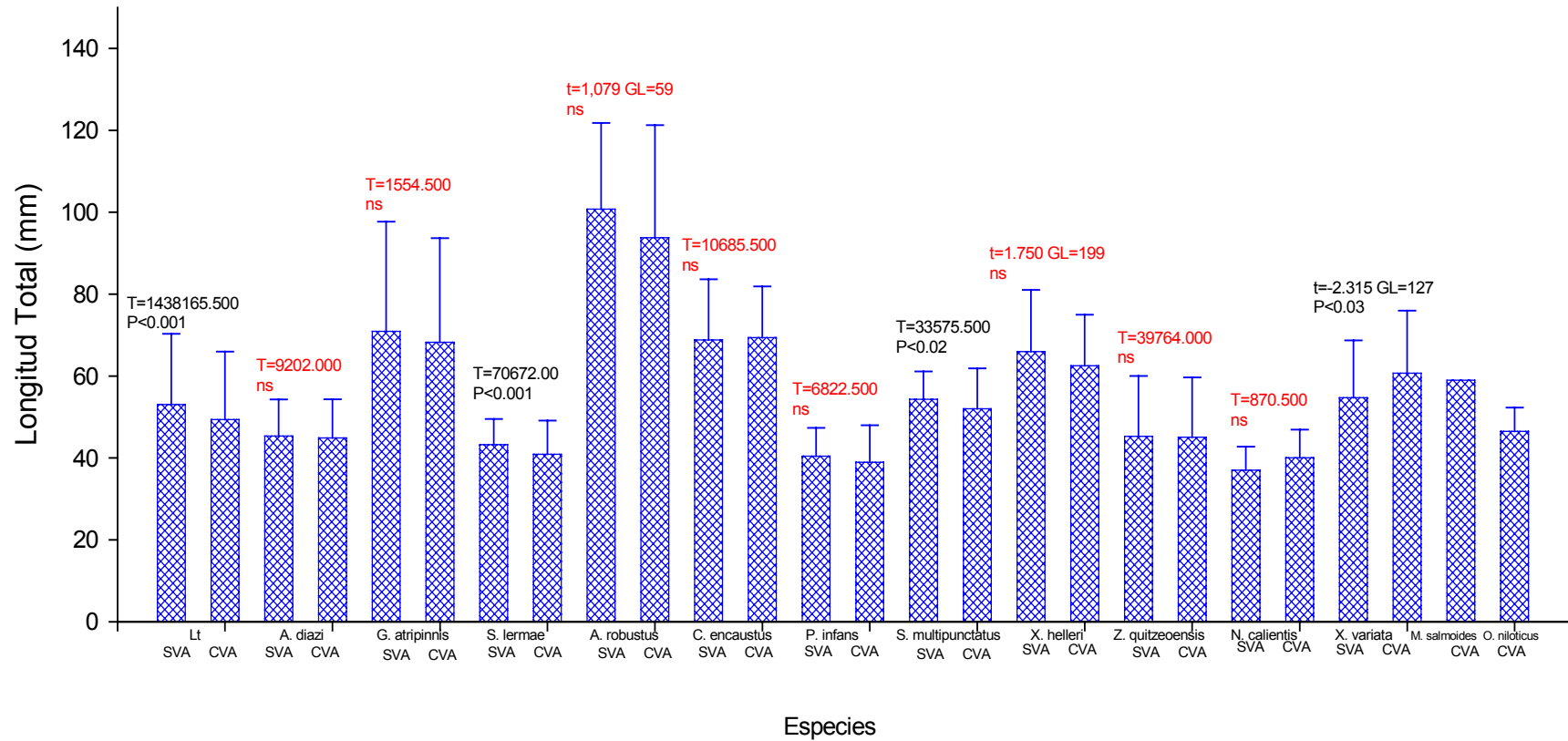


Figura 36. Longitudes totales y por especie encontradas teniendo en cuenta todo los cuerpos de agua en zonas SVA y CVA. Se presentan valores promedio y desviación estándar. ns= no es significativo. Lt, todos los cuerpos de agua, *Allotoca diazi*, *Goodea atripinnis*, *Skiffia lermæ*, *Alloophorus robustus*, *Chapalichthys encaustus*, *Poeciliopsis infans*, *Skiffia multipunctatus*, *Xiphophorus helleri*, *Zoogonecticus quitzeensis*, *Notropis calientis*, *Xenotoca variata*, *Micropterus salmoides* y *Oreochromis niloticus*.

Con relación a las longitudes totales promedio, se observó que son mayores en zonas SVA, encontrándose mayores tallas promedio en la Luz y menores en Naranja de Tapia. Se encontró una relación directa y positiva entre el promedio de tallas en zonas SVA y zonas CVA (Figura 37). La correlación podría ser mucho mayor ( $R^2=0.8808$ ) si no se tuviese en cuenta a Naranja de Tapia, puesto que se tomó el valor de cero para las tallas de zonas SVA.

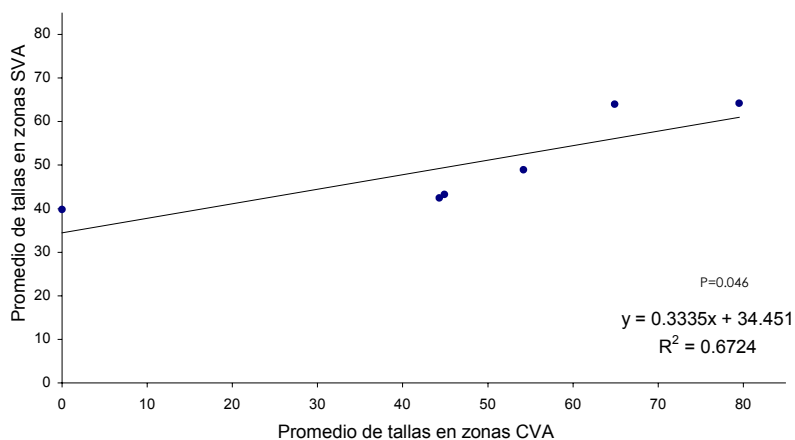
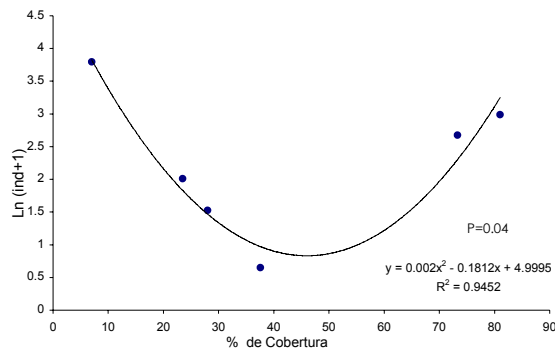


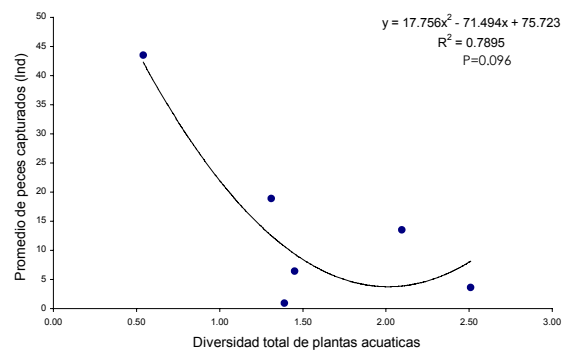
Figura 37. Relación entre las longitudes totales promedio encontradas en las dos zonas (SVA y CVA) en los seis manantiales muestreados.

### 6.2.7.3. Vegetación acuática y peces

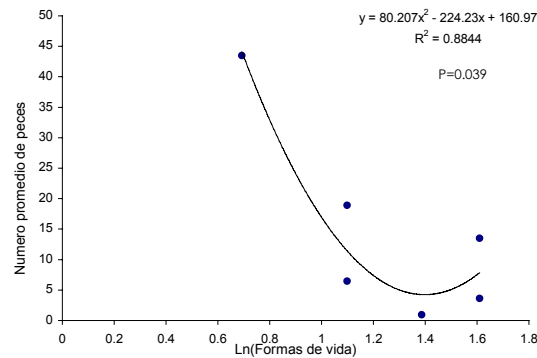
En la figura 38 se observa una relación parabólica entre el porcentaje de cobertura, diversidad de plantas acuáticas y formas de vida con la abundancia promedio de peces, en cada manantial.



a.



b.



c.

Figura 38 Relación entre el número promedio de peces y a. Porcentaje de cobertura, b. Diversidad de plantas (Shannon-Wiener, bel nat) y c. Formas de vida de las plantas acuáticas de los diferentes manantiales.

Hay una relación directa y proporcional entre la diversidad de peces con la diversidad de plantas acuáticas y las formas de vida (Figura 39 a y b). Por otro lado, hay una relación parabólica entre el porcentaje de cobertura de plantas acuáticas y la diversidad de peces (Figura 39c).

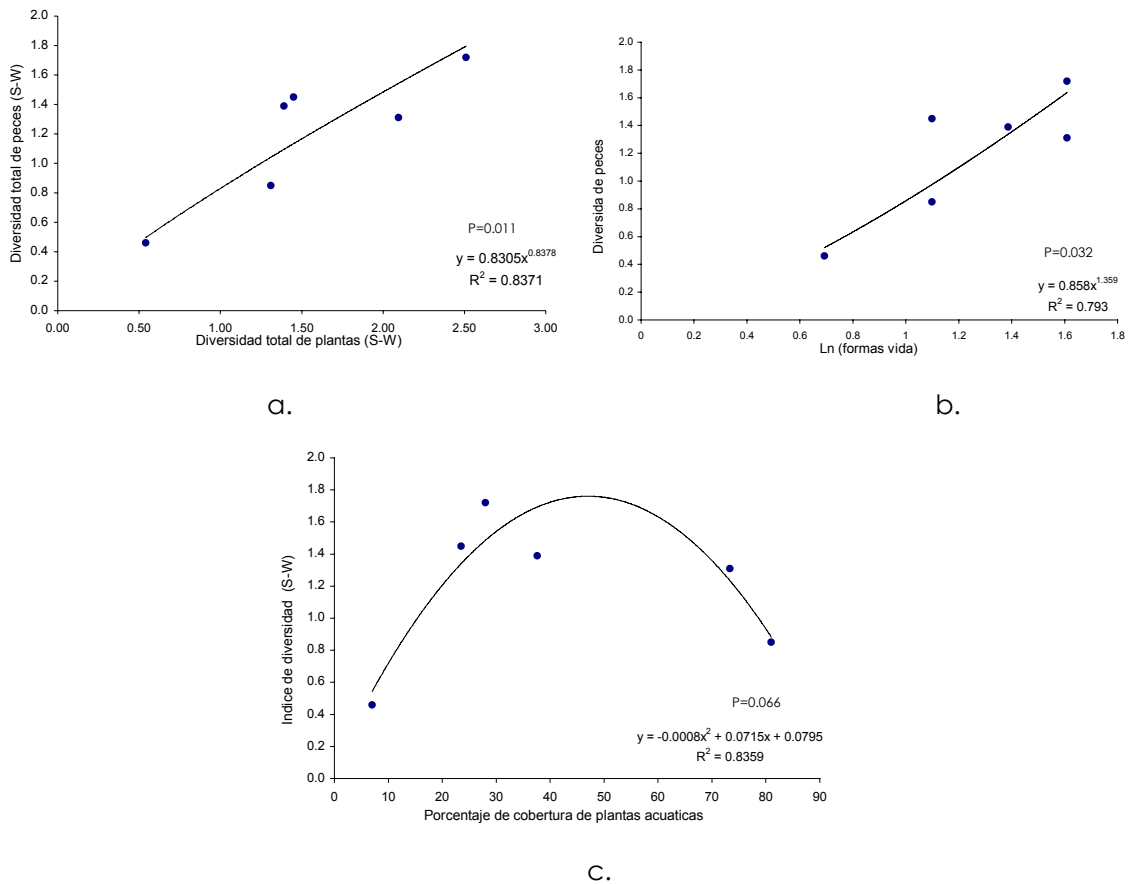


Figura 39. Relación entre a. La diversidad total de plantas acuáticas y el número promedio de peces. b. Diversidad total de plantas y diversidad (Shannon-Wiener, bel nat) total de peces, c. Diversidad total de peces y total de formas de vida y d. Porcentaje de cobertura y diversidad total de peces en los diferentes manantiales.

La regresión múltiple que describe la relación entre la diversidad de plantas acuáticas y el porcentaje, para obtener la diversidad de peces es:

$$H'_{pec} = 0.3919 + 0.936 * H'_{pla} - 0.26 * \%Cb \quad R = 0.886, P > 0.2$$

Indicando que la variable que más determina la diversidad de peces en la ecuación es la diversidad de plantas acuáticas, estando directamente correlacionada con la diversidad de peces, pero inversamente con el porcentaje de cobertura. La interacción entre las dos variables dependientes no fue significativa sugiriendo que hay independencia entre estas. Esta ecuación además de representar el comportamiento de la diversidad de peces en función de las otras variables, predice la diversidad de peces ( $H'_{pec}$ ), a una determinada diversidad de plantas ( $H'_{pla}$ ) y a un porcentaje de cobertura de plantas acuáticas dado ( $\%Cb$ ). A pesar de que no es una ecuación significativa hay una alta correlación. Siendo la

primera variable ( $H'_{Plan}$ ) significativa. La gráfica de esta ecuación se representa en la figura 40.

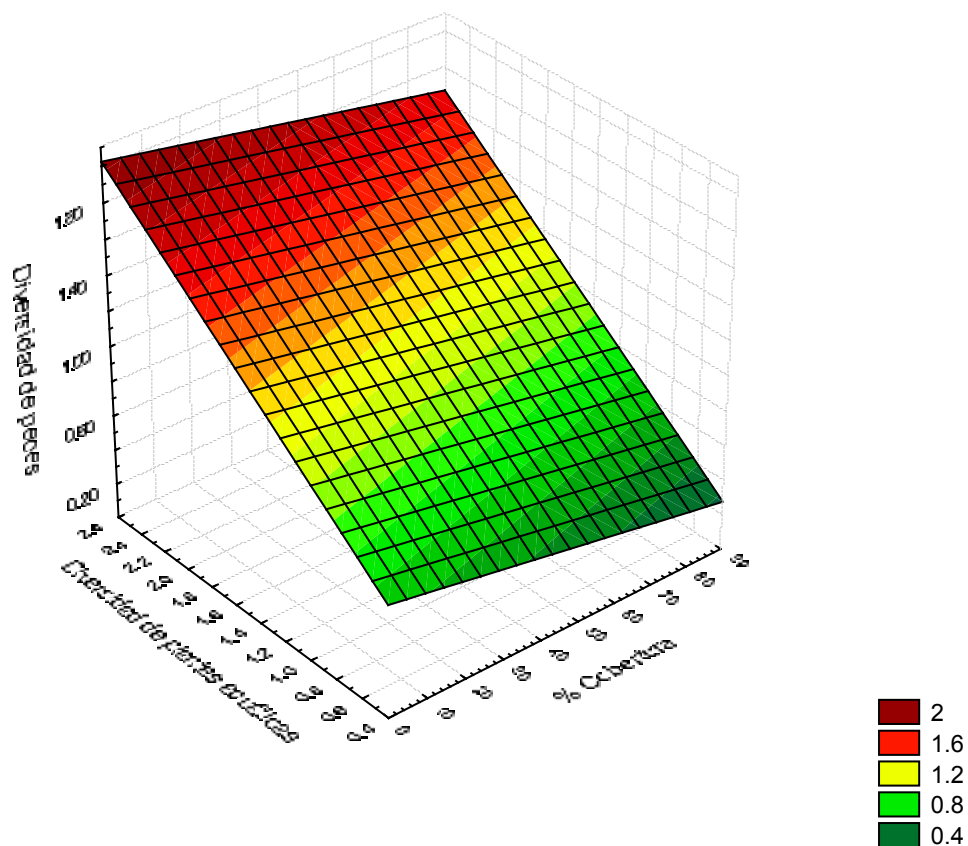


Figura 40. Relación entre la diversidad y el porcentaje de cobertura de plantas acuáticas de forma lineal para estimar la diversidad de peces.

