



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL**

**“DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LA ICTIOFAUNA  
DEL LAGO LA ALBERCA, VILLAMAR, MICHOACÁN”**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN  
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

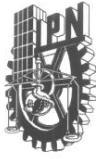
**PRESENTA:  
HÉCTOR RENÉ BUELNA OSBEN**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M. C. CARLOS ESCALERA GALLARDO**

**CODIRECTOR DE TESIS:  
DR. RODRIGO MONCAYO ESTRADA**

**JIQUILPAN, MICH.**

**AGOSTO 2012**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de Jiquilpan, Mich. siendo las 10:00 horas del día 6 del mes de julio del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-MICH. para examinar la tesis titulada:

Distribución y abundancia de la ictiofauna del Lago la Alberca, Villamar, Michoacán.

Presentada por el alumno:

<b>BUELNA</b> Apellido paterno	<b>OSBEN</b> Apellido materno	<b>HÉCTOR RENÉ</b> Nombre(s)
Con registro:		
B	0	6 1 8 9 6

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISIÓN REVISORA**

**Directores de tesis**

M.C. CARLOS ESCALERA GALLARDO

DR. RODRIGO MONCAYO ESTRADA

DR. JOSÉ LUIS MONTAÑEZ SOTO

DRA. DIOSELINA ALVAREZ BERNAL

DR. CONRADO GONZÁLEZ VERA

M.C. JUAN MANUEL CATALÁN ROMERO

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**

DR. GUILLERMO HERRERA ARREOLA





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

***CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS***

En la Ciudad de Jiquilpan, Mich. el día 4 del mes agosto del año 2012, el (la) que suscribe Héctor René Buelna Osben alumno (a) del Programa Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable con número de registro B061896, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de M.C. Carlos Escalera Gallardo y Dr. Rodrigo Moncayo Estrada y cede los derechos del trabajo intitulado "Distribución y abundancia de la ictiofauna del Lago La Alberca, Villamar, Mich.", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección hrbuelna@hotmail.com , cescalera@ipn.mx , rmoncayo@hotmail.com . Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

HÉCTOR RENÉ BUELNA OSBEN

## **Dedicatoria**

Este trabajo esta dedicado primeramente a mis padres

**Francisco Buelna Vázquez (†) y**

**Hermenegilda Osben Valenzuela (†),**

por haberme hecho depositario y obra de sus esfuerzos, conocimientos, sueños, ilusiones, amor y sensibilidad.

A mis hermanos:

**José Francisco,**

**María Hermenegilda,**

**Rosario Amelia,**

**Federico Alberto,**

**Rubén Alfredo,**

**Miguel Ángel y**

**Luz María**

por ser mis primeros amigos, compañeros y maestros en este hermoso viaje que es la vida.

Y también, con todo mi ser, este va para mis tres grandes amores, mis hijos:

**Marina Tahití,**

**Héctor René y**

**Norman Emmanuel**

por ser la fuente de mi inspiración, alegrías y de las ganas de seguir adelante.

Deseando que se les cumplan sus aspiraciones, sueños e ilusiones, y que la felicidad sea el sol que ilumine sus derroteros.

## **Agradecimientos**

Al Instituto Politécnico Nacional, mi *Alma Mater*.

Al CIIDIR-IPN-Michoacán, a todo su personal por su apoyo al desarrollo de este trabajo y por su valiosa amistad.

A los profesores de la Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable, por sus conocimientos que ayudaron a mi formación académica.

A mi Director de tesis M.C. Carlos Escalera Gallardo que con sus conocimientos, consejos y empuje coadyuvó en la realización de este ejercicio académico.

A mi Codirector de tesis Dr. Rodrigo Moncayo Estrada por su gran apoyo en el desarrollo del análisis estadístico de los datos, por sus comentarios, sugerencias y correcciones al presente trabajo que permitieron llevar a buen término su finalización.

A La Comisión Revisora del trabajo de tesis: Dr. Rodrigo Moncayo Estrada, M.C. Carlos Escalera Gallardo, Dr. José Luis Montañez Soto, Dra. Dioselina Álvarez Bernal, Dr. Conrado González Vera y M.C. Juan Manuel Catalán Romero, por sus oportunas y atinadas sugerencias y correcciones durante el desarrollo del presente trabajo.

A Angélica Lúa Ceja, por su apoyo incondicional y compañía en los momentos felices y aciagos.

A Don J. Jesús Morales Castellanos y a Don Antonio Gómez Aviña por su ayuda incondicional en el trabajo de campo y laboratorio, por la aportación de sus conocimientos prácticos y por su alegre amistad.

Al Dr. Salvador Becerra Muñoz y a la M.C. Rosario Munguía Mazariegos por el apoyo prestado en la realización de este trabajo.

A todos mis amigos, en especial al Maestro Conrado González Leyva por su cálida amistad y sabiduría; al M.C. Alfredo Puente Palazuelos, por su amistad.

Al Dr. Guillermo Herrera Arreola Director del CIIDIR-IPN-Michoacán por su amistad y por su apoyo decidido para que se llevase a buen termino la obtención de este grado académico, objetivo intrínseco del presente trabajo.

# Contenido

Relación de figuras.....	ii
Relación de Tablas.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. Antecedentes.....	4
4. Materiales y métodos.....	9
4.1. Descripción del área de estudio.....	9
4.2. Muestreo, procesamiento de muestras y análisis de la información.....	11
4.2.1 Muestreo.....	11
4.2.2 Procesamiento de las muestras.....	12
4.2.3. Análisis de la información.....	13
5. Resultados.....	15
5.1. Composición.....	15
5.2.1. Muestreo mensual de noviembre de 2001 a octubre de 2002.....	20
5.2.2. Muestreo estacional noviembre de 2007 a julio de 2008:.....	27
5.3. Relación peso – longitud de los peces.....	37
5.4. Índice del valor de importancia (I.V.I.).....	44
5.5. Análisis multivariados.....	45
5.6. Calidad del agua.....	55
6. Discusión.....	67
6.1. Composición.....	67
6.2. Abundancia.....	68
6.3. Longitud-peso y frecuencia de tallas.....	71
6.4. Pesquería y acuicultura.....	72
6.5. Calidad del agua.....	74
7. Conclusiones.....	75
8. Recomendaciones.....	78
9. Literatura citada.....	80



## Relación de figuras

Fig. 1. Localización del Lago La Alberca, zona geotérmica de Los Negritos, Municipio de Villamar, Michoacán. ....	10
Fig. 2. Lago La Alberca, zona geotérmica de Los Negritos, municipio de Villamar, Michoacán. Sitos de recolecta. N Norte, C Centro y S Sur. . ....	12
Fig. 3. Imágenes de los peces recolectados en el lago La Alberca. a <i>Goodea atripinnis</i> , b <i>Allophorus robustus</i> , c <i>Chapalichthys encaustus</i> , d <i>Xenotoca variata</i> . ....	17
Fig. 3. Continuación. e <i>Zoogoneticus purhepechus</i> , f <i>Poeciliopsis infans</i> , g <i>Chirostoma jordani</i> , h <i>Chirostoma contrerasi</i> , i <i>Chirostoma chapalae</i> . ....	18
Fig. 3. Continuación. j <i>Chirostoma consocium</i> , k <i>Chirostoma lucius</i> , l <i>Lepomis macrochirus</i> , m <i>Tilapia rendalli</i> . ....	19
Fig. 4. Biomasa relativa total diurna en el lago La Alberca 2001-2002. ....	22
Fig. 5. Abundancia relativa total para la recolecta mensual en el lago La Alberca 2001-2002. ....	23
Fig. 6. Biomasa relativa total (g) para la recolecta mensual en el lago La Alberca 2001-2002. ....	26
Fig. 7. Abundancia relativa total para la recolecta estacional diurna de 2007-2008. ....	30
Fig. 8. Biomasa relativa total para la recolecta estacional diurna de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	32
Fig. 9. Abundancia relativa total para la recolecta estacional nocturna de 2007 - 2008. ....	33
Fig. 10. Biomasa total relativa nocturna estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	36
Fig. 11. Relación peso-longitud patrón de a) <i>Poeciliopsis infans</i> , b) <i>Chapalichthys encaustus</i> , c) <i>Goodea atripinnis</i> , d) <i>Xenotoca variata</i> . ....	38
Fig. 11. Continuación e) <i>Zoogoneticus purhepechus</i> , f) <i>Tilapia rendalli</i> , g) <i>Chirostoma chapalae</i> h) <i>Chirostoma consocium</i> . ....	39
Fig. 11. Continuación. i) <i>Chirostoma contrerasi</i> , j) <i>Chirostoma jordani</i> y k) <i>Chirostoma lucius</i> . ....	40
Fig. 12. Frecuencia de individuos por intervalo de tallas de 1) <i>Poeciliopsis infans</i> , 2) <i>Chapalichthys encaustus</i> , 3) <i>Goodea atripinnis</i> , 4) <i>Xenotoca variata</i> . ....	41
Fig. 12. Continuación. 5) <i>Zoogoneticus purhepechus</i> , 6) <i>Tilapia rendalli</i> 7) <i>Chirostoma chapalae</i> , 8) <i>Chirostoma consocium</i> . ....	42

Fig. 12. Continuación. 9) <i>Chirostoma contrerasi</i> , 10) <i>Chirostoma jordani</i> y 11) <i>Chirostoma lucius</i> .....	43
Fig. 13. Dendrograma obtenido con el análisis de cluster o agrupamientos, para la abundancia de peces mensual en las estaciones Norte (1), Centro (2) y Sur (3) de noviembre del 2001 a octubre del 2002. ....	46
Fig. 14. Dendrograma resultado del análisis de cluster o agrupamientos, para las variables ambientales mensuales en las estaciones Norte (1), Centro (2) y Sur (3) de noviembre del 2001 a octubre del 2002. ....	47
Fig. 15. Escalamiento Multidimensional No-métrico, de la abundancia de peces mensual diurna de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte (01), Centro (02) y Sur (03). ....	48
Fig. 16. Escalamiento Multidimensional No-métrico para la abundancia mensual diurna de noviembre del 2001 a octubre del 2002 y la estacional diurna y nocturna de noviembre de 2007 a julio de 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la abundancia de <i>P. infans</i> con la abundancia de las otras especies. ....	49
Fig. 17. Escalamiento Multidimensional No-métrico de la abundancia y las variables ambientales, estacionales diurnas y nocturnas, de noviembre del 2007 a julio del 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la abundancia de <i>C. lucius</i> con la abundancia de las otras especies. ....	50
Fig. 18. Escalamiento Multidimensional No-métrico de la abundancia y las variables ambientales, estacionales de noviembre del 2007 a julio del 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la abundancia de <i>P. infans</i> con la abundancia de las otras especies. ....	51
Figura 19. Escalamiento Multidimensional No-métrico de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte (01), Centro (02) y Sur (03). ....	52
Fig. 20. Escalamiento Multidimensional No-métrico de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la temperatura con las otras variables ambientales. ....	53
Fig. 21. Escalamiento Multidimensional No-métrico de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la turbiedad con las otras variables ambientales. ....	54

Fig. 22. Variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron mensualmente de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en los 3 sitios de muestreo, en la superficie y el fondo. i) temperatura, ii) oxígeno disuelto, iii) turbiedad, iv) salinidad.	60
Fig. 22. Continuación. v) sólidos totales disueltos, vi) conductividad eléctrica y vii) potencial de hidrógeno (pH).	61
Fig. 23. Variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron estacionalmente de noviembre del 2007 a julio del 2008, en los 3 sitios de muestreo, durante el día y la noche, en la superficie. α) temperatura, β) oxígeno disuelto, γ) salinidad, δ) sólidos totales disueltos.	62
Fig. 23. Continuación. ε) conductividad eléctrica y ζ) potencial de hidrógeno (pH).	63
Fig. 24. Variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron estacionalmente de noviembre del 2007 a julio del 2008, en el centro del lago, durante el día y la noche, en la superficie y el fondo. a) temperatura, b) oxígeno disuelto, c) salinidad, d) sólidos totales disueltos.	64
Fig. 24. Continuación. e) conductividad eléctrica y f) potencial de hidrógeno (pH).	65

## Relación de Tablas

Tabla 1. Lista de los peces del lago La Alberca .....	16
Tabla 2. Abundancia media mensual diurna para el ciclo 2001-2002. ....	20
Tabla 3. Biomasa (g) media mensual diurna para el ciclo 2001-2002.....	21
Tabla 4. Abundancia total por sitio de recolecta en el período noviembre de 2001 a octubre de 2002. ....	24
Tabla 5. Biomasa total (g) por sitio de recolecta en el período noviembre de 2001 a octubre de 2002. ....	26
Tabla 6. Abundancia media para las cuatro estaciones del año en el día y la noche de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	27
Tabla 7. Biomasa media (g) para las cuatro estaciones del año en el día y la noche de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	28
Tabla 8. Abundancia total diurna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	29
Tabla 9. Biomasa total (g) diurna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	31
Tabla 10. Abundancia total nocturna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	33
Tabla 11. Biomasa total (g) nocturna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008. ....	36
Tabla 12. Relación peso-longitud para las especies de peces capturados en el lago La Alberca en 2001-2002 y 2007-2008. ....	37
Tabla 13. Dominancias de acuerdo al Índice del Valor de Importancia (I.V.I.), mensual noviembre 2001-octubre 2002. ....	44
Tabla 14. Dominancias de acuerdo al Índice del Valor de Importancia (I.V.I.), estacional noviembre 2007-julio 2008. ....	45
Tabla 15. Alcalinidad total (mg/l como CaCO <sub>3</sub> ) del agua del lago La Alberca, durante el día y la noche, de forma estacional de 2007 - 2008. ....	66
Tabla 16. Dureza total (mg/l como CaCO <sub>3</sub> ) del agua del lago La Alberca, durante el día y la noche, de forma estacional de 2007 - 2008.....	66

## Resumen

El objetivo principal de este estudio fue analizar la estructura de la ictiofauna del lago La Alberca, Villamar, Michoacán, para obtener elementos que permitan un manejo sustentable y la conservación de sus recursos ícticos nativos. Para lograr dicho objetivo se llevaron a cabo recolectas en tres sitios de muestreo en ese cuerpo de agua, en dos períodos de tiempo, un muestreo mensual diurno de noviembre de 2001 a octubre de 2002, y otro diurno y nocturno estacional de otoño de 2007 a verano de 2008. El primero para ver las variaciones mensuales de la distribución y abundancia de las especies de peces y el segundo para analizar su comportamiento en el ciclo circadiano. Las recolectas se realizaron con dos artes de pesca: en los sitios Norte y Sur se hicieron con un chinchorro playero charalero y en el Centro, que es la zona más profunda, con un chinchorro tipo “chango” camaronero. Para ver el estado en que se encuentran las especies de peces y el tipo de crecimiento que presentan, se calculó la relación peso-longitud. Con el fin de cuantificar la importancia de las especies y determinar cuales son dominantes en este cuerpo de agua, se utilizó el Índice del Valor de Importancia (IVI). Para analizar integralmente las variables biológicas y ambientales, se aplicó un análisis de cluster o agrupamientos, utilizando el método de promedio de grupos con el índice de disimilitud de Bray-Curtis, y así determinar las afinidades espacio-temporales de los sitios. Igualmente, en este último aspecto se usó un análisis de ordenamiento a través del método de escalamiento multidimensional no métrico NMS usando la distancia de Sørensen. Respecto a la composición, se capturaron 11 especies nativas y 2 introducidas. En términos de abundancia de las especies, considerando los valores relativos y la representación del cluster o análisis de agrupamientos, el lago se divide en dos grandes áreas: la que incluye las estaciones Norte y Sur por un lado y la estación Centro por el otro, esto es ratificado por el análisis de ordenamiento. Los resultados obtenidos indican que *Poeciliopsis infans* domina ampliamente en las estaciones Norte y Sur en los dos períodos de muestreo y *Chirostoma consocium* lo hace de la misma manera en la estación Centro, pero esa dominancia la comparte con *Chirostoma lucius* en el segundo período durante la noche. Todos los goodeidos, *P. infans* y *C. consocium* tuvieron un crecimiento isométrico, lo que indica una buena condición en el hábitat. Los atherinópsidos *C. chapalae* y *C. jordani* tienen un desarrollo alométrico mayorante, en *C. contrerasi* y *C. lucius* el crecimiento fue alométrico minorante. En términos de la pesquería, se encuentra un buen estado de salud de la actividad controlando la especie introducida y favoreciendo la permanencia de las nativas. Respecto a la calidad del agua este cuerpo de agua puede ser considerado polimíctico, al no presentar alguna estratificación. De manera temporal, las variables ambientales siguen un patrón estacional bien definido.

## Abstract

Main objective of this study was to analyze the ichthyofauna structure of the Lake “La Alberca”, Villamar, Michoacán aiming to recommend sustainable management and conservation of native ichthyofauna resources. In order to achieve this objective, samples were taken from three different sites during two sampling programs: a mainly diurnal monthly sampling from November 2001 to October 2002; and a diurnal-nocturnal seasonal sampling from autumn 2007 to summer 2008. First sampling was done to assess monthly variation in the distribution and abundance of fish species, and the second sampling was done to analyze fish behavior during their circadian cycle. Fish sample collection methods included two fishing gears: a purse seine in the Northern and Southern sites, and a fishing trawl was used in center of the lake which is the deepest zone. Weight-length relationships were estimated to assess fish growth. The importance index value (IVI) was assessed to quantify the importance of fish species and to determine which fish species are the dominant ones in this lake. In order to analyze biological and environmental variables a cluster index was calculated using the mean grouping through the Bray-Curtis dissimilarity measure to determine spatiotemporal affinities among sampling sites. An ordering analysis was done through NMS Sorensen multidimensional scaling. Fish composition in this lake included 11 native and 2 introduced species. In considering fish relative abundance, cluster representation and grouping analyses, this lake is divided into two major areas: the Northern and Southern stations, and the center station, which is ratified by the ordering analysis as well. *Poeciliopsis infans* is the dominant fish species in the Northern and Southern sampling stations whilst *Chirostoma consocium* is the dominant fish species the center station along with *Chirostoma lucius* at night time. All goodeid fish species, *P. infans* and *C. consocium* exhibited an isometric growth which indicates good habitat conditions. Atherinopsids, *C. chapalae* and *C. jordani*, exhibited positive allometric growth, and in contrast *C. contrerasi* and *C. lucius* growth was negative allometric. Lake fishery is considered to be in a relatively healthy state as long as introduced fish species are controlled and native species are favored through time. Water quality indicates that this lake is a polymictic without signs of stratification. Temporally environmental variables follow well defined seasonal patterns.