Existe alta relación entre la captura y CPUE para zonas SVA, CVA y en conjunto para los diferentes manantiales (ANEXO B), lo que permite utilizar sólo la captura de Individuos para la discusión de los resultados.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Abundancia y diversidad de peces

La mayor parte de los peces capturados pertenecen a la familia Goodeidae, esta familia es endémica del norte de América y la subfamilia del centro de México (De Buen, 1943) y se distribuye principalmente en los estados de Michoacán y Jalisco (Domínguez, 1999). En segundo lugar encontramos la familia Poeciliidae, siendo representados por pocas especies, dos de las cuales fueron introducidas como es el caso de *X. maculatus* y *X. helleri* (Miller, 1986; Espinosa et. al., 1993) . Las especies y el número de individuos por especie varió entre cuerpos de agua de manera importante, esto se ve claramente reflejado en las tablas. Aún cuando los manantiales tienen características morfométricas homogéneas, un origen común correspondiendo a la zona de la Sierra Transvolcánica (Marshall y Liebherr, 2000) y están relativamente cerca uno del otro, cada manantial tiene diferente estructura en la comunidad de peces. Asumiendo que la capacidad de dispersión no fue un factor limitante para la presencia de las especies de peces en cada manantial, es posible considerar que hay factores dentro de cada uno de los sistemas que permiten la sobrevivencia de unas especies pero no de otras.

Los factores que limitan esta presencia diferencial pueden ser abióticos y bióticos (Wetzel, 2001). Los factores abióticos que influyen sobre la estructura de la comunidad de peces en sistemas lóticos y lénticos son principalmente el oxígeno disuelto, pH, amonio, turbidez, sólidos disueltos, velocidad de la corriente, sustrato y profundidad (Davis, 1975, en Stansfield et. al., 1997; Moore, et. al., 1994; Grenouillet, et. al., 2001; Grenouillet, et. al., 2002). Estos factores son los que conforman las barreras que limitan la distribución y sobrevivencia de la comunidad de peces. Los valores extremos de pH reportados para peces son: pH menor de 4 y mayores de 10 produce la muerte. pH entre 4 a 5 y 9 a 10, el efecto es subletal, produciendo daños en ojos y branquias, bajo crecimiento y menor resistencia a enfermedades (Buxade, 1997). Por ejemplo, dentro de los peces colectados las especies como *G. atripinnis*, *S. lermae*, *X. variata*, *O. niloticus*, y *P. infans* soportan cambios drásticos en su hábitat (Soto et. al., 1998). Mientras que especies como *A. diazi*, *Z. quitzeoensis*, *M.*

*salmoides* y *S. multipunctatus* son sensibles a cambios de las variables fisicoquímicas (Soto *et. al.*, 1998). Estas últimas presentan una baja resistencia para adaptarse a nuevas condiciones ambientales dada su baja plasticidad genética (Domínguez, 1999).

Dos de los factores abióticos más importantes que podrían incidir en la distribución de los peces en los manantiales muestreados en orden de importancia son: el oxígeno y el amonio. Con relación al oxígeno, sus bajas concentraciones (< 0.8 mg/l) pueden provocar la muerte de peces, sí el tiempo de exposición es muy largo (Buxade, 1997). Estas bajas concentraciones afectan más a especies de tamaños grandes (como las carpas, lobinas y tilapias, que son especies introducidas). Esto se debe a que necesitan de más oxígeno para su metabolismo (Hoar y Randall, 1978; Saint, P. U., 1983). El amonio se presenta en dos formas:  $\text{NH}_3$  (forma no ionizada) y  $\text{NH}_4^+$  (ión amonio). La forma más tóxica, la no ionizada, depende del pH y la temperatura (Buxade, 1997). A concentraciones entre 0.4 – 2.5 mg/l es letal para numerosas especies de peces. Los valores obtenidos de amonio en los seis manantiales no representan peligro para los peces.

Sin embargo, las variables fisicoquímicas en los sistemas estudiados no presentan condiciones extremas para estas especies de peces. Puesto que cuentan con alta concentración de oxígeno (> 4 mg/l), la concentración de amonio es baja, el pH es cercano a neutro, la transparencia máxima es mayor a medio metro. Además, los peces pueden evadir estas bajas concentraciones, siempre y cuando exista una zonificación de oxígeno dentro del sistema. De esta manera, las especies como es el caso de *X. helleri*, *C. encaustus* y *Z. quitzeonsis* se desplazan a las zonas con más oxígeno como la superficie, los nacimientos de agua o las zonas de mayor corriente. Por lo anterior, se deduce que la mayoría de las variables físico – químicas analizadas no representan una amenaza para los peces dentro del lago, lo cual sugiere que la distribución de los peces no debe depender de estos factores.

La distribución y estructura de la comunidad de peces no solo depende de variables físico-químicas, sino también está relacionada con variables bióticas (Wootton, 1992). Un factor biótico fundamental es la presencia de plantas acuáticas (Grenouillet, *et. al.*, 2002). Los cuerpos de agua estudiados variaron en abundancia, composición de especies y formas de

vida de las plantas acuáticas. Lo que ayudó a que la complejidad y heterogeneidad generada por las plantas acuáticas fueran muy diferentes dentro de cada manantial, así como entre los manantiales. Las formas de vida, la abundancia y la diversidad de plantas tienen una relación directa con el hábitat de los peces.

Se encontró una mayor abundancia, número de especies y diversidad de peces en zonas CVA que en zonas SVA en todos los manantiales; resultados muy similares a los encontrados por otros autores (Conrow *et. al.*, 1990; Leslie y Timmins, 1995; Randall, *et. al.*, 1996; Stansfield, *et. al.*, 1997; Dibble, *et. al.*, 2002; 1996; Kenneth y Donal, 1998; Xie, 2001; Meschiatti y Arcifa, 2002; Pettry, *et. al.*, 2003). Tanto la disponibilidad de alimento como la protección contra los depredadores son los dos factores más importantes que pueden explicar estos resultados en hábitats con vegetación acuática (Rozas y Odum, 1988; Suárez, *et. al.*, 2001).

Sin embargo, este patrón no es homogéneo con todas las especies. Organismos como *X. maculatus* (especie introducida) que fue capturada en el manantial San Cristóbal. Aparentemente, su alta abundancia está dada por su tolerancia, su alta tasa reproductiva y de sobrevivencia. Estas características son independientes del ambiente y de la cobertura vegetal (Meyer *et. al.* 1985).

En Naranja de Tapia las capturas fueron bajas y posiblemente se debió a la introducción de la "lobina" (*Micropterus salmoides*) por parte de la Asociación de Pescadores de Naranja de Tapia. Ésta especie en sus primeras etapas de vida es zooplanctívora y a tamaños entre 3.8 y 50 mm, comienzan a ser piscívoros de larvas, juveniles y adultos de familias de peces como clupeiformes, cypriniformes y perciformes (Sublette, *et. al.* 1990). A pesar de que, solamente se encontró una lobina en todos los muestreos realizados, esta presentó un factor de condición muy bajo ( $0.0107 \text{ gr/cm}^3$ ), comparado con el obtenido por Guzmán, *et. al.* (1978), para esa misma talla ( $0.0558 \text{ gr/cm}^3$ ), indicando que el estado de bienestar del pez no es el óptimo, este resultado se pudo haber dado por la baja disponibilidad de alimento (peces nativos).

Las relaciones de los promedios, obtenidas entre zonas SVA y CVA del número de individuos, número promedio de especies y diversidad fueron directa y positivamente proporcionales



independientemente de la abundancia, diversidad y formas de vida de las plantas acuáticas. Lo que indica que existe una proporción constante de peces (abundancia, riqueza y diversidad) entre las dos zonas. Todavía no existen pruebas contundentes que puedan explicar esta constante en la proporción. Sin embargo, podemos decir que ninguna de las especies colectadas es exclusiva de alguna de las zonas (CVA y SVA). Además es posible sugerir que las plantas acuáticas pueden albergar una máxima cantidad de peces que está determinada por la abundancia de las plantas acuáticas, dependiendo de sus necesidades, preferencias y actividades como el descanso, protección, alimentarse y ocasionalmente desovar (Baras y Nindaba, 1999).

El comportamiento de las relaciones entre plantas acuáticas y la abundancia de peces es digno de ser explicado en sus diferentes partes. Cuando el sistema cuenta con poca cobertura vegetal (en consecuencia poca diversidad y escasas formas de vida de las plantas acuáticas) predomina una sola especie capaz de sobrevivir a ambientes sin plantas acuáticas y con poca complejidad espacial. Por ejemplo, en el manantial San Cristóbal (con pocas plantas acuáticas) sólo *X. maculatus* predomina en el sistema. Esto generó una alta abundancia pero una baja diversidad de peces en este cuerpo de agua lo que ayudaría a explicar la primera parte de las relaciones mostradas en las figuras 46 a, b y c. Valores intermedios en la cobertura (60 y 30 %) y diversidad de plantas (entre 1.5 y 2.5 bel nat) generan altos cambios en la complejidad espacial. Por un lado hay manchones densos de plantas y por otro lado hay espacios abiertos en la columna de agua. Esto hace que puedan convivir muchas especies de peces, y por lo tanto la diversidad aumente. Sin embargo, también esta diversidad genera competencia por los recursos lo que hace que la abundancia de peces sea menor. Otra explicación puede ser que aún cuando exista un recurso abundante, la disponibilidad de éste es bajo puesto que la cobertura también funciona como refugio para las presas de los peces. Sin embargo, cuando la cobertura de plantas es alta (más del 60%) la abundancia aumenta ligeramente, posiblemente porque la competencia disminuye.

Las plantas acuáticas beneficiarán a aquellas especies de peces que estén condicionadas a obtener el máximo recurso disponible. Por lo tanto, estas especies de peces dominarán en la estructura de la comunidad. Sin embargo, características morfológicas como tamaño,

número, tallas puede variar grandemente entre las especies de plantas acuáticas (Chick y Mcivor, 1994). Esto ocasiona que la disponibilidad y calidad de recursos sean variables para los peces (Roseni, 1991; Kadmon, 1993). La arquitectura de la planta favorece la diversidad y abundancia de los organismos que la habitan incluyendo peces (Kenneth y Donal, 1998; Pettry, *et. al.*, 2003). Es así como se obtuvo una mayor abundancia y número de especies en zonas compuestas de *L. hexandra*, (encontrada en Naranja de tapia, La Luz y San Cristóbal), *P. Stratiotes* (en Orandino) y *E. densa* (en La Mintzita). Estas especies se caracterizan por tener una mayor complejidad estructural (mayor área de superficie). En estas plantas acuáticas albergan una gran variedad de invertebrados, principalmente anfípodos y larvas de insectos, que son el alimento de la mayoría de las especies encontradas (Domínguez, 1999).

La modificación brusca de las poblaciones de vegetación acuática (como ocurrió en la Mintzita y la Luz), genera cambios en la distribución y estructura de las comunidades de peces. Estas modificaciones afectan diferencialmente a la estructura de la comunidad de peces. Disminuir drásticamente la cobertura beneficia a los peces que no dependen de ésta y a los depredadores. Estos cambios se verán reflejados en la abundancia y composición de especies a corto o mediano plazo. Por ejemplo, en el manantial de la Mintzita, las poblaciones de *Z. quitzeoensis*, disminuyeron cuando *E. densa* fue removida. Estudios realizados por Maceina, *et. al.*, (1992), concluyen que la remoción de macrófitas acuáticas, por agentes biológicos (introducción de carpas), trae como consecuencia a largo plazo el incremento de peces zooplánctívoros, reduciendo las poblaciones de rotíferos y cladóceros y del zooplancton en general.

## **7.2. Tallas**

Los promedios de tallas encontrados en los manantiales de La Luz y de Orandino, fueron los más altos. Este resultado se dio por la mayor abundancia de *C. encaustus*, siendo la mayoría adultos. Esta especie alcanzó tallas muy superiores a las reportadas. Lo contrario sucedió con el M. Naranja de Tapia, donde la gran mayoría de peces capturados eran juveniles.

Los individuos capturados en los seis cuerpos de agua corresponden a juveniles y adultos de las familias Goodeidae, Ciprinidae y Poeciliidae. Hay una diferencia significativa entre las tallas de las dos zonas (SVA y CVA), para la mayoría de los manantiales. Los promedios de las longitudes totales no son tan altos en comparación a los encontrados por otros autores como Randall *et. al.*, (1996). Puesto que, la mayoría de las especies encontradas no alcanzan tamaños muy grandes (la mayoría < 120 mm). La longitud total máxima registrada fue de 180 mm, correspondiendo a *A. robustus* capturado en el manantial Orandino.

Los peces grandes ocupan sistemas lóticos (lagos o embalses) y zonas profundas, pudiendo existir una segregación por tallas (Granado, 1996). Esto fue lo que se observó en la mayoría de los cuerpos de agua estudiados. En donde las especies pequeñas (Goodeidos y Poecilidos) se encontraron en los nacimientos de agua (corriente lenta), poco profundos en zonas SVA y CVA. Mientras que especies de mayor talla se encontraron en zonas poco corrientosas pero más profundas (tilapias y carpas). Hay evidencia (estudios de electropesca en canales) que en algunos lugares, las poblaciones de carpa tienden a estabilizarse con el tiempo a un limitado número de peces adultos y la casi exclusión de pequeños peces (Fernández, *et. al.*, 1998). Lo anterior puede estar sucediendo con la carpa en los manantiales muestreados.