## 1. Introducción

Las aguas interiores junto con la biodiversidad que poseen constituyen un recurso natural valioso, en términos económicos, culturales, estéticos, científicos y educativos. Su conservación y manejo son críticos a los intereses de todos los seres humanos, naciones y gobiernos. Con todo, esta herencia está en crisis. Las aguas dulces a nivel mundial están experimentando pérdidas en la biodiversidad más grandes que las que sufren los ecosistemas terrestres más afectados. Si las tendencias en las demandas humanas por agua siguen siendo inalteradas y la extinción de las especies continúan en las tasas actuales, la oportunidad de conservar gran parte de la biodiversidad restante en estas aguas desaparecerá antes del 2015 (Dudgeon *et al.*, 2006).

El rápido deterioro de los mayores ecosistemas del mundo ha intensificado la necesidad del monitoreo medio ambiental eficaz y el desarrollo de indicadores operacionales de la salud del ecosistema. La salud del ecosistema representa un punto final deseable del manejo ambiental, pero requiere la definición adaptativa, progresiva y su evaluación. Un ecosistema sano es uno que es sustentable, es decir, tiene la capacidad de mantener su estructura (organización) y función (vigor) en el tiempo en presencia de un estrés externo (resistencia) (Costanza y Mageau, 1999). Como parte del monitoreo se ha dado en la actualidad mayor énfasis a las comunidades biológicas (Karr, 1981). En el caso de los peces, el estudio de su estructura poblacional (riqueza, distribución y abundancia) son los aspectos básicos para el análisis de la integridad de los ecosistemas que habitan (Karr *et al.*, 1987). Esto es crítico en México porque de las 506 especies de peces conocidas, 169 se encuentran en algún nivel de riesgo, y 25 se consideran extintas, de las cuales Michoacán tiene 9 especies en riesgo, y 2 extintas.

La cuenca del Río Lerma es una de las regiones hidrográficas más importantes de México y tiene una fauna distintiva de peces (Díaz-Pardo *et al.*, 1993). En años recientes, la cuenca ha experimentado aumentos importantes en poblaciones humanas y en desarrollo industrial y agrícola (Aparicio, 2001). Lyons *et al.*, 1998, evaluaron la salud de los ecosistemas acuáticos en la cuenca del Lerma, y vieron que arriba del 50% de los sitios no son ya capaces de sostener la vida de los peces, muchos sitios han desaparecido totalmente debido a la extracción del agua subterránea, desviaciones del agua, o la urbanización; además mencionan que en esta cuenca, de las 44 especies de peces nativos, 3 están extintas, y 23 están disminuidos en su abundancia y en sus rangos de distribución.

La subprovincia del alto Lerma ha experimentado los impactos negativos más grandes, pero ninguna región de la cuenca ha escapado al daño significativo (Lyons *et al.*, 2000). Actualmente, sólo 15% de los sitios soportan especies que se clasifican como sensibles a la degradación ambiental, y la mayoría de estos sitios están en las pequeñas corrientes río arriba o en lagos aislados de la montaña que se protegen como parques o abastecimientos de agua municipales. Solamente el Río Turbio, ubicado en el estado de Guanajuato, conserva una calidad ambiental relativamente buena (Soto-Galera *et al.*, 1998). Cuarenta por ciento de un total de 42 especies nativas de la cuenca, han experimentado declinaciones importantes en su frecuencia de ocurrencia, y tres especies endémicas, *Algansea barbata*, *Chirostoma charari*, y *C. compressum* pueden estar extintas (Soto-Galera *et al.*, 1998)

Los cuerpos de agua de la cuenca del Río Lerma han sido objeto de numerosos estudios ictiológicos y limnológicos, siendo los de mayores dimensiones los que más



atención han tenido. Tal es el caso del lago de Pátzcuaro (Orbe-Mendoza *et al.* 2002; Gómez–Tagle *et al.*, 2002; Berlanga-Robles *et al.*, 2002), y el lago de Chapala (Lind y Dávalos-Lind, 2002; Hansen y van Afferden, 2004; van Afferden y Hansen 2004). Por su parte, los lagos pequeños como La Alberca cuentan con pocos estudios a pesar de presentar una riqueza íctica importante (13 especies) y tener impacto económico local a través de la pesca y el turismo (Buelna-Osben *et al.*, 2002).

El lago La Alberca pertenece al municipio de Villamar, el cual estuvo comprendido dentro del plan de desarrollo de Michoacán 1996-2002. Este plan tuvo entre sus objetivos: Impulsar la pesca como una fuente de empleo y bienestar para la población que habita las zonas ribereñas de los embalses de agua dulce. Además de impulsar el turismo como actividad estratégica que genere más divisas y empleos para Michoacán, a la vez de desarrollo regional sustentable. Entre los lugares de interés turístico de la región se encuentra el lago “La Alberca”, y los volcancitos de lodo cercanos a él, llamados localmente “Negritos” (Anón., 1999).

La importancia de este estudio radica en la obtención de información clave actualizada para establecer las bases en el manejo de la ictiofauna del lago “La Alberca”, tanto en el aspecto pesquero como de su conservación. Este lago tiene el potencial de ser propuesto como una zona de reserva de especies nativas, dado que está en condiciones de poco impacto ambiental.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Describir la estructura de la ictiofauna del lago La Alberca, Villamar, Michoacán, para obtener elementos que permitan un manejo sustentable y la conservación de sus recursos ícticos nativos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Definir la distribución y abundancia espacial y temporal de los peces del lago
- Establecer la relación de las especies con las variables ambientales del ecosistema

## **3. Antecedentes**

Diversos estudios de la estructura de las comunidades de peces se han desarrollado en todo el mundo. Como ejemplos se tienen: el de los peces arrecifales en cuatro atolones del archipiélago de San Andrés y Providencia del Caribe Sur Occidental (Mejía y Garzón Ferreira, 2000), el desarrollado en Laguna Grande de Obispo, Venezuela (De Grado *et al.*, 2000; 2001), en Las Lagunas del Pantanal, Brasil (Súarez *et al.*, 2001; 2004), en el lago Drouin, Québec, Canadá (Brind'Amour y Boisclair, 2004). El análisis de la abundancia y distribución de las especies ícticas del río San Francisco-Cosquín, Córdoba, Argentina (Hued y Bistoni, 2001), las asociaciones de peces en el estuario del río de la Plata, Argentina (García *et al.*,

2003), la ictiofauna en ríos tropicales, el caso de la cuenca del río Sorocaba, Brasil (Smith *et al.*, 2003) y la abundancia y riqueza específica de la ictiofauna asociada con *Thalassia testudinum* en el Golfo de Cariaco, Venezuela (Peña *et al.*, 2004). los peces de arrecife en las Islas catalinas y Playa Ocotál, Costa Rica (Espinoza y Salas, 2005), la comparación entre las comunidades de peces de lagos, represas y ríos en Francia (Irz *et al.*, 2006).

Dentro de los estudios de las relaciones bióticas y abióticas podemos citar: cambios en la comunidad de peces y la calidad del agua durante siete años de siembra de peces piscívoros en un lago somero de Dinamarca (Skov *et al.*, 2002), el impacto de los invasores de las aguas dulces a diferentes niveles de la organización ecológica, es decir, en los niveles individuales, de la población, de la comunidad y del ecosistema (Simon y Townsend, 2003), los determinantes de la distribución de peces juveniles en el área litoral de el lago Müggelsee, somero y polimíctico, en Berlín, Alemania (Lewin *et al.*, 2004), los cambios en la distribución y la abundancia de la ictiofauna de aguas someras en San Bartolo, Lima, Perú, después del ENSO 1997-1998 (Gárate y Pacheco, 2004).

La respuesta de la comunidad de peces a los cambios inducidos por el hombre en el río Biobío, Chile (Habit *et al.*, 2006), los efectos de los factores del paisaje sobre la distribución de los peces en lagos de Alaska (Hershey *et al.*, 2006), el efecto de la introducción de aguas del subsuelo sobre la química del agua y la estructura de los peces en lagos del centro de Florida (Cooney y Allen, 2006), la estructura de las asociaciones de peces y la contaminación acuática en el río Corumbataí, Sao Paulo, Brasil, algunas limitaciones de los índices de diversidad y de los modelos para los estudios de impacto ambiental (Lima-Junior *et al.*, 2006),

En nuestro país los estudios sobre la estructura de las comunidades de peces se han realizado en La laguna de Zacapu, que forma parte de la cuenca del Río Lerma, donde Moncayo-Estrada (1996) hizo un estudio de las variaciones en la estructura y función de la comunidad de peces y su relación con los factores ambientales, en el sistema Candelaria-Panlau, Campeche (Ayala-Pérez *et al.*, 1998), la abundancia y estructura trófica en el lago de Pátzcuaro (Berlanga-Robles *et al.*, 2002), la estructura actual comparada de la comunidad de peces de la Laguna de Términos (Ayala-Pérez *et al.*, 2003), los patrones estacionales en la estructura de los peces del manglar El Conchalito, Bahía de La Paz, Baja California Sur (González-Acosta *et al.*, 2005), la composición y variación espacio-temporal de la comunidad de peces en el Sistema Lagunar Chacmochuch, Quintana Roo (Caballero-Vázquez *et al.*, 2005) y los cambios espaciales y temporales en el necton de la Laguna de Términos, Campeche (Ramos-Miranda *et al.*, 2005).

Asimismo, se tienen otros estudios como la composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996), la composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas (Tapia-García *et al.*, 1998), la distribución, abundancia y parámetros poblacionales de la mojarra *Diapterus rhomboides* en la Laguna de Términos, Campeche (Ayala-Pérez *et al.*, 2001), los patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz (Castillo-Rivera y Zárate, 2001), un análisis integral de la ictiofauna del lago de Chapala discutiendo sus cambios en la composición, distribución y algunos aspectos pesqueros (Moncayo-Estrada y Buelna-Osben, 2001).

También en el contexto estructural, los patrones espaciales y temporales de la diversidad y composición de peces en el sistema estuarino tropical de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz (Castillo-Rivera *et al.*, 2002), la distribución y abundancia espacio-temporal de los peces en la laguna de Cuyutlán, Colima (Cabral-Solís y Espino-Barr, 2004), la diversidad, abundancia y conjuntos ictiofaunísticos del sistema lagunar-estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas (Díaz-Ruiz *et al.*, 2004), la evaluación de la riqueza de peces en la laguna Tuxpan-Tampamachoco (Pérez-Hernández y Torres-Orozco, 2000), el elenco sistemático y la abundancia relativa de las especies ícticas de la Bahía Navidad, Jalisco (Aguilar-Palomino *et al.*, 2001).

Continuando en orden cronológico se tiene el análisis de la variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando, en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz (Castillo-Rivera *et al.* 2005a), los patrones de distribución espacial, estacional y diaria de dos especies de mojarra (Pisces: Gerreidae) en la laguna costera tropical mexicana de Pueblo Viejo, Veracruz (Castillo-Rivera *et al.* 2005b), La diversidad y la abundancia de los peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz (González-Gándara, 2006), y los patrones de distribución de diferentes peces crustáceos y plantas acuáticas en la zona de transición del país (Huidobro *et al.*, 2006).

Con la finalidad de evaluar las condiciones de los cuerpos de agua del centro de México, su biodiversidad y el impacto ambiental que han tenido, se han aplicado diversos índices y modelos ecológicos, como el Índice de Integridad Biótica basado en las características de las comunidades de peces en ríos, arroyos, y lagos (Lyons *et al.*, 1995; Lyons *et al.* 2000; Mercado-Silva *et al.*, 2002). Contreras–Balderas *et al.*

(2002) en su revisión de los cambios en la biodiversidad de peces en el bajo río Bravo, encuentran una relación directa con los cambios en la cuenca (contaminación, temperatura, salinidad, turbidez). Contreras–Balderas *et al.* (2003) presentan su lista de peces de agua dulce en riesgo o extintos en México y hacen mención que una tercera parte cuenta con algún riesgo (33.39%). Mercado-Silva *et al.* (2006) mencionan que la estructura y composición de los peces en ríos del centro de México han sido alteradas por sobreexplotación del agua, fragmentación del hábitat, introducción de especies exóticas, y la contaminación y sin embargo los patrones específicos y el grado de cambio están pobremente documentados.

También se han utilizado especies individuales para identificar los impactos humanos en las cuencas lacustres de la Mesa Central en México como es el caso del goodeido *Zoogoneticus purhepechus* y sus efectos se han analizado en los aspectos genéticos (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2007). En términos de conservación se ha propuesto el uso del modelado del nicho ecológico para el caso de los goodeidos en el centro de México, utilizando las 35 especies (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2006a) y patrones de biogeografía histórica de las cuencas de los ríos principales del centro del país (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2006b)

En un muestreo puntual en el lago La Alberca, Díaz-Pardo y Godínez-Rodríguez (1991), encontraron un embrión siamés del goodeido *Chapalichthys encaustus*, en la misma camada, encontraron también un embrión que por su talla y características parecía tratarse de un caso de superfecundación. Torres-Bugarín *et al.* (2007), hicieron un estudio en el mismo lago, con la finalidad de encontrar una especie de pez con potencial como bioindicadora de genotoxicidad, encontrando que *Xenotoca variata* y *Tilapia rendalli* fueron la idóneas para dicho propósito.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Descripción del área de estudio

El lago La Alberca, se encuentra ubicado en las coordenadas 20°03'58"N y 102°36'45"W dentro de la Ciénega de Chapala, a 10 km en línea recta al oriente de la ciudad de Sahuayo, Michoacán. Forma parte de la zona geotérmica de Los Negritos, en el extremo Este del rift Citala (Zárate del Valle y Simoneit, 2005). Se localiza en la intersección de dos provincias tectónicas: el graben de Chapala y el límite noroccidental de la denominada Meseta Tarasca. Las manifestaciones termales se ubican en la posición centro oriental del valle de Sahuayo, tienen temperaturas entre 30 y 82<sup>0</sup> C e incluyen manantiales, fumarolas y volcanes de lodo. Las aguas son de tipo clorurado – sódico (Gutiérrez *et al.*, 1989). Tiene varios manantiales localizados en su parte central que aportan agua a este cuerpo de agua, el nivel del lago varía a través del año debido a que el agua se distribuye a los canales cercanos para actividades ganaderas (Buelna-Osben *et al.*, 2002).

El lago La Alberca formó parte del lago de Chapala cuando su extensión cubría toda la Ciénega de Chapala, siendo en 1907 cuando se construyó el bordo Jamay-La Palma, (Sandoval, 1981; Díaz y Godínez, 1991). Respecto al origen del lago, Moreno y Funes (1991) dicen que fue una erupción fangosa. En Anón. (1999) se menciona que: “en 1900 se registró un fenómeno geológico de importancia, dado que surgieron pequeños volcanes que arrojaban lodo sulfuroso e hirviente. La población los llamó “los Negritos” y al terminar el fenómeno, la laguna quedó llena de agua sulfurosa que subsiste a la fecha.”

El lago La Alberca tiene un área total de 322,542 m<sup>2</sup>, un perímetro de 2,973.5 m, un volumen de 1,125,519 m<sup>3</sup> y una profundidad máxima de 36 m. En su sección longitudinal (norte-sur) tiene 786.5 m y en la transversal (este-oeste) tiene 577.4 m, Tiene una altura de 1526 msnm (Buelna-Osben *et al.*, 2002) (Fig. 1).

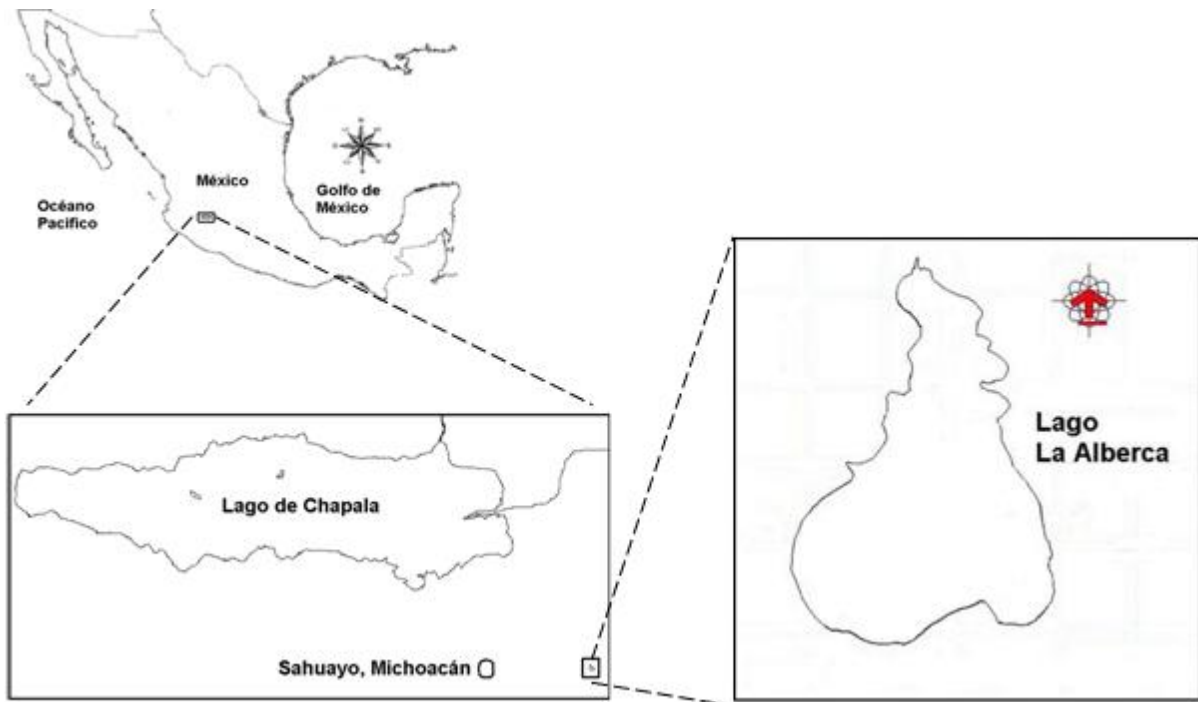


Fig. 1. Localización del Lago La Alberca, zona geotérmica de Los Negritos, Municipio de Villamar, Michoacán.