El tamaño del cuerpo del pez así como su forma parecen ser variables importantes en la relación con su hábitat, e influyendo en su distribución (Grenouillet, *et. al.*, 2001). El uso del hábitat para la alimentación de una especie de pez varía a medida que se desarrolla. Es así como muchas especies de peces en sus primeros años de vida generalmente usan recursos similares, alimentándose de zooplancton (Mehner y Thiel, 1999). Se ha encontrado una relación positiva entre el incremento de las macrófitas con la abundancia de cladóceros, copépodos, anfípodos y larvas de insectos (Sabino y Stein, 1982; Stansfield *et. al.*, 1997), alimento de peces de tallas pequeñas. La abundancia de las plantas acuáticas influye positivamente en el desarrollo de larvas y juveniles de peces (Conrow, *et. al.*, 1990). Lo expuesto anteriormente contribuyó a que se encontraran peces de longitudes totales menores en zonas CVA que SVA.

Los peces pequeños también están asociados con las macrófitas (Carpenter *et. al.*, 1997; Venugopal y Winfield, 1993; Randall *et. al.*, 1996), como conducta en respuesta a un riesgo

de depredación (Savino y Stein, 1982; Werner *et. al.*, 1983). Pero este riesgo de depredación depende, entre otros factores del tipo funcional del depredador y la presa (Jacobsen *et. al.*, 1997). Stansfield *et. al.* (1997), encontró una mayor proporción de piscívoros a medida que se incrementa la cobertura vegetal, siendo en la mayoría de los casos de mayores tamaños comparados con los de sus presas. Esto se pudo comprobar con *A. robustus*, encontrándose tamaños grandes en zonas CVA. Muy seguramente cazando peces pequeños (Meyer, *et. al.*, 1985; Domínguez, 1999). Los peces de tallas pequeñas son más susceptibles a ser capturados por los depredadores. Esto ha hecho que las presas recurran a estrategias de evasión, camuflaje o simplemente adoptar conductas para ocultarse. Siendo las plantas acuáticas uno de las principales zonas de refugio.

### **7.3. Proporción de sexos**

No hay suficiente evidencia para afirmar que hay una preferencia de las hembras por las zonas CVA, puesto que no hubo diferencias significativas. Cabe destacar que cada especie se comporta de una manera diferente en cuanto a su ciclo reproductivo, duración de la gestación, número de puestas en el año y épocas de desove. Esto muy seguramente contribuye a que no se encontrara la preferencia de las hembras por las zonas CVA.

### **7.4. Modelo de diversidad**

Existen dos modelos capaces de describir la relación entre el porcentaje de cobertura y la diversidad de peces a raíz de los resultados obtenidos en el proyecto. El segundo modelo (parabólico logarítmico) presume que la diversidad de peces es baja, pero nunca llega a cero a muy altos porcentajes de cobertura de plantas acuáticas. Esto sugiere que como mínimo debe de haber dos especies muy resistentes a este tipo de condiciones. El otro modelo (Figura 41a), asume que a 94.7 % de cobertura de plantas acuáticas la diversidad es cero. Esto sugiere que a este porcentaje de cobertura máximo habrá una especie de pez capaz de existir en este tipo de ambiente. En este modelo la diversidad máxima alcanzada es mucho mayor a un porcentaje de cobertura cercano al 50 %. Este modelo no está definido para porcentajes de cobertura de cero. El primer modelo encontrado en este estudio es muy similar al propuesto por Wiley, *et. al.* (1984), estableciendo una relación

parabólica entre valores promedio de plantas acuáticas enraizadas ( $\text{gr/m}^2$ ) y la producción de "lobina" (*Micropterus samoides*).

A porcentajes de cobertura bajos ( $< 10\%$ ) para los dos modelos, la diversidad de peces es baja ( $< 0.6$  bel nat). Puesto que hay una menor complejidad y heterogeneidad espacial, dominando pocas especies de peces, que se adaptan muy bien a estos ambientes. Y de la cual no dependen grandemente de las macrófitas. Por ejemplo: *X. maculatus*, que fue abundante en las dos zonas (SVA y CVA) en el manantial San Cristóbal. Obviamente a menor porcentaje de cobertura vegetal, la probabilidad de que quepan más organismos es menor y habrá una mayor competencia especialmente para aquellas especies que dependen más directamente de las plantas acuáticas o a que haya una mayor cantidad de depredadores.

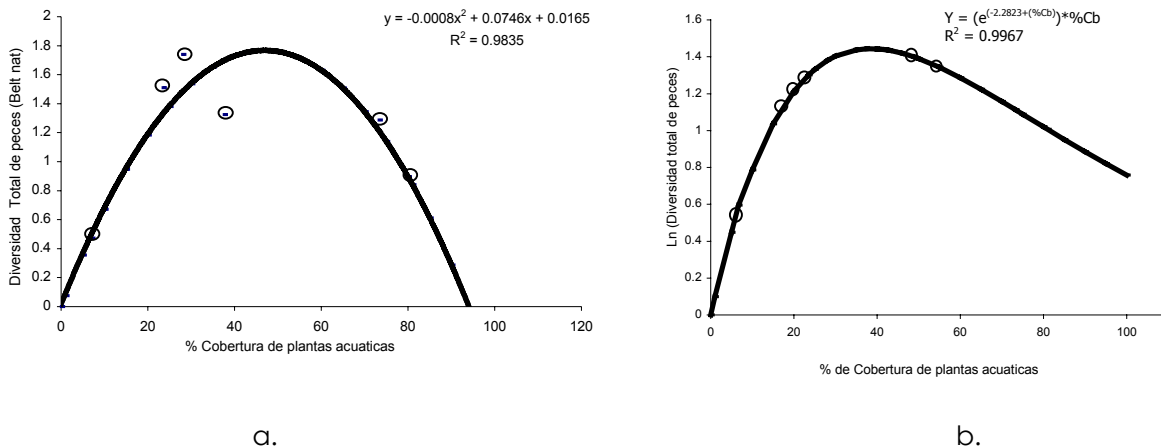


Figura 41. Relación entre la diversidad total de peces y el porcentaje de cobertura para los diferentes manantiales. a. de forma líneal y b. de forma logarítmica.

A porcentajes de cobertura intermedios (entre 30 y 65 %), la diversidad de peces aumenta, puesto que hay una mayor complejidad y heterogeneidad espacial. A estos porcentajes de cobertura vegetal las condiciones físico-químicas del agua no son alteradas las plantas acuáticas, para afectar a la gran mayoría de las especies de peces (Grenouillet, *et. al.*, 2001).

La fase final de cada uno de los modelos varía entre sí y explican dos condiciones diferentes. El modelo lineal presenta diversidades bajas a altos porcentajes de cobertura, llegando a diversidad cero. Éste último valor de diversidad es un dato teórico que en los

manantiales no se pudo comprobar. Sin embargo, el modelo sería más aplicable a especies de plantas acuáticas que cambian las condiciones físico-químicas del agua de una forma más severa. Por el contrario, el modelo logarítmico denota diversidades mayores. Para los dos modelos a altos porcentajes de cobertura hay una mayor complejidad y heterogeneidad ambiental. Esto desfavorece a los peces que se encuentran en estos hábitats, ya que su tasa de alimentación disminuye. Puesto que los organismos que sirven de alimento, tienen una mayor probabilidad de evadirlos (Duggan, *et. al.* 2002). Por otro lado, las condiciones físicas y químicas del agua se ven afectadas en mayor o menor grado, dependiendo de las especies de plantas acuáticas. Siendo desfavorables para muchas especies de peces dado que se pueden presentar bajas del oxígeno disuelto en el agua e incrementos en el pH (Davis, 1975, en Stansfield *et. al.*, 1997; Moore, *et. al.*, 1994).

Lo anterior implica la existencia de un porcentaje de cobertura óptimo para cada especie. Es así como Stansfield *et. al.*, (1997), obtuvieron que algunas especies a medida que aumenta el porcentaje de cobertura su número aumenta, pero llega a un límite en el que disminuye. Como ejemplo podemos citar el caso de la "brema" (*Abramites brama*), donde se presenta la mayor abundancia entre 26 y 75 % de cobertura vegetal. Otras especies como "roach" (*Rutilus rutilus*) y "perca" (*Perca fluviatilis*), a medida que aumenta el porcentaje de cobertura su densidad disminuye encontrándose el mayor valor a porcentajes de cobertura entre 1 a 25 %. Para otras especies de peces las densidades no varían a diferentes porcentajes de cobertura, como es el caso de "lucio" (*Esox lucius*). Muy probablemente el resultado de esta especie esté dado por el bajo número de individuos. En otros casos, se encuentran a mayor densidad (Ind/m<sup>2</sup>), a altos porcentajes de cobertura (76 a 100%) como es el caso de "tenca" (*Gymnocephalus cernuus*).

El segundo modelo es el que mejor describe el comportamiento de los manantiales muestreados. Puesto que las especies nativas de peces que se encuentran en los manantiales presentan diversidades mayores entre 30 y 65 % de cobertura vegetal, pero a medida que el porcentaje de cobertura aumenta hasta los 37.6 %, la pendiente (relación directa entre el porcentaje de cobertura y la diversidad de peces) es mayor en comparación con la pendiente después de este punto de cobertura vegetal. A porcentajes de cobertura superiores a 37.6 % la diversidad de peces disminuye de una

manera progresiva (relación inversa entre el porcentaje de cobertura y la diversidad de peces), llegando a un mínimo de 0.75 bel nat, al máximo de porcentaje de la cobertura vegetal (100 %).. En el primer modelo tanto el aumento y la disminución de la diversidad, tienen la misma pendiente (es una curva simétrica), sin embargo en la naturaleza no es muy frecuente.

Hay que tener presente que en estos modelos no se tienen en cuenta ni las especies ni las formas de vida de la vegetación acuática, pudiendo variar significativamente la diversidad de peces. Puesto que cada especie y forma de vida de las plantas acuáticas tiene características propias como son: arquitectura, fauna asociada y grado de impacto en la calidad de agua. Y también dependería, como se ha mencionado en anteriores oportunidades, de la tolerancia de las especies de peces. Se puede presentar "alta" diversidad de peces a porcentajes de cobertura mayores al 90 %, cuando las plantas acuáticas pueden estar conformadas por lemna y por junco (las cuales representan dos formas de vida diferentes) como el caso del manantial de Chapultepec. Lo contrario sucede cuando el porcentaje de cobertura está conformado por el lirio acuático (*E. crassipes*), en que la diversidad sería muy baja. Dado por las condiciones físicas y químicas adversas que esta planta acuática genera al agua. Esta planta exótica puede causar una reducción en la calidad del agua. Repercutiendo negativamente en el ensamblaje entre plantas y animales (Tañer, et. al., 1990; Room y Fernando, 1992).

## 8. CONCLUSIONES

Los factores físico-químicos en los cuerpos de agua estudiados no son una limitante en la estructura de la comunidad y en la distribución de los peces. Siendo otros factores de tipo biótico los que determinan la distribución y preferencias de las poblaciones de peces. Es así como a niveles intermedios de plantas acuáticas (porcentaje de cobertura) promueven la alta diversidad de especies de peces y alcanzan el óptimo desarrollo y sobrevivencia de estos. Se notaron respuestas por parte de los peces hacia las plantas acuáticas: estos hábitats soportan mayores densidades, número de especies, diversidades, biomasa de peces que áreas sin vegetación. Los peces de menor talla prefieren hábitats compuestos por vegetación acuática. Tanto las mayores abundancias o diversidades y tallas menores de peces en zonas CVA, se debe a dos factores principales: una mayor complejidad y heterogeneidad espacial por parte de las macrófitas. Esto incentiva a que haya una mayor cantidad de comunidades que son el alimento de los peces. A la vez que las plantas acuáticas permiten reducir el riesgo de depredación, siendo lugares preferidos por especies de tallas menores. Existe una relación directa y positiva entre la diversidad de peces con la diversidad y formas de vidas de las plantas acuáticas. También hay una relación directa y positiva entre el promedio de: las capturas (ind.), número de especies, diversidades y longitudes totales de peces entre las dos zonas (SVA y CVA).

Sin embargo no hay suficiente evidencia para demostrar que hay mayor cantidad de hembras en zonas CVA, debido a que las especies se reproducen en distintas épocas y los periodos de reproducción son variados.



## 9. REFERENCIAS

- ALVARES, J., 1950. Claves para la Determinación de especies en los peces de aguas continentales mexicanas, Sera. Marina. Pri. Gral. De Pesca, México D. F., 143 pp.
- , M. T. CORTES, 1962. Ictiofauna Michoacana I. Claves catálogo de las especies conocidas, An. Esc. Nal. Cienc. Biol., México, D. F., 11 (1-4): 83-143.
- , 1970. Peces Mexicanos (Claves), Insto Nal. Inves. Biol. Pesq. Como Nac. Con Pesca S. I. C., México, D. F., 19(1-4): 155-161
- ALVARES, J., 1972. Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la Ictiofauna dulceacuícola de Michoacán, An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México, D. F., 19 (1-4): 155-161.
- ARREDONDO, F., 1993. Fertilización y fertilizantes, su uso y su manejo en la acuicultura U. A. M. 48-62 p.
- ARREDONDO, J. L. y M. A. GUZMAN, 1986. Situación taxonómica actual de la tribu tilapia (Pises: cichlidae), con énfasis en las especies introducidas en México. An. Insto. Biol., U.N.A.M. Ser. Zoclo (2) :555-572.
- BANERJEE, A. and MATAI, S., 1990. Composition of Indian Aquatic plants in relation to utilization as Animal forage J. Aquat. Plant Manage. 28, 69-73 p.
- BARAS, E. AND NINDABA, J., 1999. Seasonal and diel utilisation of inshore microhatitats by larvae and juveniles of *Leuciscus cephalus* and *Leuciscus leuciscus*. Enviromental Biology of fishes. 56: 183 – 197.
- BARBOUR, C. D. 1973 a. The systematic and evolution of genus *Chirostoma swaison* (Pisces-Atherinidae), Tulane Stud. Zool. and Bot., U.S.A., 18(3): 97-137.
- 1973 b. A Biogeographical History of *Chirostoma Swaison* (Pisces-Atherinidae). A species flock from the Mexican plateu, COPEIA 3: 533-556.
- BARBOUR C. D. y R. MILLER, 1978. Mexican Cyprinid Fish. Department of Biological Sciens, Wrigtn State University, U. S.A., 72 p.
- BEGON, M., HARPER J. L. AND TOWNSEND, C. R., 1999. Ecology. Individuals, populations and communities. Third edition. Blackwell Science. 1068 p.
- BENSON, B. J. & MAGNUSON, J. J., 1992. Spatial heterogeneity of littoral fish assemblages in lakes: relation to species diversity and habitat structure. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 49, 1493 – 1500.