El clima es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 900 mm y temperaturas que oscilan entre 10.4 y 25.4° C. El turismo es bajo, a pesar de tener sitios de gran potencial como la zona geotérmica de los negritos y el lago de La Alberca. La gastronomía no incluye platillos basados en productos de origen acuático, contándose con potencial para el desarrollo de centros acuícolas con importancia para la misma población, ya sea directamente para enriquecer su dieta alimenticia o indirectamente mediante actividades de pesca o recreativas (Anón.,1999).



## **4.2. Muestreo, procesamiento de muestras y análisis de la información**

### **4.2.1 Muestreo**

Se realizaron muestreos mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002 y estacionales otoño, invierno, primavera y verano, durante los años 2007 y 2008. Para la caracterización física y química del agua del lago, las variables ambientales se tomaron con un Sensor multiparámetros Data Sonde 4 marca Hydrolab y se guardaron en un Surveyor 4 marca Hydrolab, para su traslado al laboratorio, donde se conformó el banco de datos para su posterior análisis. Los datos registrados son: Profundidad (m), Turbiedad (Unidades de Turbiedad Nefelométrica), Temperatura (°C), Saturación de Oxígeno Disuelto (%), Oxígeno Disuelto (mg/l), Conductividad Eléctrica (microSiemens/cm), Salinidad (‰), Sólidos Totales Disueltos (g/litro) y Potencial Hidrógeno (pH). Además se tomaron muestras de agua para la determinación de la dureza y la alcalinidad en el laboratorio. Todos ellos se tomaron en la superficie del cuerpo de agua y en el fondo.

Para el muestreo de peces y variables ambientales se tomaron muestras en tres estaciones de muestreo, localizadas en el norte (20° 03' 43" latitud norte y 102° 36' 34" longitud oeste), centro (20° 03' 37" latitud norte y 102° 36' 35" longitud oeste) y sur (20° 03' 38" latitud norte y 102° 36' 44" longitud oeste) del lago, una recolecta se hizo en el día (2001-2002) y la otra en el día y la noche (2007-2008) (Fig. 2). Los peces de las estaciones Norte y Sur que son de menor profundidad, se muestrearon con un chinchorro playero de 20 m de largo por 3.5 m de ancho y una luz de malla de 0.5 cm, el arrastre fue de 20 m de longitud. La estación Centro se muestreó

durante 5 minutos, con un chinchorro de arrastre tipo “chango” camaronero, con una luz de malla de 1 cm y una relinga de plomos de 4 m. Las capturas de ambas redes se estandarizaron en número y peso de peces por metro cuadrado para hacerlas comparables.

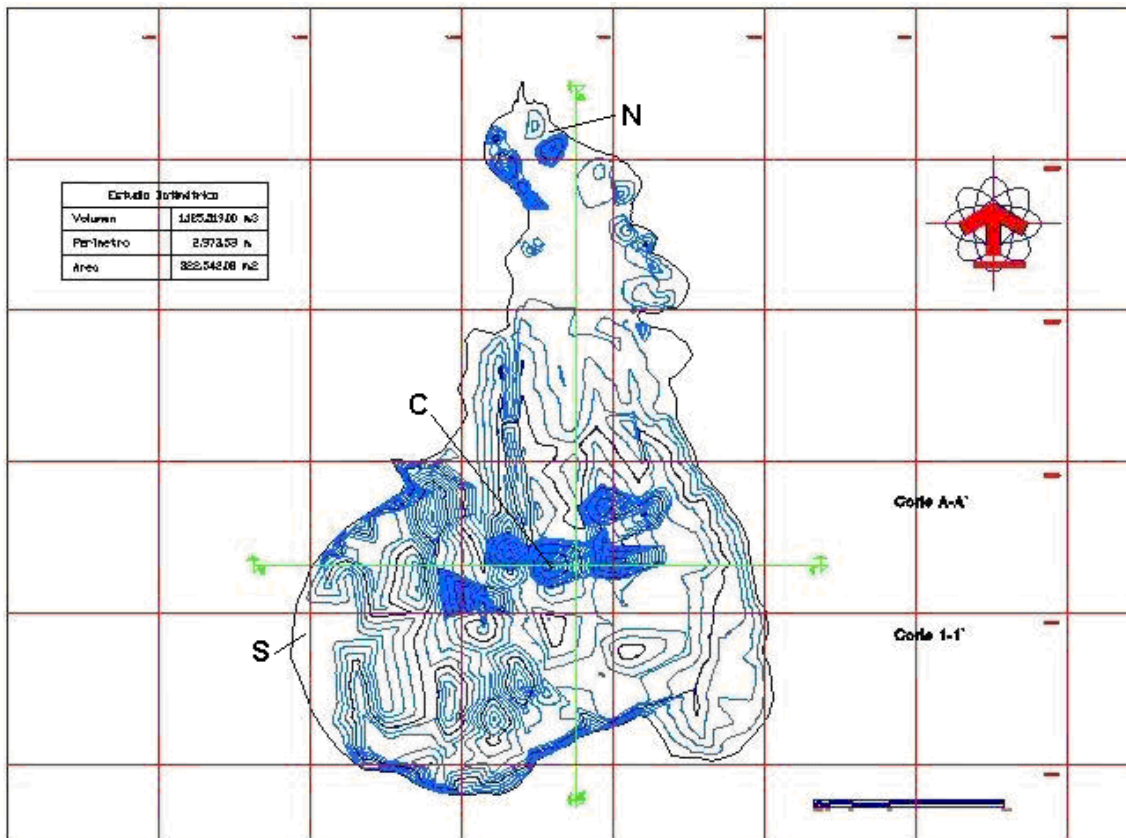


Fig. 2. Lago La Alberca, zona geotérmica de Los Negritos, municipio de Villamar, Michoacán. Sitos de recolecta. N Norte, C Centro y S Sur. (Tomado de Buelna-Osben *et al.*, 2002).

#### 4.2.2 Procesamiento de las muestras

Los peces se fijaron con formol al 10%, amortiguado con borato de sodio a saturación. Se trasladaron al laboratorio donde se identificaron con el uso de claves (Álvarez del Villar, 1970; Barbour, 1973a; 1973b) y de un estéreo microscopio 47 50

22 ZEISS. Los individuos de cada especie se contaron y se pesaron en una balanza analítica marca Sartorius con sensibilidad de milésimas de gramo, y se midieron con un ictiómetro al milímetro más cercano, de acuerdo a Bagenal (1978).

### 4.2.3. Análisis de la información

Se calculó la relación longitud-peso ( $W=aL^b$ , donde  $a$  es el factor de condición y  $b$  el coeficiente de isometría, Ricker, 1975), para cada especie dado que puede ser usada para conversión de observaciones de longitud en estimados de biomasa (González-Acosta *et al.*, 2004; Mendes *et al.*, 2004). Esta relación ayuda también para comparar el crecimiento de las especies de peces entre regiones, como un índice práctico de la condición del pez y porque los parámetros ( $a$ ,  $b$ ) son importantes en los estudios de evaluación del stock (Balart *et al.*, 2006; De La Cruz-Agüero y Cota-Gómez, 2006).

Para cuantificar la importancia de las especies y determinar cuales son dominantes en este cuerpo de agua, se utilizó el “Índice del Valor de Importancia” (IVI) (Cox, 1980; Zabi, 1984). Este índice es resultado de la combinación de cuatro medidas, las cuales son, la abundancia relativa (AR), la biomasa relativa (BR), la dominancia relativa (DR) y la frecuencia relativa (FR) todas expresadas en porcentaje:

$$IVI = AR + BR + DR + FR$$

Para revisar integralmente las variables biológicas y ambientales, se realizaron análisis multivariados. La clasificación al igual que la ordenación incluye un conjunto de técnicas que tienen por objeto ubicar variables u observaciones provenientes de un espacio multidimensional, en unas pocas dimensiones conservando una gran cantidad de información. La mayor proximidad de unos u otros en un plano de

coordenadas cartesianas, permite establecer los grupos afines entre sí (Ramírez, 2005).

Se aplicó un análisis de cluster o agrupamientos para determinar las afinidades espacio-temporales de los sitios. Para ello se utilizó el método de promedio de grupos con el índice de disimilitud de Bray-Curtis. También se usó un análisis de ordenamiento a través del método de escalamiento multidimensional no métrico NMS (del inglés: Nonmetric multidimensional scaling) con la medida de Sorensen (Shepard, 1962a; 1962b; Kruskal 1964a; 1964b).