- BERRIO, T. G. y M. P. SIGNOREZ, 1999. Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad de Xochimilco. México, 81 p.
- BIX, H., 1997. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Wat. Sci. Tech.* Vol. 35, No. 5, 11 – 17 p.
- BONILLA, J. B. Y NOVELO, A. R. 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Cuadernos 26. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. 168 p.
- BOYD C. E. 1978. Chemical composition of wetland plants. En Good, R. E. Whigham, D. F. Y Simms, R. L. (eds) *Freshwater Wetlands*, Academic Press, New York. 155-167 p.
- BROWN, J. S. 1988. Patch use as an indicator of habitat preference, predation risk, and competition. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 22: 37 – 47 p.
- BUXADE, C. C. 1997. Producción animal acuática. Edito. Mundiprensa. 376 p.
- CARPENTER, S. R., KITCHELL, J. F., HODSON, J. R., COCHRAN, P. A., ELSER, J. J., ELSER, M. M., LODGE, D. H., X. & VON ENDE, C. N., 1997. Regulation of lake primary productivity by food web structure. *Ecology* 68: 1863 – 1876.
- CARR, M. H. 1994. Predicting recruitments of temperate reef fishes in response to changes in macrophyte density caused by disturbance. In Stouder, D.J., Fresh, K. L., R.J. (Eds), *Theory and Application in Fish Feeding Ecology*. University of South Carolina Press, Columbia, pp 255-269.
- CASTELLANOS, D. L. ROZAS, L. P. 2001. Nekton use of submerged aquatic vegetation, marsh, and shallow unvegetated bottom in the Atchafalaya River Delta, a Louisiana TIDAL FRESHWATER Ecosystem, *Estuaries*, Vol, 24, no. 2, pp. 184 – 197.
- CHICK, J. H. & MCIVOR, C. C. 1994. Habitat selection by three littoral zone fish: effects of predation pressure, plant density and macrophyte type. *Ecology of Freshwater Fishes* 6, 27-37
- COLWELL, R. K. AND CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B.* 345:101 – 118. United Kingdom, 191.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 2001. Guía para la colecta, manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua. Manual de bioindicadores de la calidad de agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Saneamiento y Calidad de Agua. 191 p.
- CONROW, R., ZALE, A. V. & GREGORY, R. W., 1990. Distribution and abundance of early life stages of fishes in Florida Lake dominated by aquatic macrophytes. *Transactions of the American Fisheries Society*, Vol. 119, pp 521 – 528.

- CORDIVIOLA DE YUAN, E., OLDANI, N., OLIVEROS, O. & PIGNALBERI DE ASAN, 1984. Aspectos limnológicos de ambientes próximos a la ciudad de Santa Fe (Paraná Medio). Poblaciones de peces ligados a la vegetación. *Neotrópica*, 30: 127 – 139.
- CYR, H. & DOWNING, J. A. 1988. The abundance of phytophilous invertebrates on different species of submerged macrophytes. *Freshwater Biology*, 20: 365 – 374.
- DANIEL, W. W., 2002. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa Wiley. 755 p.
- DAVIS, J. C. 1975. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: A Review. *J. Fish. Bd. Can.* 32: 2295 – 2232.
- DAHLBERG, M. D; SHUMWAY, D. L. AND DOUDOROF, P., 1968. Influence of dissolved oxygen and carbon dioxide on swimming performance of largemouth bass and coho Salmon. *J. Fish. Bd. Can.* 25: 49 – 70.
- DALTON A. P. AND NOVELO A. R., 1983. Aquatic and Wetland Plants of the Arnold Arboretum. *Arnoldia*. 43 ( 2): 7-43.
- DEWANGI, A. 1998. Amino Acid composition of leaf proteins extracted From Som. Aquatic Weeds. *J. Agrari. Food, Che.* 41, 1232-1236 p.
- DIBBLE, E. D.; KILLGORE, K. J.; HARREL, S. L., 1996. Assessment of fish-plant interaction. *Amer. Fish. Soc. Symp.* 16, 357-372
- DIONNE, M. & FOLT, C. L. 1991. An experience analysis of macrophytes growth forms as fish foraging habitat. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 48 (1): 123 – 131 JAN.
- DOMÍNGUEZ, H. S. 1999. Contribución al estudio de los peces de la familia Goodeidae de Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de San Nicolás de Hidalgo. Mich. Pp. 194.
- DUGGAN, I., CLAYTON, J., MARK, J., AND ROWE, D., 2002. Claustrophobic fish: how do aquatic plants affect fish that feed on invertebrates. *NIWA .Water & Atmosphere* 10 (1) p.22.
- EHELLE, A. y A. EHELLE 1984. Evolution genetics of a "species flocks" atherinid fishes from the Mesa Central 93-109 A. A. Echelle I. Kornfield Eds. *Evolution of Fish Species Flocks*, Univ. Maine Presss Orono.
- ESCAMILLA, A. L., 1998. Composición química y obtención de concentrados de proteína foliar de plantas acuáticas presentes en los canales de Xochimilco. Tesis UNAM. Fac. Química Alimentos México. D. F. 98 p.
- ESPINOSA, H. P; GASPAR, T. D. y FUENTES, P. M., 1993. Listados faunísticos de México. III Los Peces Dulceacuicolas Mexicanos. Instituto de Biología. UNAM 99 p.

- FRANG, R.; ZHANG, T.; LUI, H.; 1995. Characteristic of fish fauna of Boan Laike an dits fishery utilization. In: Resources, Environment and Fishery Ecological Management of Macrophytic Lakes. Eds: Y. Liang, H. Lui, Science Pres, Beijing, pp. 205-212 In Chinese.
- FENCHEL T., 1977. Aspects of the decomposition of seagrasses In: seagrass Ecosystems. A Scientific Perspective (C. P. Mc Roy & C. Helffer, eds). Mercel Dekker, New York 123- 145 p.
- FERNANADEZ, O. A., MURPHY, K., J., LOPEZ, A. C., SABBATINI, M. R., LAZZARI, M. P. DOMANIEWSKI, J. C. J. & IRIYEN, J. H., 1998. Interrelationships of fish and channel environmental condition with aquatic macrophytes in an Argentine irrigation system. *Hydrobiologia* 380: 15 – 25.
- FRODGE, J.D; THOMAS, GL. AND PAULEY, GB 1990. Effects of canopy formation by floating and submergent aquatic macrophytes on the water quality of two shallow Pacific Northwest lake. *Aquat. Bot.* 38: 231-248.
- FRODGE, J.D; MARINO, D. A; PAULEY, GB AND THOMAS, GL. 1995. Mortality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*), in densely vegetated areas tested using in situ bioassay. *Lake and Reservoir Management*, Vol. 11, No. 4, pp: 343-358.
- GALVIS, S. G., MOXICA, J. T. AND RODRIGUEZ, F. 1989. Estudio ecologico de una laguna de desborde del Río Metica. Orinoquia Colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 164 p.
- GICHUKI, J., DAHDOUH, F., MUGO, J., RABUOR, C. O. TRIEST, L. & DENAIRS, F., 2001. Species inventory and the local uses of the plants and fishes of the lower Sohdu Miriu Wetland of Lake Kenya. *Hidrobiologia* 458: 99 – 106.
- GRANADO, C. L. 1996. Ecología de peces. Seriado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Numero 45. 353 p.
- GRENOUILLET, G, PONT, D. 2001. Juvenile fishes in macrophyte beds: influence of food resources, habitat structure and body size. *Journal of Fish Biology*, Vol. 59, no. 4, pp. 939 – 959.
- GRENOUILLET, G, PONT, D. & SEIP, K. L., 2002. Abundance and species richness as a function of food resources and vegetation structure: juvenile fish assemblages in rivers. *Ecography*. Vol. 25, no. 6, pp. 641 – 650.
- GUZMAN, M. A., ROJAS, J. G. Y VERA, F. H., 1978. Crecimiento y aspectos poblacionales de la lobina negra *Micropterus salmoides* Lacépède, en el lago de Camécuaro Michoacán (Pises: Centrachidae). *Anales del Centro de Ciencias Del Mar y Limnología*. UNAM, 23 p.

- GUTIERREZ, J. Y SÁNCHEZ, F., 1998. Matemáticas Para Las Ciencias Naturales. Aportaciones Matemáticas. Textos II Nivel Medio y Avanzado. Sociedad Matemática Mexicana. 590 p.
- HAIR, J., ANDERSON, R., TATHAM, R., and BLACK, W. 1999. Análisis Multivariante. 5 edición. Prentice Hall. 779 p.
- HOAR, S. W AND RANDALL, D. J. 1978. Fish Physiology. Locomotion. Academic Press. Vol VII. 576 p.
- HOPSON, M. S. and ZIMBA, P. V. 1993. Temporal variation in the biomass of submersed macrophytes in lake Okeechobee, Florida, J. Aquat. Plant. Manage. 31, 78-81 p.
- HOYER, M. V ABS CANFIELD, JR. D. E., 1996. Largemouth Bass abundance and aquatic vegetation in Florida Lakes: An empirical analysis. J. Aquat. Plant. Manage, 34: 23 – 32.
- HUBBS, C. L. y TURNER, 1939. Studies of the Fishes of the order Cyprinodontes. XVI. A Revision of the Goodeidae Misc., Puli. Mus. Zoclo Uni. Mich., U.S.A., 42:1-8.
- JACOBSEN, L., PERROW, M. R., LANDKILDEHUS, F., HJOMRNE, M., LAURIDSEN, T. L. & BERG, S., 1997. Interaction between piscivores, zooplanktivores and zooplankton in submerged macrophytes: preliminary observation from enclosure and pond experiments. Hydrobiologia 342/343: 197 – 205.
- JEAN, J. 1997. Behavioural Ecology Of Teleost Fishes. Department Of Biology. Oxford University Press. Sackville, New. Bronswick. Canada, 384 p.
- JOHANNES, M. R. S., 1993. Prey aggregation is correlated with increased predation pressure in lake fish communities. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50, 66 – 73.
- JORDAN, F., BABBITT, K. J. McIVOR, C., MILLER, S. J., 1996. Spatial ecology of the crayfish *procambarus* Hallen in a Florida etland mosaic. Wetlands, vol. 16. No. 2, pp. 134 – 142. The society of wetland Scientists.
- KADMON, R. 1993. Populations dynamic consequences of habitat heterogeneity: an experimental study. Ecology 74: 816 –825.
- KENNETH, C. D. AND DONAL, M. B., 1998. Comparison fish assemblages associated with native and exotic submerged macrophytes in the Lake Pontchartrain estuary, USA. Journal of Experimental Biology and Ecology, 223: 199-221.
- KIKUCHY T. & PERES J. M. 1977. Consumer ecology of seagrass beds In: Seagrasses ecosystems as scientific perspective (C. P. Mc Roy & C. Helffer, eds). Mercel Dekker, New York: 147-193 p.
- LAMMENS, E. H. R. R. 1989. Causes and consequences of the success of bream in Dutch eutrophic lakes. *Hydrobiological bulletin*, 23,11-18.

- LEDESMA, A. C. L. 1988. Ictiofauna del río Duero, Michoacán, México, Tesis Profesional, U. A. N. L.
- LESLIE, J. K. AND TIMMINS, C. A. 1995. Abundance and apatio-temporal distribution of young-of-the-year fishes in an altered embayment of Lake Huron. *Water Qual. Res. J. Canada*, vol. 30, no. 4, pp. 713-732.
- LEWIS, W. M., 1983. A Revised Classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1779-1787.
- LOERA, P. J. 2004. Relación zooplancton - zooplanctívoros en cuerpos acuáticos de la cuenca del Lerma, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 45 p.
- LOT, H. A. Y NOVELO, A. R., 1978. Laguna de Tecomulco, Hidalgo. Guías botánicas de excursiones en México D. F. Sociedad Botánica de México, A. C. 19 p.
- LOT, A., NOVELO, R. A. Y RAMIREZ, G. P., 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. p 563 – 578 En: Ramamoorthy T. P., Bye, R., Lot, A. y FA, J. 1998. Diversidad biológica de México . orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM, 792 p.
- MACEINA, M. J., CIHRA, M. F., BETSILL, R. K., BETTOLI, P. W., 1992. Limnological changes in a large reservoir following vegetation removal by grass carp. *Journal of Freshwater Ecology*. Vol. 7, no. 9, pp. 81 – 95.
- MADRIGAL, X., 2001. Vegetación acuática del Lago Zirahuén. Michoacán. México. Tesis Profesional de Biología Fac. Biol U. Michoacana De San Nicolás de Hidalgo. 110 p.
- MAGO, F., 1970. Estudios preliminares sobre la ecología de los peces de los llanos de Venezuela. *Act. Biol. Venez.*, 7: 71 – 102.
- MANATUNGE, J., ASACDA, T. & PRYDARSHANA, T., 2000. The influence of structural complexity on fish – zooplankton interactions: A study using Artificial Submerged macrophytes. *Environmental Biology of Fishes*, Vol. 58, no. 4, pp. 425 – 438 (14).
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología* ediciones Omega. Barcelona 1010 p.
- MARSHALL, C. AND LIEBHERR, J. K. Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography*, 27:203-216.
- MEHNER, T. & THIEL, T., 1999. A review of predation impact by of fish on zooplankton in fresh and brackish waters of the temperate northern hemisphere. *Environmental Biology of Fishes*, 56: 169 – 181.
- MESCHIATTI, A. J., ARCIFA, M. S. & FENERICH, N. V., 2000. Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Environmental Biology of Fishes*, 56: 133 – 143.

- MESCHIATTI, A. J. AND ARCIA, M. S., 2002. Early life stages of fish and the relationships with zooplankton in a tropical Brazilian reservoir: Lake Monte Alegre. *Braz. J. Bio.*, 62(1): 41 – 50.
- MESTRE J. E. R. 1995. La cuenca Lerma Chapala. Guadalupe de la Lanza Espino y José Luis Gracia Calderón (compiladores). En *Lagos y presas de México*, 147-153.
- MEYER, M. K. WISCHNATH, L. AND FOERSTER W. 1985. *Lebendgebärende Zierfische Artender Welt*. Mercus. Verlag Fur Natur – Und Heimtlrkunde. Hans A. Baensen. Elle W. Germany. 495 p.
- MILLER, S. E. 1986. Composition and Derivation of the Freshwater Fish Fauna of México, *An. Esc. Biol. Mex.* 30: 121-153.
- M. L. SMITH 1986. Origin and Geography of the Fish fauna central Mexico, pp 491-519 In: *the zoogeography of North American freshwater fisher* C. R. Howtt and E. O. Wiley Interscience, New York.
- MIRANDA M. Y LUNA, V. 2001. Estado del arte y perspectivas de aplicación de los humedales artificiales de flujo horizontal en México. Serie: Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Química. Departamento de Ingeniería Química. 121 p.
- MIRANDA L. E. AND HODGES, K. B., 2000. Role of aquatic vegetation coverage on hypoxia and sunfish abundance in bays of a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 427: 51-57.
- MOORE, B. C., FUNK, W. H. AND ANDERSON, E., 1994. Water quality, fishery, and biologic characteristics in a shallow, eutrophic lakes with dense macrophyte populations. *Aquatic Botany*. Vol. 49, no. 2 – 3, pp. 137 - 148.
- MORENO, C. E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana. 49 p.
- MOSS, B. 1988. *Ecology of fresh watwrs* 2<sup>nd</sup>. Eds. Man and Medium Blackwell Scientific. Oxford.
- MOSS B. 1992. *Ecology of Fresh Waters. Man and Medium*, Second Edition. Blackwell Scientific publications. 417 p.
- MORRIS, D. W. 1988. Habitat - depend population regulation and community structure. *Evolutionary Ecology* 2, 253-269.
- NOVELO, A. R. Y GALLEGOS M., 1988. estudio de la Flora y La vegetación acuática con el sistema de Chiampas en el Sureste del Valle de México. *Biotica/vol.* 13, Num. 1 y 2, 121 –n139 p.
- ODAK, K. T., AND TREER, T., 2000. The research of macrophytes in Croatia. *FAO. Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic See*. 101-109 p.

- OLVERA, V. N.; DIAZ, Z. G.; ROMERO, L. F. Y AGURRE, M., 1989. Biología y ecología del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms. Comisión Nacional del Agua. Control y aprovechamiento del lirio acuático en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de investigación. México D. F.
- PATERSON, M., 1993. The distribution of microcrustacea in the littoral zone of a freshwater lake. *Hydrobiologia*, 263: 173 – 183.
- PETR, T., 1993. Aquatic weeds and fisheries production in Developing regions of the World. *J. Aquatic. Plant Manage.* 31, 5-13 p.
- PETR, T., 2000. Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review. *FAO Fisheries Technical Paper*. NO. 396. Rome, Fao, 185 p.
- PETRY, P, BAYLEY, P. B. y MARKLE, D. F. 2003. Relationship between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal Fish Biology*. Sep, Vol. 63 Issue 3, p547, 33p.
- PRAKASH, V; PANDELY, K. N, and SHARMA, U. P., 1994. Ecology of weed fishes in relation to macrophytes of a tropical wetland, Kawwar Lake (Begusarai) Bihar. *Journal of Freshwater Biology* Vol. 6, no. 2, pp. 151 - 157.
- RANDALL, D. J., & LIN, H., 1993. Effects of water pH on gas and ion transfer across fish gills. In *Ranking, J. C. & F. B. Jensen (Eds), Fish Ecophysiology*. Chapman & Hall, London: 265 – 275.
- RANDALL, RG, MINNIS, CK, CAIRNS, VW AND MOORE, JE, VALERE, B, BACHMANN, RW, JONES, JR, PETERS, RH AND SOBALLE, Dm. 1995. Relationship between submerged macrophytes and fish composition in littoral areas of Severn Sound. *Lake and Reservoir Management*, Vol. 11, No. 2, pp: 182-183.
- RANDALL, R. G., C. K. MINNS, V. W. CAIRNS And J. E. MOORE, 1996. The relationships between an index of fish production and submerged macrophytes and other habitat features at three littoral areas in the Great Lakes. *Can. J. Aquat. Sci.* 53 (Suppl. 1): 35-44.
- REGAN, C. T. 1906-1908. *Biología Americana, Pisces*, Londres, 1-193 pp.
- RICKLEFS R. E. And MILLER, G. L., 1999. *Ecology*. Fourth edition, 882 p.
- ROOM, P. M. AND FERNANDO, I. V. S. 1992. Weed invasions countered by biological control: *Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes* in Sri. Lanka. *Aquat. Bot.* 42: 99 – 107.
- ROZAS, L. P. AND ODUM. 1988. Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes: testing the roles of food and refuge. *Oecologia*. 77: 101 – 106.
- RZEDOWSKI, J., 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, 327-348 p.



- SAVINO, J. & STEIN, A., 1982. Predator-prey interaction between Largemouth Bass and Bluegills as influenced by simulated, submersed vegetation. *Trans. Am. Fish Soc.* 11: 255 – 266.
- SAINT, P., U., 1983. Investigation of respiration of the neotropical fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalimide). The influence of weith and temperature on the routine oxygen consumption. *Amazonia*. Vol. 7. no. 4, pp. 433 – 443.
- SCULTHORPE, C. D. 1985. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Koeltz Scientific Books. 610 p.
- SCHEFFER, M. 1998. *Ecology of shallow lakes*. CHAPMAN & HALL 357 p.
- SCHREK, C. AND MOLYE (eds), 1990. *Methods for fish biology*. American Fisheries Society. USA. 684 p.
- SCHRIVER, P; BOGESTRAND, J; JEPPESEN, and SONDERGAARD, M, 1995. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankt-phytoplakton interactions: Larger scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake. *Journal articule*.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. 1970. Región Hidrológica No. 12 (parcial) Cuenca del Lerma, desde la presa Solis hasta la cortina Poncitlán y laguna de Sayula, Boletín hidrológico No. 51, TOMO I.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS 1981. Cuenca del río Lerma, desde la presa Solis hasta la cortina Poncitlán y laguna de Sayula, Boletín hidrológico No. 51, TOMO VI, México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION y PRESUPUESTO 1985. Síntesis geográfica del Estado de Michoacán, I. N. E. G. I.
- SHANE, A. W., 1999. A phylogenetic analysis of the Goodeidae (Teleostei. Cyprinodontiformes). A Bell & Howel Company In the University of Michigan. 280 p
- SIEGEL, S. AND CASTELLAN, J. 2001. *Estadística No Paramétrica. Aplicada a las ciencias de la Conducta*. Trillas. 2da reimpression, 437 P.
- SOTO, E. G., DIAZ, E., LOPEZ, E. L y LYONS, J., 1981. Fish as indicators of environmental quality in the Rio Lerma Basin, México. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1: 167 – 276.
- STANSFIELD, J. H., PERROW, M. R., TENCH, L. D., JOWITT, A. J. & TAYLOR, A. A., 1997. Submerged macrophytes as refuges for grazing Cladóceras against fish predation: observation on seasonal changes in relation to macrophyte cover and predation pressure. *Hydrobiologia* 342/343: 229 – 240.
- SUAREZ, Y. R., PETRERE, M. J. AND CATELLA, A. C. 2001. Factors determining the structure of fish communities in Pantanal lagoons (MS, Brazil). *Fisheries Management and Ecology*, 8, 173 – 186.

- SUBLETTE, J. E., M. D. HATCH, AND M. SUBLETTE. 1990. The fishes of New Mexico. University of New Mexico Press, Albuquerque, New Mexico.
- TANNER, C. C. CLAYTON, J. S., COFFEY, B. T. 1990. Submerged vegetation changes in lake Rotoria (Hamilton, New Zealand) related to herbicide treatment and invasion by *Egeria densa*. New Zeal. J. Mar. freshwater Res. 24, 45 – 57.
- THAYER G. M., K. A. BJORN DAL, J. C. OGEDEN, S. L. WILLIAMS, J. C. ZIEMAN. 1984. Role of Larger Herbivores in seagrass Communities, *Estuaries*, 7 (4<sup>o</sup>): 351-376 p.
- VENUGOPAL, M. N. & WINFIELD, I. J., 1993. The distribution of juvenile fishes in hypereutrophic ponds: Can macrophytes potentially offer a refuge for zooplankton? *J. Freshwat. Ecol.* 8: 389 – 396.
- WEAVER, M. J., MAGNUSON, J. J. AND CLAYTON M. K., 1997. Habitat heterogeneity and Fish Community Structure: Inferences from North Temperate Lakes. (335 – 346).
- WELCOME, R. L., 1985. River fisheries FAO. Fisheries Technical paper. 262 , 330 p.
- WERNER, E. E. GILLIAM, J. F., HALL, D. J. & MITTELBACH G. G., 1983. An experimental test of the effects of predation risk on habitat use in fish. *Ecology* 64: 1540 – 1548.
- WETZEL, R. 2001. Limnology. Lake And River Ecosystem. Third edition. Academic Press. 1006 p.
- WILEY, MJ; GORDEN, RW; WAITE, SW AND POWLESS, T. 1984. The relationship between aquatic macrophytes and sport fish production in Illinois ponds: A simple model. *North American Journal of Fisheries Management* Vol. 4, No. 1 pp: 11-119.
- WOOTTON, R. J., 1992. Fish Ecology. Champman & Hall. Nueva York, 212 p.
- WYCHERA, U.; ZOUFAL, R. CHISTOF-DIRRY, P and JANAVER, G. A., 1993. Structure and Environmental factors in Macrophytes Stands *J. Aquatic. Plant Manage.* 31,118-122 p.
- XIE, S Y. AND Z LI. 2001. Small fish communities in two regions of the Liangzi Lake, China, with or without submersed macrophytes. *J. Appl. Ichthyol.* 17, 89-92.
- ZAMBRANO L. y C. MARCIAS-GARCIA, 2000. Impact of introduced fish for aqua-culture in Mexican freshwater systems. (pp. 113-124) En: Claudi R y J. H. Leach (eds) *Non-indigenous Freshwater Organisms*. Lewia Publishers, 464 pp.
- ZAR, J. H. 1984. Bioestatistical Analysis. Second edition, Prentice Hall. Inc. Englewood. Cliffs. New Jersey, 781 p.
- ZIMMER, K. D. , HANSON, M, A. AND BUTLER, M. G., 2003. Relationship among, phytoplankton, macrophytes, and fish in prairie Wetlands. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Vol, no. 6, pp. 721 – 730.

## ANEXO A

Parámetros físico – químicos encontrados en los diferentes manantiales.

	Temperatura °C	Oxígeno mg/l	pH Uni.	Salinidad ppm	Conductividad ms/cm	Transparencia m	Nitratos ppm	Amonio ppm	Fosfatos ppm
<b>M. Chapultepec</b>									
Promedio	18.4	6.9	7.2	0.1	0.167	1.96	1.21	0.55	0.48
Mínimo	17.2	2.5	6.6	0.06	0.152	1.2	0.97	0.1	0.24
Máximo	24.7	12.2	8.7	0.18	0.18	3.5	1.49	1.54	0.81
Desviación estándar	2.02	1.96	0.53	0.0065	0.01	1.19	0.245	0.231	0.254
<b>M. Minzita</b>									
Promedio	20.4	7	7.5	0.09	0.188	1.17	1.4	0.27	0.35
Mínimo	19.9	0.38	6.9	0.08	0.167	1.1	1.2	0.18	0.28
Máximo	21	11.4	8	0.1	0.222	1.2	2	0.48	0.4
Desviación estándar	0.35	3.2	0.36	0.008	0.017	0.06	0.399	0.183	0.05
<b>M. San Cristobal</b>									
Promedio	19.8	8.6	7.7	0.147	0.17	0.87	1.37	0.12	0.12
Mínimo	17.9	0	6.9	0	0.09	0.82	1.25	0.02	0.1
Máximo	24.7	12.2	8.7	0.89	0.186	1.46	2.16	0.28	0.27
Desviación estándar	1.9	2.81	0.63	0.222	0.02	0.32	0.5	0.13	0.092
<b>M. Luz</b>									
Promedio	20.5	7.5	7.4	0.11	0.233	2.7	0.77	0.38	0.4
Mínimo	19.2	3.6	6.2	0.08	0.169	2	0.55	0.08	0.23
Máximo	22.9	10	8.4	0.47	0.95	3.8	1.29	0.63	0.64
Desviación estándar	0.94	1.69	0.51	0.079	0.158	0.79	0.347	0.228	0.176
<b>M. Naranja de Tapia</b>									
Promedio	19.4	10.5	8.7	0.21	0.173	0.66	0.33	0.29	0.5
Mínimo	16.9	0	7.2	0.07	0.154	0.37	0.06	0.06	0.09
Máximo	22.4	18.7	9.4	0.8	0.249	0.97	0.6	0.76	0.18
Desviación estándar	1.67	5	0.77	0.281	0.023	0.3	0.319	0.352	0.681
<b>M. Orandino</b>									
Promedio	22.6	11.6	8.2	0.139	0.286	0.58	0.25	0.43	0.63
Mínimo	19.6	0.22	6.1	0.07	0.15	0.22	0.01	0.23	0.09
Máximo	25.2	18	9.4	0.45	0.91	0.8	0.55	0.64	2.05
Desviación estándar	1.86	6	1.1	0.103	0.208	0.26	0.2	0.2	0.44

ANEXO B

Correlaciones entre los diferentes variables de capturas y la captura por unidad de esfuerzo en zonas SVA y CVA: Individuos SVA (Ind SVA), Individuos CVA (Ind. CVA), Gramos SVA (Gr. SVA), Gramos CVA (Gr. CVA), CPUE (Ind/h SVA), CPUE (Ind/h CVA), CPUE (Gr/h SVA) y CPUE (Gr. CVA).

Chapultepec	Ind SVA	Ind CVA	Gr SVA	Gr CVA	Ind/h SVA	Ind/h CVA	Gr/h SVA	Gr/h CVA
Ind SVA	1.00	-0.09	<b>0.86</b>	-0.09	-0.02	-0.11	0.00	-0.10
Ind CVA		1.00	-0.08	<b>0.86</b>	0.22	<b>0.70</b>	0.08	<b>0.61</b>
Gr SVA			1.00	-0.12	0.10	-0.10	0.13	-0.14
Gr CVA				1.00	0.32	<b>0.66</b>	0.27	<b>0.63</b>
Ind/h SVA					1.00	0.46	<b>0.88</b>	0.33
Ind/h CVA						1.00	0.40	<b>0.88</b>
Gr/h SVA							1.00	0.28
Gr/h CVA								1.00
La Luz								
Ind SVA	1.00	-0.12	<b>0.97</b>	-0.06	<b>0.93</b>	-0.12	<b>0.87</b>	-0.04
Ind CVA		1.00	-0.11	<b>0.90</b>	-0.11	<b>0.95</b>	-0.10	<b>0.87</b>
Gr SVA			1.00	-0.03	<b>0.97</b>	-0.11	<b>0.95</b>	-0.01
Gr CVA				1.00	-0.01	<b>0.86</b>	0.00	<b>0.98</b>
Ind/h SVA					1.00	-0.10	<b>0.99</b>	0.01
Ind/h CVA						1.00	-0.09	<b>0.90</b>
Gr/h SVA							1.00	0.03
Gr/h CVA								1.00
Mizita								
Ind SVA	1.00	-0.03	<b>0.87</b>	-0.03	<b>0.98</b>	0.05	<b>0.77</b>	0.04
Ind CVA		1.00	0.04	<b>0.90</b>	-0.01	<b>0.96</b>	-0.04	0.33
Gr SVA			1.00	0.06	<b>0.88</b>	0.15	<b>0.60</b>	-0.04
Gr CVA				1.00	-0.02	<b>0.90</b>	0.08	0.50
Ind/h SVA					1.00	0.10	<b>0.72</b>	-0.03
Ind/h CVA						1.00	0.01	0.31
Gr/h SVA							1.00	0.21
Gr/h CVA								1.00
Naranja de Tapia								
Ind SVA	1.00							
Ind CVA		1.00		<b>1.00</b>		<b>1.00</b>		<b>1.00</b>
Gr SVA			1.00					
Gr CVA				1.00		<b>1.00</b>		<b>1.00</b>
Ind/h SVA					1.00			
Ind/h CVA						1.00		<b>1.00</b>
Gr/h SVA							1.00	
Gr/h CVA								1.00
Orandino								
Ind SVA	1.00	0.42	<b>0.96</b>	0.41	<b>0.98</b>	0.38	<b>0.92</b>	0.38
Ind CVA		1.00	0.47	<b>0.98</b>	0.39	<b>0.97</b>	0.42	<b>0.93</b>
Gr SVA			1.00	0.49	<b>0.97</b>	0.45	<b>0.98</b>	0.47
Gr CVA				1.00	0.40	<b>0.97</b>	0.46	<b>0.97</b>
Ind/h SVA					1.00	0.38	<b>0.97</b>	0.39
Ind/h CVA						1.00	0.43	<b>0.98</b>
Gr/h SVA							1.00	0.46
Gr/h CVA								1.00
San Cristobal								
Ind SVA	1.00	0.06	<b>0.98</b>	0.04	<b>0.96</b>	0.03	<b>0.91</b>	0.01