El método de escalamiento multidimensional no métrico se basa en una relación no lineal de las disimilaridades y las distancias en el plano cartesiano. Se inicia a partir del cálculo de la matriz de disimilaridad y posteriormente mediante un procedimiento iterativo, se van desplazando las estaciones en el plano de modo que se minimice el estrés, el cual mide el ajuste entre esas dos variables. A medida que este valor decrece, la ordenación resultante es más adecuada. La fórmula para el estrés es la siguiente:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_{ij} - D_{ij}^*)^2}{\sum D_{ij}^2}}$$

Donde el numerador es la suma de cuadrados de la bondad de ajuste y el denominador un factor de escala que hace comparables los resultados (Sneath y Sokal, 1973)

El proceso iterativo puede comenzar de una ordenación cualquiera, o por una configuración aleatoria; en ésta última el estrés inicial será por lo tanto mayor. El

proceso finaliza cuando el estrés alcanza un mínimo local o un mínimo global, por lo que conviene partir de alguna ordenación y no de una distribución al azar.

Se puede elegir el número de ejes para la ordenación final y modificarlo de acuerdo con el estrés obtenido. El ajuste mejora con un mayor número de ejes de ordenación, pero asimismo, su interpretación se vuelve más difícil (Ramírez, 2005).

Hay que destacar que el método no toma en cuenta las disimilaridades, si no el orden de las mismas. De este modo, las dos estaciones con menor disimilaridad se ubican más próximas en el plano, mientras que las de mayor valor quedan alejadas. Las ordenaciones arrojadas por el NMS en variables biológicas ha dado buenos resultados (James y McCulloch, 1990; Fasham, 1977).

Clarke (1993), expone de manera exhaustiva las bondades del NMS y propone diferentes vías que posibiliten el uso de esta técnica en el monitoreo de comunidades marinas, a partir de la toma de diferentes muestras tanto en las estaciones control como en aquellas con contaminación.

## **5. Resultados**

### **5.1. Composición**

La riqueza específica en la ictiofauna del lago está integrada por 13 especies pertenecientes a 13 géneros dentro de 5 familias, de las cuales 11 son nativas, de éstas, 5 especies pertenecen a la familia Goodeidae y 5 a la familia Atherinopsidae y una a la familia Poeciliidae (Tabla 1 y Fig. 3).

Tabla 1. Lista de los peces del lago La Alberca

---

Orden Cyprinodontiformes

Familia Goodeidae

1. *Chapalichthys encaustus* Jordan y Snyder (1900) **N**
2. *Goodea atripinnis* Jordan y Snyder (1900) **N**
3. *Xenotoca variata* Bean, 1887 **N**
4. *Zoogoneticus purhepechus* Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008 **N**
5. *Aloophorus robustus* Bean (1892) **N**

Familia Poeciliidae

6. *Poeciliopsis infans* Woolman (1894) **N**

Orden Atheriniformes

Familia Atherinopsidae

7. *Chirostoma jordani* Woolman (1894) **N**
8. *Chirostoma contrerasi* Barbour, 2002 **N**
9. *Chirostoma consocium* Jordan y Hubbs (1919) **N**
10. *Chirostoma chapalae* Jordan & Snyder, 1899 **N**
11. *Chirostoma lucius* Boulenger (1900) **N**

Orden Perciformes

Familia Cichlidae

12. *Tilapia rendalli* Steindachner (1864) **I**

Familia Centrarchidae

13. *Lepomis macrochirus* Rafinesque (1819) **I**
- 

**N** = Nativa, **I** = Introducida



Fig. 3. Imágenes de los peces recolectados en el lago La Alberca. **a** *Goodea atripinnis*, **b** *Allophorus robustus*, **c** *Chapalichthys encaustus*, **d** *Xenotoca variata*.



Fig. 3. Continuación. **e** *Zoogoneticus purhepechus*, **f** *Poeciliopsis infans*, **g** *Chirostoma jordani*, **h** *Chirostoma contrerasi*, **i** *Chirostoma chapalae*





Fig. 3. Continuación. **j** *Chirostoma consocium*, **k** *Chirostoma lucius*, **l** *Lepomis macrochirus*, **m** *Tilapia rendalli*.

## 5.2. Abundancia y biomasa

Se presentan los resultados de las recolectas efectuadas en dos temporadas, una mensual diurna de noviembre de 2001 a octubre de 2002 y la otra de noviembre de 2007 a julio de 2008, por estación del año en el día y la noche; ambas en los mismos tres sitios de recolecta (Norte, Centro y Sur del lago)

### 5.2.1. Muestreo mensual de noviembre de 2001 a octubre de 2002

En relación a abundancia media mensual diurna en el ciclo 2001-2002 (Tabla 2), se tiene que *P. infans* fue la especie más abundante. Las especies que presentaron mensualmente una abundancia media fueron *C. encaustus*, *C. consocium*, *T. rendalli*, *X. variata* y *G. atripinnis*. Las especies con los valores más bajos de aparición fueron *Z. purhepechus*, *C. jordani*, *C. contrerasi* y *C. lucius*, y por último se tiene a *L. macrochirus* y *A. robustus* como especies que sólo aparecieron esporádicamente en los muestreos.

Tabla 2. Abundancia media mensual diurna para el ciclo 2001-2002.

	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
<i>P. infans</i>	2031.33	295	241.67	381.67	824.67	1453	786.67	275.67	465.33	1378	736.67	298
<i>C. encaustus</i>	166.33	36	33.67	272.67	162	114.33	105.33	88.67	128	172.67	147.67	103.67
<i>G. atripinnis</i>	94	9	7.33	8.67	24.67	64.67	96	144	20.67	51	43	55.67
<i>T. rendalli</i>	85.67	109	55.33	97.33	26.67	33.33	30.67	20	26.67	164.33	150.67	134.67
<i>X. variata</i>	65.67	17.67	8	25.33	105.33	88.67	190.33	140	41.33	37.33	36.67	17.33
<i>Z. purhepechus</i>	4.67	1.33	0.33	8.33	21	5	83.67	15.67	16.33	20.33	14.67	5
<i>A. robustus</i>	0.33	0	0	0	0	1.33	0	0.33	0	0	0	0
<i>C. jordani</i>	0	9	19.67	24.333	8	27.33	3.67	11.67	2.67	1	6.67	6.67
<i>C. contrerasi</i>	1.33	4	27.67	2	1.33	3	4	3	2	2	1.33	0.33
<i>C. consocium</i>	11.67	36	58.33	73.33	146	89	142.67	138	17.67	124.67	111.67	74.67
<i>C. lucius</i>	0	0.33	1.67	0.33	2.33	5	12.33	4.67	1	6	8.67	3
<i>L. macrochirus</i>	0	0.67	2.33	1.33	1.67	3	0.33	0	1	3	2	0.67

Respecto a la biomasa el orden no es el mismo que el de las abundancias dada las diferencias en tamaño y robustez de las especies presentes, *P. infans* (29.88 %) estuvo en primer lugar, el segundo lugar en éste aspecto lo ocupó *C. consocium* (18.08 %). *G. atripinnis* (15.33 %) fue el tercero por su robustez, a pesar de ser una especie con una abundancia media, siguiéndole *C. encaustus*, *T. rendalli* y *X. variata* con 13.4, 9.44 y 8.16 % respectivamente. Las especies que tuvieron menos impacto en el peso total de la muestra mes a mes fueron las seis restantes con un total de 5.7 % (Tabla 3 y Fig. 4).

Tabla 3. Biomasa (g) media mensual diurna para el ciclo 2001-2002.

	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
<i>P. infans</i>	1004.63	128.4	113.57	223.45	521.63	1009.9	410.79	197.40	354.99	754.63	453.61	374.85
<i>C. encaustus</i>	176.74	31.72	64.17	573.89	369.47	267.74	216.29	213.38	204.22	135.34	132.32	103.18
<i>G. atripinnis</i>	220.28	22.77	25.53	23.23	94.22	311.31	336.77	812.68	149.63	255.66	273.40	320.93
<i>T. rendalli</i>	125.60	247.5	115.26	262.45	80.37	128.38	84.70	61.79	39.46	248.15	142.99	216.14
<i>X. variata</i>	86.44	29.8	14.32	48.44	238.06	181.92	372.68	283.93	88.50	64.56	73.09	33.59
<i>Z. purhepechus</i>	3.58	0.84	0.20	10.25	22.77	5.30	80.75	18.23	20	20.29	14.13	3.59
<i>A. robustus</i>	32.57	0	0	0	0	6.18	0	2.64	0	0	0	0
<i>C. jordani</i>	0	7.49	35	22.81	12.31	19.34	4.38	27.96	6.74	2.35	14.45	12.79
<i>C. contrerasi</i>	4.21	11.45	68.37	5.43	0.22	4.92	7.92	6.09	4.61	5.48	4.14	1.26
<i>C. consocium</i>	33.84	113.0	205.41	141.49	206.06	153.92	532.87	428.86	59.66	578.75	516.85	385.52
<i>C. lucius</i>	0	2.02	13.19	1.64	13.29	33.94	73.48	33.86	10.48	38.82	48.06	19.44
<i>L. macrochirus</i>	0	13.27	58.2	17.45	21.16	43.26	3.69	0	13.85	39.43	18.94	10.48