Ind CVA		1.00	0.00	<b>0.96</b>	-0.05	<b>0.96</b>	-0.09	<b>0.89</b>
Gr SVA			1.00	-0.02	<b>0.98</b>	-0.03	<b>0.97</b>	-0.05
Gr CVA				1.00	-0.05	<b>0.94</b>	-0.10	<b>0.96</b>
Ind/h SVA					1.00	-0.07	<b>0.99</b>	-0.06
Ind/h CVA						1.00	-0.11	<b>0.95</b>
Gr/h SVA							1.00	-0.10
Gr/h CVA								1.00

Todos	Ind SVA	Ind CVA	Gr SVA	Gr CVA	Ind/h SVA	Ind/h CVA	Gr/h SVA	Gr/h CVA
Ind SVA	1.00	0.16	<b>0.94</b>	0.22	<b>0.87</b>	0.14	<b>0.85</b>	0.21
Ind CVA		1.00	0.19	<b>0.91</b>	0.24	<b>0.92</b>	0.23	<b>0.81</b>
Gr SVA			1.00	0.27	<b>0.92</b>	0.15	<b>0.96</b>	0.26
Gr CVA				1.00	0.30	<b>0.83</b>	0.30	<b>0.95</b>
Ind/h SVA					1.00	0.25	<b>0.94</b>	0.29
Ind/h CVA						1.00	0.21	<b>0.82</b>
Gr/h SVA							1.00	0.28
Gr/h CVA								1.00

## ANEXO C

Lista florística con porcentajes de cobertura encontrados en los diferentes manantiales.

ESPECIE	M. Cha		M. La Min		M. San Cri.		M. La Luz.		M. Nar. Tap.		M. Ora.	
	Cob	DS	Cob	DS	Cob	DS	Cob	DS	Cob	DS	Cob	DS
Monocotiledoneas												
Alismataceae												
<i>Sagittaria latifolia</i> Willd	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	-	-	-	-
<i>Sagittaria longiloba</i> Engelm. Torrey	1.50	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sagittaria platyphylla</i> Engelm	4.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Araceae												
<i>Pistia stratiotes</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00
Commelinaceae												
<i>Commelina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	-	-	5.00	0.35
Cyperaceae												
<i>Cyperus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	2.00	0.00	-	-	-	-
<i>Eleocharis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.50	0.00	-	-	-	-
<i>Schoenoplectus americanus</i> Pers Volk	-	-	2.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schoenoplectus</i> aff. <i>Californicus</i> C.A. Mey Saják	39.30	5.07	1.00	0.00	-	-	6.00	2.08	25.90	4.00	15.00	2.50
Hydrocharitaceae												
<i>Egeria densa</i> Caspary Planchon	-	-	29.00	3.89	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hydromystria laevigata</i> Hum. Bonpl. Willd. Hunz.	-	-	5.00	0.71	-	-	-	-	2.00	0.58	-	-
Lemnaceae												
<i>Lemna gibba</i> L.	33.80	16.46	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.20
Poaceae												
<i>Leersia hexandra</i> SW	-	-	-	-	6.90	3.33	2.00	0.30	-	-	-	-
<i>Panicum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	-	-	-	-
<i>Phragmites australis</i> Cav	-	-	6.00	4.55	-	-	3.00	2.36	-	-	6.00	1.73
Pontederiaceae												
<i>Eichhornia crassipes</i> Mart. Solms	-	-	16.00	17.15	-	-	11.00	3.61	5.00	2.83	-	-
<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz, López,Pavon	-	-	-	-	-	-	2.00	0.00	2.00	0.37	-	-
Familia Potamogetonaceae												
<i>Potamogeton illinoensis</i> Morong	4.50	4.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Typhaceae												
<i>Typha latifolia</i> L.	-	-	-	-	-	-	8.00	2.40	-	-	-	-
Dicotiledóneas												
Apiaceae												
<i>Berula erecta</i> Huds. Coville	1.50	0.71	4.50	0.71	-	-	2.50	0.71	4.00	0.71	-	-
<i>Hydrocotyle</i> aff. <i>Umbellata</i> L.	1.00	0.00	-	-	-	-	2.00	0.30	-	-	1.50	0.71
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f	-	-	3.00	2.12	-	-	3.00	0.71	6.00	1.41	-	-
Asteraceae												
<i>Bidens laevis</i> L. Britton Sterns & Pogenburg	-	-	1.00	0.00	-	-	-	-	1.00	0.00	-	-
Ceratophyllaceae												
<i>Ceratophyllum demersum</i>	-	-	4.00	2.83	-	-	-	-	-	-	-	-
Cruciferae												

<i>Rorippa Nasturtium-aquaticum</i> L. Hayer	2.50	2.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nymphaeaceae												
<i>Nymphaea mexicana</i> Zucc	-	-	14.00	23.89	-	-	-	-	-	-	-	-
Onagraceae												
<i>Ludwigia</i> sp.	-	-	3.00	0.58	0.30	0.00	2.00	0.12	-	-	1.00	0.00
Polygonaceae												
<i>Polygonum</i> sp.	-	-	1.00	0.00	0.30	0.00	2.00	0.12	-	-	-	-
<i>Rumex</i> sp.	-	-	-	-	0.50	0.00	-	-	-	-	-	-
Scrophulariaceae												
<i>Mimulus glabratus</i> Kunth	-	-	1.00	0.00	-	-	3.00	0.00	-	-	-	-

## ANEXO D

Variables biológicas encontradas en los diferentes manantiales

Manantial	CAPTURA				CPUE				Especies		Longitudes	
	Num		gr		Ind/h		Gr/h		Número		Tota. mm	
	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA
<b>M. Chapultepec</b>												
Promedio	9.7	25.9	11.7	33.1	3.2	10.2	4	13	1.4	2.4	44.9	43.3
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	21
Máximo	78	115	74.4	98.5	21.5	44.1	28.1	33.5	3	4	110	99
Desviación estándar	18.8	25.7	20	26.7	5.8	9.9	6.7	10	1.5	0.8	10.6	10.4
<b>M. Minzita</b>												
Promedio	9.9	16.5	14.2	22.5	3.2	5.7	2.6	3.9	1.5	2.4	44.3	42.5
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	12
Máximo	67	56	82.2	98.7	15.6	26.6	23.4	25.5	6	6	109	126
Desviación estándar	13.6	13.9	21.4	23.6	3.9	5.3	4.8	5.9	1.5	1.1	14.6	12
<b>M. San Cristóbal</b>												
Promedio	35.2	52.9	101	126	12.2	17.5	35.8	41.9	1.9	2.3	54.2	48.9
Mínimo	0	1	0	0.3	0	0.43	0	0.14	0	1	30	18
Máximo	116	232	378	498	47.5	65.1	158	137	4	5	95	140
Desviación estándar	36.3	58.8	106	132	12.6	17.5	39	41.6	1.2	1.2	9.9	14.7
<b>M. Luz</b>												
Promedio	2.2	4.8	15.7	24.5	0.96	2	7.2	10.2	0.53	1	79.5	64.2
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	20
Máximo	30	54	238	245	18.1	23.5	149	107	5	6	145	150
Desviación estándar	7.3	12	51.9	55.7	3.5	5.1	27.7	23.8	1.2	1.5	25.6	23.6
<b>M. Naranja de Tapia</b>												
Promedio	0	1.14	0	1.5	0	0.68	0	0.71	0	0.21	-	39.8
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	19
Máximo	0	40	0	41.3	0	20	0	20.7	0	5	-	60
Desviación estándar	0	7.4	0	7.6	0	3.6	0	3.7	0	0.94	-	9.9
<b>M. Orandino</b>												
Promedio	4.7	8	15.4	32.8	1.6	2.9	5.6	12.4	1.1	1.8	64.9	64
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	18
Máximo	26	28	97.7	132	9.1	13.3	41	62.6	4	6	109	180
Desviación estándar	6.6	8.8	25.6	37.1	2.3	3.4	9.5	15.2	1	1.5	1.4	1.4



## ANEXO E

Número de peces totales capturados en las diferentes manantiales.

ESPECIE	M. Cha		M. La Min		M. San Cri.		M. La Luz.		M. Nar. Tap.		M. Ora.	
	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA	SVA	CVA
Familia Cichlidae												
<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Familia Centrarchidae												
<i>Micropterus salmoides</i>												
Lacepede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Familia Cyprinidae												
<i>Notropis calientis</i> Jordan y Zinder												
	-	1	19	108	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Yuriria alta</i> Jordan				6	-	-	-	-	-	-	-	-
Familia Goodeidae												
<i>Alloophorus robustus</i> Bean												
	-	1	3	4	12	15	10	8	-	-	2	13
<i>Allotoca diazi</i> Meek	56	294	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chapalichthys encaustus</i>												
Jordan & Zinder	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	94	114
<i>Goodea atripinnis</i> Jordan	15	78	7	8	1	2	4	13	-	3	3	
<i>Skiffia lermæ</i> Meek	236	557	77	219	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skiffia multipunctatus</i> Pellegrin	-	-	-	-	-	-	18	37	-	-	4	10
<i>Xenotoca variata</i> Bean	-	-	15	16	19	36	-	-	-	-	15	24
<i>Zoogonecticus quitzeoensis</i>												
Bean	-	-	248	225	11	20	2	20	-	12	53	69
Familia Poeciliidae												
<i>Poecelia mexicana</i>												
Steindachner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Poeciliopsis infans</i> Woolman	-	1	7	12	26	109		26	-	11	-	10
<i>Xiphophorus helleri</i> Heckel	-	-	2	1	-	-	44	61	-	19	4	11
<i>Xiphophorus maculatus</i>												
Günther	-	-	-	-	955	1261	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>307</b>	<b>932</b>	<b>378</b>	<b>599</b>	<b>1024</b>	<b>1447</b>	<b>86</b>	<b>196</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>175</b>	<b>258</b>

ANEXO F

Longitudes totales encontradas en las diferentes especies de peces en los manantiales.

ESPECIE	M. Chapultepec				M. La Minzita				M. San Critobal				M. La Luz				M. N. de Tapia				M. Orandino			
	SVA		CVA		SVA		CVA		SVA		CVA		SVA		CVA		SVA		CVA		SVA		CVA	
	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS	Pro	DS
<i>Allotoca diazi</i>	45.4	8.91	44.9	9.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Goodea atripinnis</i>	64.7	15	62.5	9.76	56.4	23.3	64.5	27.4	60	0	82	7.01	122	24	98.3	41.7	-	-	49	0	77	1.41	-	-
<i>Skiffia lermæ</i>	41.3	6.33	38.9	6.96	45.1	5.75	45.6	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Allophorus robustus</i>	-	-	-	-	98.6	4.04	98.7	28.3	94.1	12.8	96.5	26.5	114	24.5	109	12.3	-	-	-	-	76.5	26.2	83.6	30.8
<i>Chapalictyus encaustus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	10.5	80.3	11.1	-	-	-	-	66	14.5	65.1	10.2
<i>Skiffia multipunctata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.4	10	58.9	10.7	-	-	-	-	45.7	7.54	56.3	9.5
<i>Xenotoca variata</i>	-	-	-	-	42.2	10.7	40.1	9.25	62.1	10.3	64.5	11.7	-	-	-	-	-	-	-	-	57.2	13.6	64	14.6
<i>Zoogonotis quitzeoensis</i>	-	-	-	-	40.3	11.9	38.9	10.2	47	6.33	49.5	2.87	39	19.8	37.8	9.8	-	-	40	0	64.7	10.6	64.2	9.06
<i>Neotropis calientis</i>	-	-	-	-	37	5.7	40	6.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Poeciliopsis infans</i>	-	-	-	-	45.1	7.9	38.1	8.86	40.4	6.96	39.2	9.39	-	-	38.5	5.56	-	-	42.5	0.7	41.1	7.51	-	-
<i>Xiphophorus elleri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.4	16.8	67.5	10.9	-	-	38.6	121	63	13.3	59.2	5.9
<i>Xiphophorus maculatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	53.6	5.68	50.1	8.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oreocromis niloticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.5	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micropterus salmoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	0	-	-	-	-

## ANEXO G

Resultados de las variables físico-químicas para los manantiales muestreados.

### G.1. Manantial Chapultepec

En este manantial los valores en la columna de agua de temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad fueron constantes en los tres primeros muestreos (septiembre, diciembre y marzo respectivamente), pero hubo diferencia significativa con el último muestreo realizada en junio. Pues se presentó una termoclina (con una variación de 5.7 °C). En el resto de los muestreos, sólo se presentó una temperatura ligeramente mayor entre la superficie y 0.5 m de profundidad (Figura 4a y ANEXO A). En los cuatro muestreos los valores de oxígeno en la mayor parte de la columna de agua fueron altos (> 6 mg/l), excepto el de diciembre, que a profundidades de más de 3 m (cerca del fondo) presentaron los valores más bajos (< 3 mg/l). No se observó una oxiclina en ningún momento (Figura 4b y ANEXO A). El pH en la columna de agua para los cuatro muestreos va de neutro a ligeramente alcalino (Figura 4c y ANEXO A). Este manantial presentó el promedio más bajo de salinidad en comparación con los otros cuerpos de agua, catalogándose como sistema de agua dulce (Figura 2a y ANEXO A). Los valores de conductividad fueron muy bajos (< 0.18 ms/cm), indicando que la cantidad de iones disueltos es realmente baja, presentándose una conductividad constante en la columna de agua en los cuatro muestreos; sin embargo, hay diferencia significativa entre casi todas las salidas (Figura 2b y ANEXO A). Por otra parte las transparencias encontradas en el agua fueron altas (> 1.2 m, Figura 2c y ANEXO A). Los valores de nitratos y amonio promedio (Figura 3a, 3b y ANEXO A) indican que son cuerpos de agua eutróficos al igual que para los valores de fosfatos (Figura 3c y ANEXO A).