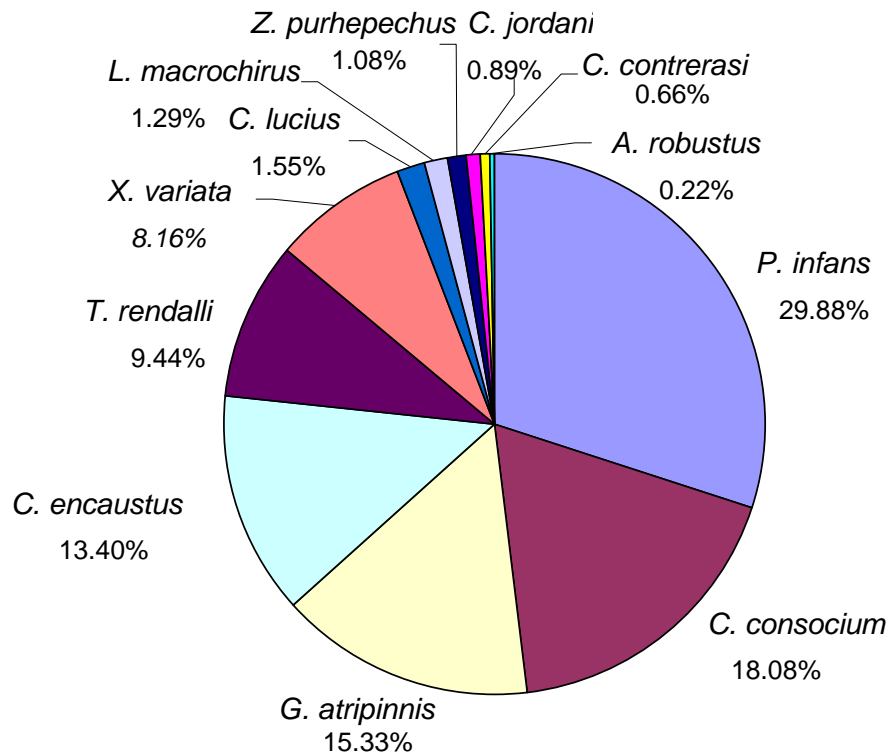


Fig. 4. Biomasa relativa total diurna en el lago La Alberca 2001-2002.

La especie más representativa en el período noviembre de 2001 a octubre de 2002 fue *P. infans*, con una abundancia relativa del 63.31 %, seguida de *C. encaustus* (10.57 %) sobre la cual fue seis veces más abundante. El tercer lugar en abundancia relativa lo ocupó *C. consocium* (7.07 %), posteriormente estuvieron *T. rendalli* (6.45 %), *X. variata* (5.34 %) y *G. atripinnis* (4.27 %). El resto de las especies en conjunto sólo obtuvieron en total un 2.99% (*Z. purhepechus*, *C. jordani*, *C. contrerasi*, *C. lucius*, *L. macrochirus* y *A. robustus*) (Fig. 5).

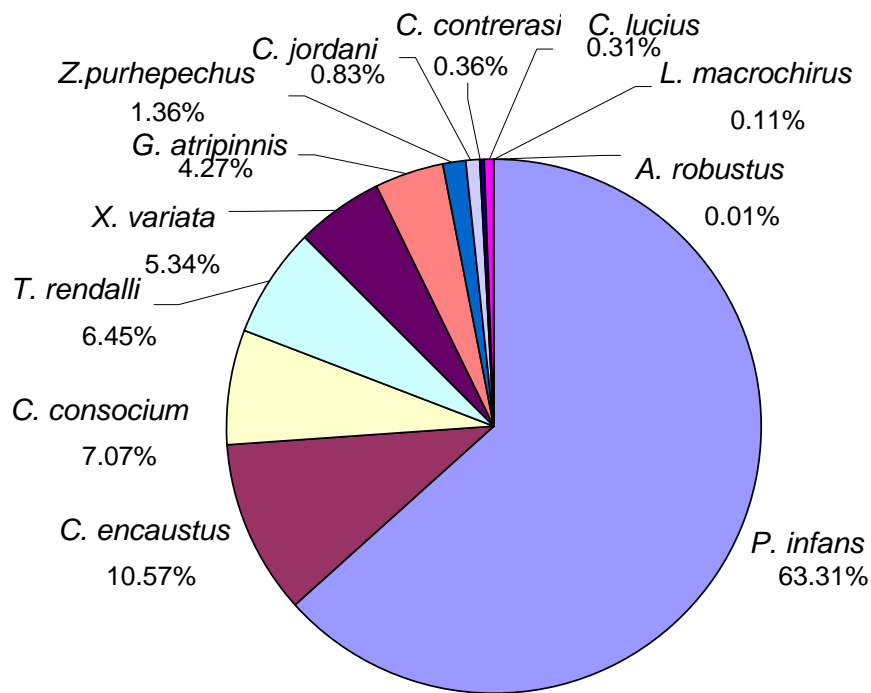


Fig. 5. Abundancia relativa total para la recolecta mensual en el lago La Alberca 2001-2002.

Como en el caso del análisis global, en la estación Norte *P. infans* fue la especie más abundante (23910 organismos), seis veces más que *C. encaustus* (3859 organismos), en este orden les siguieron *T. rendalli*, *X. variata*, *G. atripinnis* y *Z. purhepechus* con una abundancia media (con 2554, 2035, 1510 y 565 organismos), *C. consocium*, *C. jordani* y *C. contrerasi* con una abundancia baja (con 317, 244 y 153 individuos respectivamente), *C. lucius* y *L. macrochirus* con una abundancia muy baja (con 35 individuos cada una), y por último *A. robustus* que sólo apareció en esta estación, con seis individuos (Tabla 4).

En la estación centro, durante todo el año de muestreo se recolectaron casi exclusivamente a miembros de la familia Atherinopsidae como *C. consocium* que fue la más abundante con un 92.13 % de la captura en esta estación (2108 organismos), *C. jordani* y *C. lucius* que en conjunto aportaron el 7.47 % (93 y 78 organismos

respectivamente), además de un solo individuo de *C. contrerasi*, también en la estación Centro se capturaron siete *C. encaustus* y un *G. atripinnis* de la familia Goodeidae, las demás especies no estuvieron presentes en esta estación durante todos los muestreos (Tabla 4).

En la estación Sur *P. infans* fue la especie más abundante (3593 organismos), después le siguieron *C. encaustus* y *C. consocium* (727 y 645 organismos), sobre quienes fue 5 y 5.5 veces más abundante, en ese orden estuvieron *G. atripinnis*, *X. variata* y *T. rendalli* con una abundancia media (345, 286 y 249 organismos), *C. jordani*, *Z. purhepechus*, *C. lucius* y *L. macrochirus* con una abundancia baja (25, 24, 23 y 13 organismos respectivamente) y *C. contrerasi* con sólo dos individuos, *A. robustus* no fue recolectada en esta estación durante todo el ciclo de muestreo (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia total por sitio de recolecta en el período noviembre de 2001 a octubre de 2002.

	Norte	Centro	Sur	Total	Media	% acum.
<i>P. infans</i>	23910	0	3593	27503	9167.67	63.31
<i>C. encaustus</i>	3859	7	727	4593	1531.00	10.57
<i>C. consocium</i>	317	2108	645	3070	1023.33	7.07
<i>T. rendalli</i>	2554	0	249	2803	934.33	6.45
<i>X. variata</i>	2035	0	286	2321	773.67	5.34
<i>G. atripinnis</i>	1510	1	345	1856	618.67	4.27
<i>Z. purhepechus</i>	565	0	24	589	196.33	1.36
<i>C. jordani</i>	244	93	25	362	120.67	0.83
<i>C. contrerasi</i>	153	1	2	156	52.00	0.36
<i>C. lucius</i>	35	78	23	136	45.33	0.31
<i>L. macrochirus</i>	35	0	13	48	16.00	0.11
<i>A. robustus</i>	6	0	0	6	2.00	0.01
Total	35223	2288	5932	43443		

Respecto a la biomasa total de los peces capturados en el período noviembre 2001 – octubre 2002 (Tabla 5 y Fig. 6), *P. infans* fue quien tuvo la mayor biomasa con cerca del 30.0 % del peso total; le siguieron *C. consocium*, *G. atripinnis*, *C.*

*encaustus*, *T. rendalli* y *X. variata* con 18.11, 15.36, 13.43, 9.46 y 8.18 % respectivamente. El resto de las especies (6) sumaron un total de 5.55 % de la biomasa total.

En la biomasa total por estación, *P. infans* (38.23 %) fue el que aportó mayor peso en la estación Norte, *G. atripinnis* (17.57 %) fue segundo, a pesar de haber obtenido el quinto lugar en abundancia, le siguieron *C. encaustus* (14.69 %), *T. rendalli* (11.95 %) y *X. variata* (10.68 %), por último quedaron *C. consocium*, *Z. purhepechus*, *L. macrochirus*, *C. contrerasi*, *C. lucius*, *C. jordani* y *A. robustus* que en conjunto tuvieron una biomasa relativa global de 6.89 %.

Para la estación Centro del lago también cambió el orden respecto al de la abundancia, *C. consocium* fue el de mayor aporte a la biomasa total de las muestras con una biomasa relativa de 92.24 %, seguida de *C. lucius* y *C. jordani* con 4.67 y 2.65 %, después quedaron las especies de muy baja biomasa relativa *C. encaustus*, *C. contrerasi* y *G. atripinnis* con un total de 0.44 %.