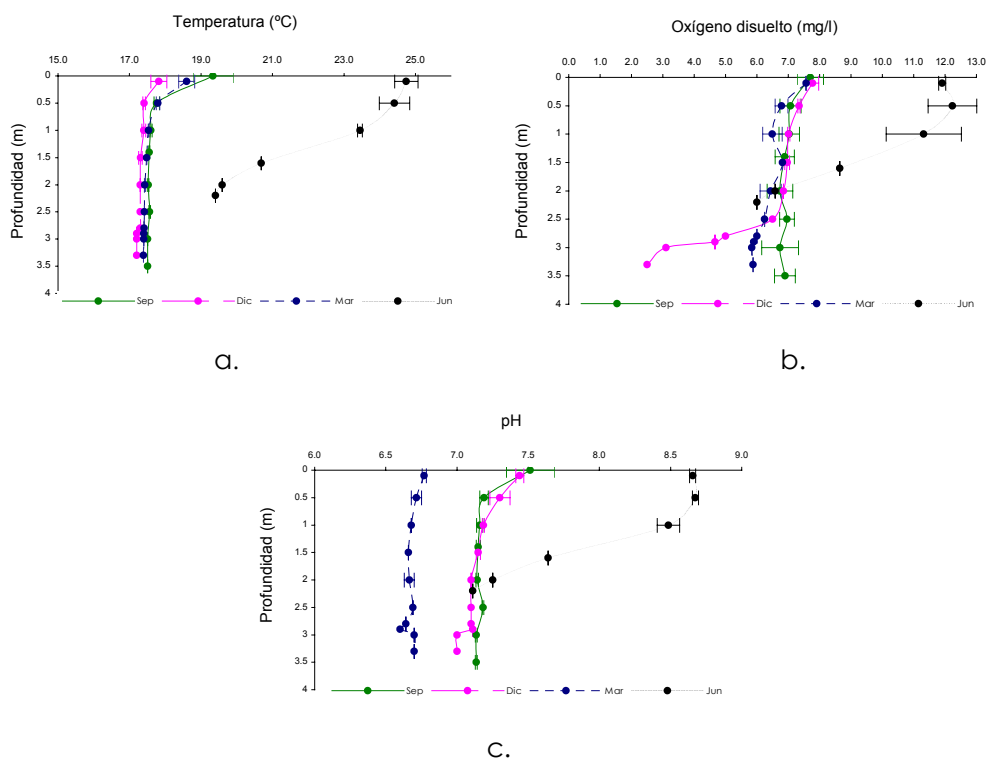


Figura G.1. Manantial Chapultepec (Mich). a. Temperatura (°C) b. Oxígeno disuelto (mg/l) y c. pH (Un) encontrados a diferentes profundidades. Primer muestreo (Sep, 2002), segundo muestreo (Dic, 2002), tercer muestreo (Mar, 2003) y cuarto muestreo (Jun, 2003). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

### G.2. Manantial La Minzita

A diferencia de Chapultepec, en este manantial las condiciones fueron más estables en las temporadas, no habiendo diferencia significativas para la temperatura, oxígeno disuelto y pH.

Tampoco se presentó termoclina, (Figura 5a y ANEXO A). Los valores de oxígeno fueron altos ( $> 5.5$  mg/l) en la mayor parte de la columna de agua hasta 1 m de profundidad. A partir de este nivel y cerca del fondo dicho parámetro disminuyó llegando a casi cero (Figura 5b y ANEXO A). Con respecto al pH, este se encontró entre valores neutros y ligeramente alcalinos, disminuyendo gradualmente con respecto a la profundidad (Figura 5c y ANEXO A). La salinidad fue baja ( $< 0.1$  mg/l) y uniforme en la columna de agua durante todos los muestreos, pero hubo diferencia significativa entre ellos (Figura 2a y ANEXO A); lo mismo ocurrió con la conductividad ( $< 0.222$  ms/cm) (Figura 2b y ANEXO A). La transparencia fue alta en todos los casos ( $> 1.1$  fondo, Figura 2c y ANEXO A). De acuerdo a las concentraciones promedio de nitratos, amonio y fosfatos, es un cuerpo de agua en estado mesotrófico (Figura 3a, 3b, 3c y ANEXO A ).

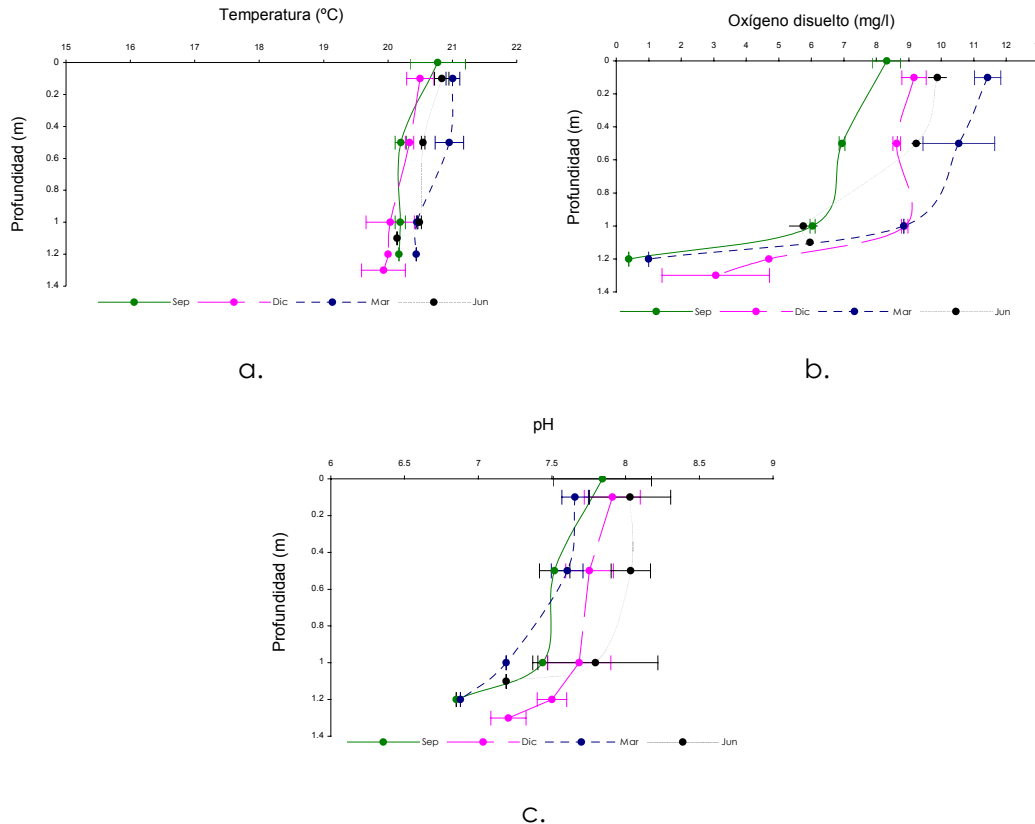


Figura 5. Manantial La Minzita (Mich). a. Temperaturas (°C) b. Oxígeno disuelto (mg/l) y c. pH (Un) encontrados a diferentes profundidades. Primer muestreo (Sep, 2002), segundo muestreo (Dic, 2002), tercer muestreo (Mar, 2003) y cuarto muestreo (Jun, 2003). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

### G.3. Manantial San Cristóbal

En este manantial la mayor variación de valores se obtuvo en el muestreo realizado en junio; en particular lo que respecta a la temperatura, oxígeno disuelto y pH. La temperatura en la columna de agua presentó la máxima variación de (5.5 °C) en marzo y junio. Se puede decir que hay una estratificación, especialmente en junio (Figura 6a y ANEXO A). Los valores de oxígeno disuelto en la mayoría de los muestreos fueron altos ( $> 5.5$  mg/l) en toda la columna de agua, pero para el segundo muestreo a partir del metro y medio de profundidad comenzó a disminuir para llegar a valores de cero cerca del fondo (Figura 6b y ANEXO A). El pH se encontró entre neutro a ligeramente alcalino. Este parámetro fue constante en la columna de agua en diciembre y marzo, pero en junio varió disminuyendo a mediada que aumentaba la profundidad. Obteniéndose diferencias significativas entre los valores obtenidos en diciembre con los demás muestreos (Figura 6c y ANEXO A). Ni la salinidad ni la conductividad variaron en la columna de agua en los diferentes muestreos,

presentando siempre valores bajos ( $< 0.89 \text{ mg/l}$  y  $< 0.186 \text{ mc/cm}$ , Figura 2a, 2b y ANEXO A). Los valores de transparencia fueron intermedios (0.82 a 1.46 m) en comparación con los otros cuerpos de agua (Figura 2c y ANEXO A). Los valores promedio de nitratos y amonio encontrados en este cuerpo de agua, corresponden a un estado hipereutrófico, mientras que los de fosfatos son propios de un sistema meso – eutrófico (Figura 3a, 3b, 3c y ANEXO A).

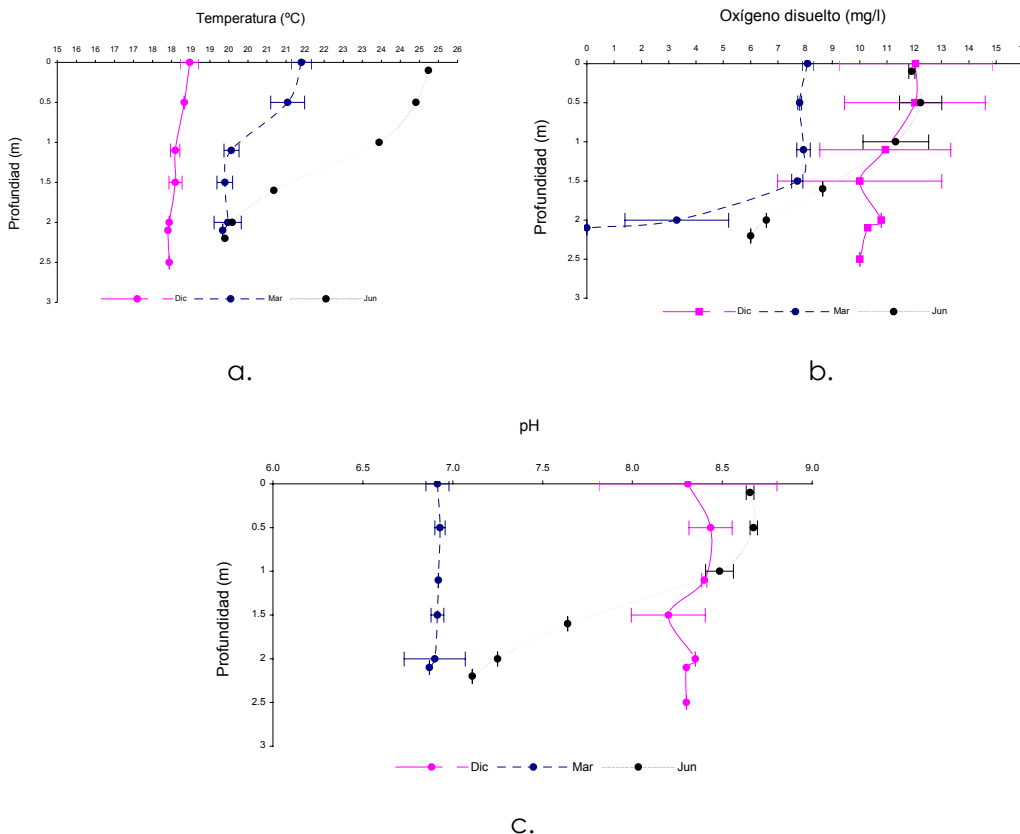


Figura 6. a. Temperaturas (°C) b. Oxígeno disuelto (mg/l) y c. pH (Un) encontrados a diferentes profundidades en el Manantial San Cristóbal (Mich). Primer muestreo (Sep, 2002), segundo muestreo (Dic, 2002), tercer muestreo (Mar, 2003) y cuarto muestreo (Jun, 2003). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

#### G.4. Manantial La Luz

En general, la mayor variación en la columna de agua se observó en septiembre, principalmente en la temperatura, oxígeno disuelto y pH. Los valores de temperatura fueron ligeramente mayores en la superficie, pero no se presenta una termoclina (Figura 7a y ANEXO A). Sin embargo, hubo diferencia significativa entre todos los muestreos. Los valores de oxígeno disuelto fueron altos ( $> 5 \text{ mg/l}$ ) en la mayor parte de la columna de agua para todos los muestreos (hasta los dos metros de profundidad), sólo se presentó diferencia significativa entre los valores obtenidos en diciembre y junio (Figura 7b y ANEXO A). El pH fue de neutro a ligeramente alcalino, en la mayoría de los casos uniforme en la columna de agua, excepto para diciembre, con una variación máxima de 2.2 Un (Figura 7c y ANEXO A). No se obtuvo diferencia significativa del pH entre los muestreos. Los valores de salinidad y conductividad fueron bajos ( $< 0.47 \text{ mg/l}$  y  $0.95 \text{ ms/cm}$ ), no variando en la columna de agua entre los muestreos realizados, encontrándose el valor más alto cerca del fondo. No se presentó una diferencia significativa entre los muestreos para estos dos parámetros (Figura 2a, 2b y ANEXO A). Con relación a la transparencia, a este manantial correspondieron los valores más altos ( $> 2 \text{ m}$ ), en comparación con el resto de los manantiales (Figura 2c y ANEXO A). De acuerdo a los valores de

nitratos y amonio es un cuerpo de agua eutrófico y por los valores de fosfatos se trata de un sistema Meso – eutrófico (Figura 3a, 3b, 3c y ANEXO A).

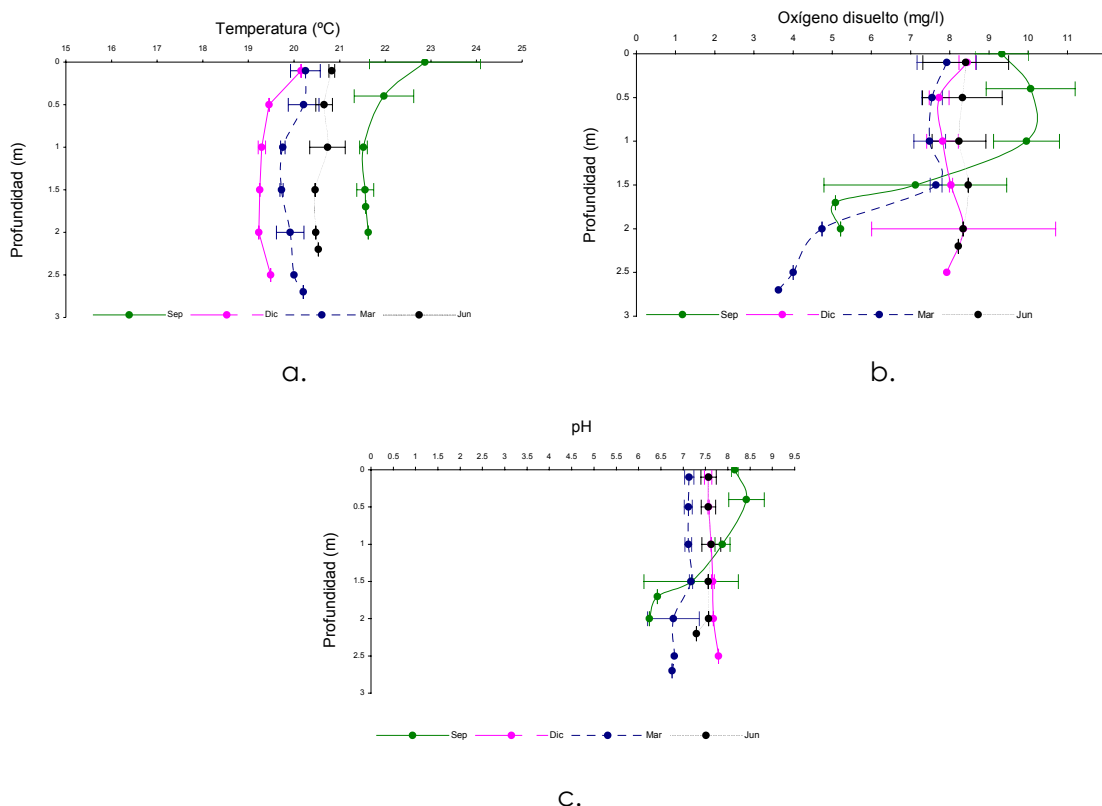


Figura 7. Manantial La Luz (Mich). a. Temperaturas (°C) b. Oxígeno disuelto (mg/l) y c. pH (Un) encontrados a diferentes profundidades. Primer muestreo (Sep, 2002), segundo muestreo (Dic, 2002), tercer muestreo (Mar, 2003) y cuarto muestreo (Jun, 2003). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

### G.5. Manantial Naranja de Tapia

La mayoría de los parámetros fueron estables en la columna de agua, excepto el oxígeno disuelto. No hay evidencia de termoclina, aunque la temperatura en la superficie es ligeramente mayor. Los menores valores se presentan en diciembre y los más altos en junio, presentándose una diferencia significativa entre las dos (Figura 8a y ANEXO A). Las concentraciones de oxígeno fueron altas (> 5 mg/l) en la mayor parte de la columna de agua (hasta 0.8 m) y los más bajas (< 2 mg/l) se encontraron cercanas al fondo. En marzo se presentaron los valores más bajos con relación a los otros dos muestreos, pero no hubo diferencia significativa entre estas (Figura 8b y ANEXO A). Los valores de pH estuvieron entre neutros a ligeramente alcalinos, siendo similares en la columna de agua para los tres muestreos (Figura 8c y ANEXO A). En este cuerpo de agua el promedio de salinidad fue el más alto (0.21 mg/l) en comparación con los otros manantiales, pero sigue siendo catalogado como un cuerpo dulceacuícola; estos valores fueron constantes en la columna de agua. Aunque, hubo diferencia significativa entre los valores obtenidos en diciembre y los valores de los otros muestreos (Figura 2a y ANEXO A). La conductividad fue baja (< 0.249 ms/cm) y no hay variación en la columna de agua, pero existió diferencia significativa entre los valores obtenidos en junio con respecto a los otros muestreos (Figura 2b y ANEXO A). Los valores de transparencia fueron de los más bajos (< 0.97) cuando se compararon con los de otros manantiales (Figura 2c y ANEXO A). Los valores promedio de nitratos y fosfatos en este cuerpo de agua, indican que corresponden a un sistema oligo - mesotrófico y eutrófico respectivamente (Figura 3a, 3b, 3c y ANEXO A).

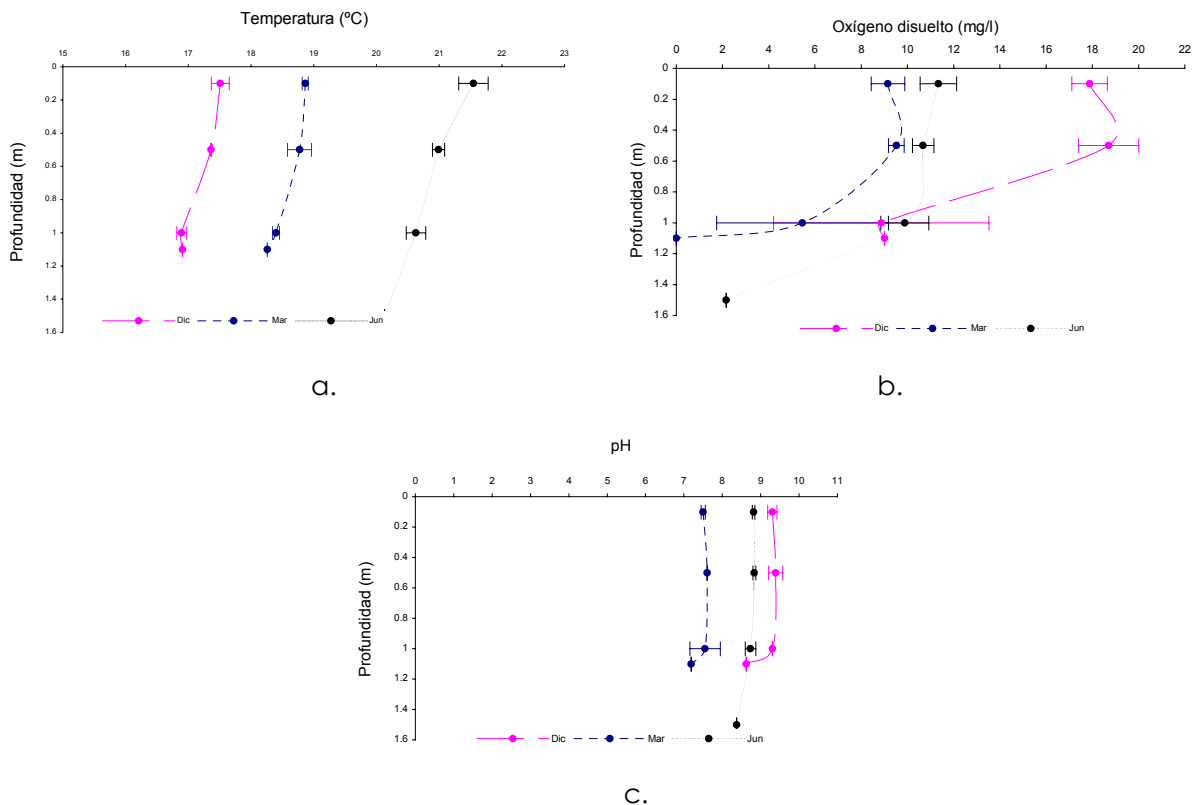


Figura 8. Manantial Naranja de Tapia (Mich). a. Temperaturas (°C) b. Oxígeno disuelto (mg/l) y c. pH (Un) encontrados a diferentes profundidades. Primer muestreo (Sep, 2002), segundo muestreo (Dic, 2002), tercer muestreo (Mar, 2003) y cuarto muestreo (Jun, 2003). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

### G.6. Manantial Orandino

Los valores de temperatura superficial de septiembre y junio fueron los más altos, pero no hubo una termoclina. Para el segundo muestreo (diciembre) se presentaron los valores más bajos, presentándose diferencia significativa entre el segundo y tercer muestreo con respecto a los demás (Figura 9a y ANEXO A); los valores de oxígeno disuelto, en el primer metro de profundidad fueron altos (> 9 mg/l) en los cuatro muestreos. Disminuyeron paulatinamente hasta que en el fondo llegan a ser de casi cero. No se presentó diferencia significativa para los valores de oxígeno disuelto entre los cuatro muestreos (Figura 9b y ANEXO A). En este manantial los mayores valores de pH oscilaron entre neutro a básico, siendo más altos (> 8 Un) en la superficie (0 a 1 m), para luego disminuir; no se presentó diferencia significativa entre los muestreos (Figura 9c y ANEXO A). Los valores de salinidad no cambiaron en la columna de agua para los cuatro muestreos realizados y por tanto no hubo diferencia significativa entre ellos (Figura 2a y ANEXO A). Este manantial presentó el promedio más alto de conductividad de todos los manantiales, pero aun así son valores bajos. Hubo diferencia significativa entre los valores de conductividad obtenidos en septiembre y marzo con las demás salidas (Figura 2b y ANEXO A). Los valores de transparencia fueron los más bajos (< 0.8 m) en comparación con los otros manantiales (Figura 2c y ANEXO A). Los valores de nitratos y amonio, según Wetzel (2000), estarían en estado oligo – mesotrófico, y para el fósforo en estado eutrófico, siendo el promedio más alto encontrado para los manantiales muestreados (Figura 3a, 3b, 3c y ANEXO A).

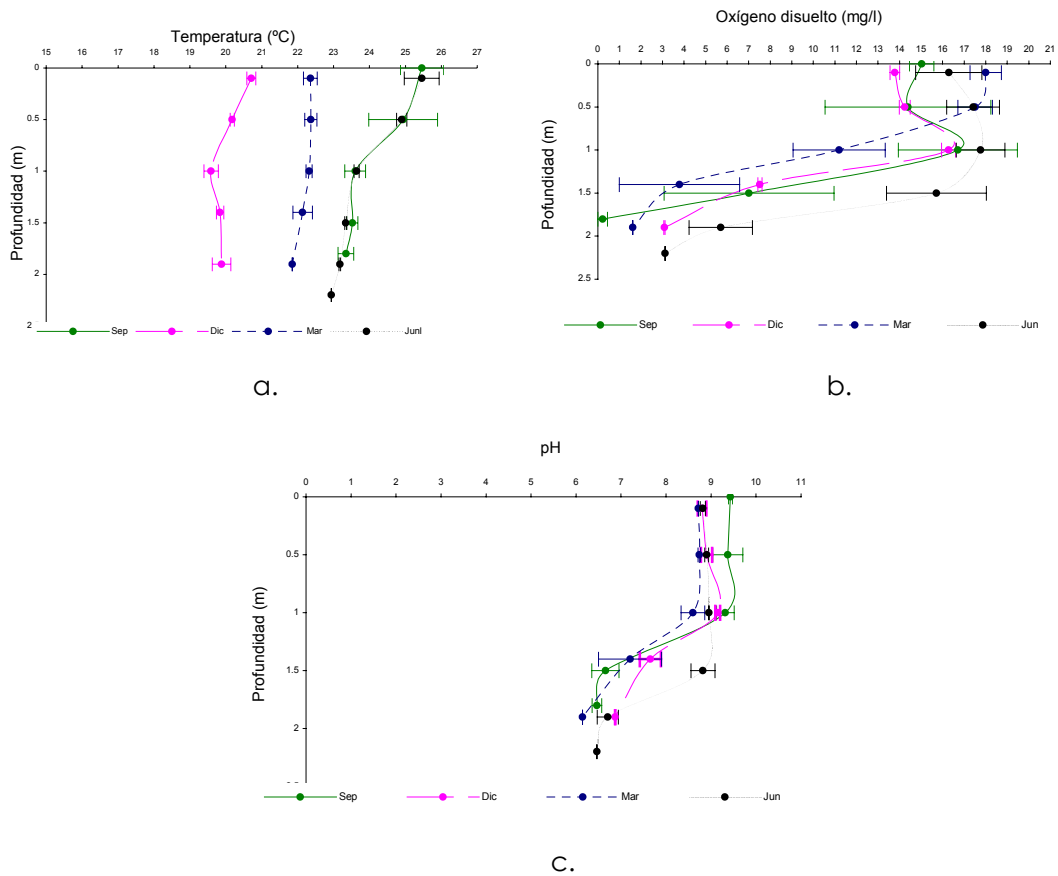
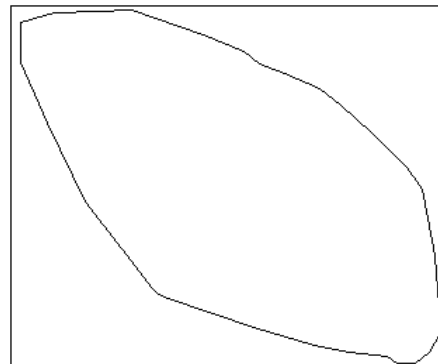


Figura 9. Manantial Orandino (Mich). a. Temperaturas (°C) b. Oxígeno disuelto (mg/l) y c. pH (Un) encontrados a diferentes profundidades. Primer muestreo (Sep, 2002), segundo muestreo (Dic, 2002), tercer muestreo (Mar, 2003) y cuarto muestreo (Jun, 2003). Se presentan valores promedio y desviación estándar.

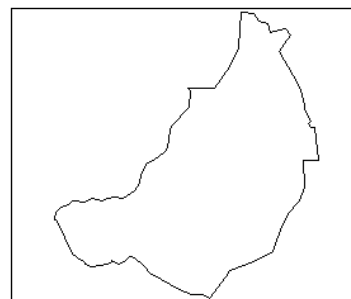


ANEXO H  
Manantiales muestreados (Fotos del autor).

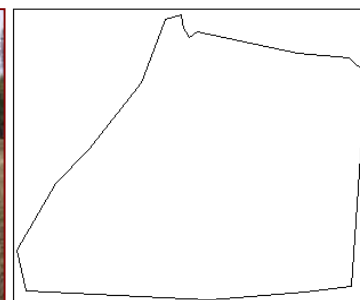
M. Chapultepec



M. La Mintzita

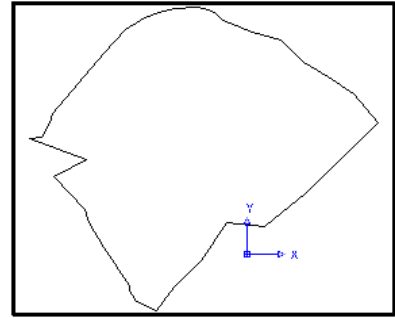


M. San Cristóbal.

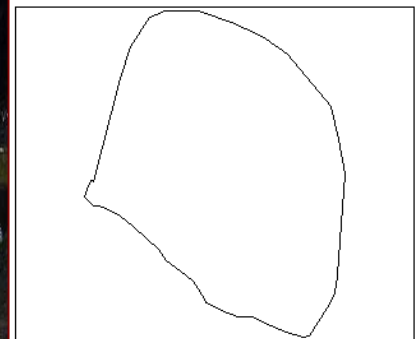


M. La Luz





M. Orandino.



ANEXO I.  
Peces colectados (Fotos del autor).



*Skiffia lermae*



*Skiffia multipunctata*



*Allotoca diazi*



*Zoogonecticus quitzeoensis*



*Goodea atripinnis*



*Chapalichthys encaustus*



*Xiphophorus maculatus*



*Poecilia mexicana*



*Xiphophorus helleri*



*Notropis calientis*



*Allophorus robustus*

ANEXO J.  
Plantas acuáticas colectadas (Fotos del autor)



*Egeria densa*



*Leersia hexandra*



*Eichhornia crassipes*



*Nymphaea mexicana*



*Typha latifolia*



*Sagittaria latifolia*



*Phragmites australis*



*Pistia striatiotes*



*Schoenoplectus aff. californicus*



*Hydrocotyle ranunculoides*



*Lemna gibba*



*Heteranthera reniformis*



*Hydromystria laevigata*