Algo similar ocurrió para la biomasa de la estación Sur, ahora el orden fue *P. infans*, *G. atripinnis*, *C. encaustus*, *C. consocium*, *T. rendalli*, y *X. variata*, con 25.93, 22.24, 22.02, 9.47, 8.77 y 6.05 % respectivamente, quedando al final las especies con menor biomasa *L. macrochirus*, *C. lucius*, *C. jordani*, *Z. purhepechus* y *C. contrerasi* con una biomasa relativa global de 5.52 %.

Tabla 5. Biomasa total (g) por sitio de recolecta en el período noviembre de 2001 a octubre de 2002.

	Norte	Centro	Sur	Total	Media	% acum.
<i>P. infans</i>	14413.43	0	2230.36	16643.79	8321.895	29.93
<i>C. consocium</i>	672.94	8581.13	814.56	10068.63	5034.315	48.04
<i>G. atripinnis</i>	6622.92	3.46	1912.8	8539.18	4269.59	63.4
<i>C. encaustus</i>	5537.59	34.21	1893.55	7465.35	3732.675	76.82
<i>T. rendalli</i>	4504.44	0	753.9	5258.34	2629.17	86.28
<i>X. variata</i>	4025.66	0	520.34	4546	2273	94.45
<i>C. lucius</i>	266.91	434.49	163.22	864.62	432.31	96.01
<i>L. macrochirus</i>	463.93	0	255.32	719.25	359.625	97.3
<i>Z. purhepechus</i>	576.11	0	23.68	599.79	299.895	98.38
<i>C. jordani</i>	222.75	246.19	27.94	496.88	248.44	99.27
<i>C. contrerasi</i>	364.35	3.66	4.27	372.28	186.14	99.94
<i>A. robustus</i>	30.87	0	0	30.87	15.435	100
Total	37701.9	9303.14	8599.94	55604.98		

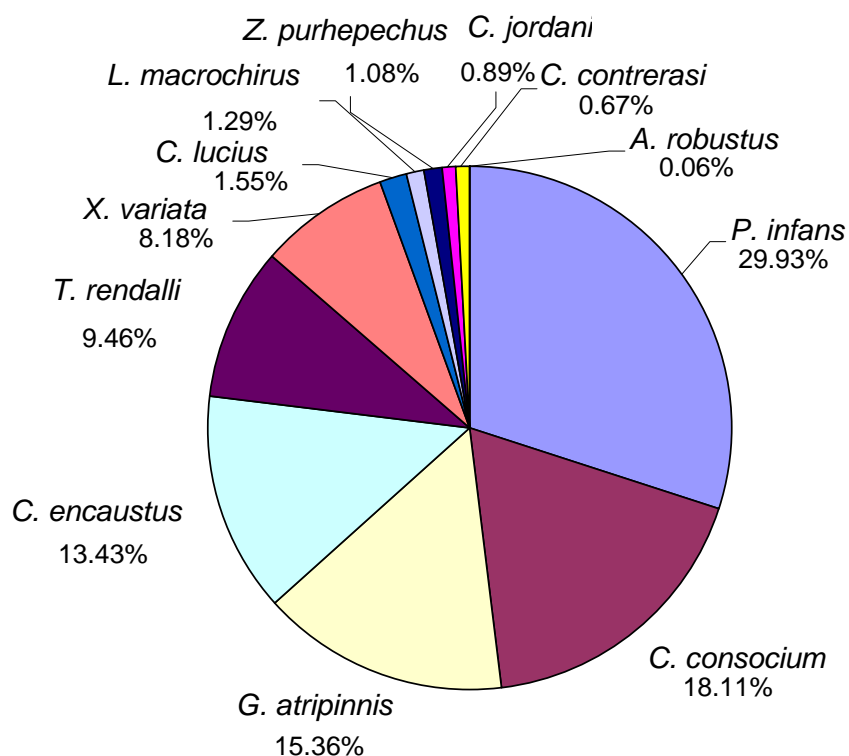


Fig. 6. Biomasa relativa total (g) para la recolecta mensual en el lago La Alberca 2001-2002.



## 5.2.2. Muestreo estacional noviembre de 2007 a julio de 2008:

Al analizar la abundancia media en el día y la noche para las cuatro estaciones del año en el período noviembre de 2007 a julio de 2008 se tiene que *P. infans* fue la especie más abundante (con una media total diurna de 4494 y una media total nocturna de 1737.33 organismos), le sigue *C. encaustus* (con una media total diurna de 515.34 y una media total nocturna de 1050.23 organismos) quien incluso es más abundante en las noches de noviembre y febrero, el tercer lugar lo ocupa *C. consocium* (con una media total diurna de 770.33 y una media total nocturna de 381.44 organismos), seguidos de *T. rendalli* (con una media total diurna de 298.01 y una media total nocturna de 695.23 organismos), las otras especies tuvieron menor presencia. Es necesario resaltar que *Z. purhepechus* y *C. lucius* fueron más abundantes en este período de muestreo; *C. contrerasi* esta vez fue la especie con menor abundancia ya que de ella sólo se recolectaron 15 individuos en total y *A. robustus* esta vez no fue recolectado ningún individuo (Tabla 6).

Tabla 6. Abundancia media para las cuatro estaciones del año en el día y la noche de noviembre de 2007 a julio de 2008.

	Nov. día	Nov. noche	Feb. día	Feb. noche	May. día	May. noche	Jul. día	Jul. noche
<i>P. infans</i>	259.33	180.33	894.67	276.67	2493.00	998.00	847.00	282.33
<i>C. encaustus</i>	165.67	384.67	177.33	402.67	100.67	239.00	71.67	23.89
<i>G. atripinnis</i>	0	54.33	8.33	31.67	95.67	40.33	22.33	7.44
<i>T. rendalli</i>	95.67	201.67	62.67	255.33	78.00	217.67	61.67	20.56
<i>X. variata</i>	18.00	55.67	43.67	121.00	114.67	33.00	77.67	25.89
<i>Z. purhepechus</i>	0.67	71.67	15.00	104.00	174.00	141.67	62.33	20.78
<i>C. jordani</i>	26.33	42.33	27.67	40.00	23.00	88.67	55.67	18.56
<i>C. contrerasi</i>	0	0	0.33	0	1.67	0.67	0.67	0.22
<i>C. consocium</i>	52.67	47.33	78.33	32.67	251.00	172.00	388.33	129.44
<i>C. lucius</i>	17.67	16.00	3.33	16.33	21.67	58.33	126.67	42.22
<i>L. macrochirus</i>	2.00	20.33	6.33	20.67	4.67	29.00	0.67	0.22

La especie que más aportó en biomasa media por estación del año, diurna y nocturna fue *P. infans* (24.0 %), seguida muy de cerca por *C. consocium* (20.2 %), después les siguen *C. encaustus*, *T. rendalli*, *C. lucius*, *L. macrochirus*, *G. atripinnis*, *X. variata*, *Z. purhepechus*, *C. jordani* con 13.9, 12.2, 7.9, 6.7, 5.7, 4.9, 2.4 y 2.2 %

respectivamente y por último *C. contrerasi* (0.04 %) que aportó muy poco a la biomasa total de las recolectas (Tabla 7).

Tabla 7. Biomasa media (g) para las cuatro estaciones del año en el día y la noche de noviembre de 2007 a julio de 2008.

	Nov. día	Nov. noche	Feb. día	Feb. noche	May. día	May. noche	Jul. día	Jul. noche
<i>P. infans</i>	118.12	138.18	752.77	209.18	1353.74	631.00	525.34	317.22
<i>C. encaustus</i>	155.74	464.77	296.87	586.35	132.52	333.63	63.34	306.08
<i>G. atripinnis</i>	0.00	237.69	35.71	124.38	165.95	130.08	107.59	152.11
<i>T. rendalli</i>	113.82	346.59	171.40	432.73	173.93	202.95	149.67	465.49
<i>X. variata</i>	28.43	87.21	74.41	254.60	141.77	46.60	86.95	100.37
<i>Z. purhepechus</i>	0.30	50.23	10.27	67.51	94.37	78.44	43.63	56.76
<i>C. jordani</i>	29.60	42.13	22.66	44.38	20.85	98.77	90.36	19.34
<i>C. contrerasi</i>	0	0	0.60	0	2.59	0.57	1.26	2.20
<i>C. consocium</i>	209.79	215.19	103.26	149.04	575.82	617.16	1162.32	379.14
<i>C. lucius</i>	89.80	73.68	22.17	76.98	104.07	285.67	491.82	188.50
<i>L. macrochirus</i>	25.84	176.18	113.26	235.10	61.34	280.28	6.30	226.60

En la abundancia diurna estacional total, por sitio de recolecta (Tabla 8 y Fig. 7), la especie con mayor aporte fue *P. infans*, con un porcentaje total relativo de 63.94 %, 6 veces más que *C. consocium*, quien tuvo un 10.96 %, le siguió *C. encaustus* con 7.33 %; quienes tuvieron una abundancia media fueron *T. rendalli*, *X. variata* y *Z. purhepechus* (con 4.24, 3.61 y 3.59 % respectivamente) y con una abundancia baja *C. lucius*, *C. jordani* y *G. atripinnis* (con 2.41, 1.89 y 1.80 % respectivamente) y por último quienes aparecieron esporádicamente *L. macrochirus* y *C. contrerasi* (0.19 y 0.04 %).

En la estación Norte la especie más abundante en el muestreo diurno de este ciclo de muestreo fue *P. infans* (73 %), con una abundancia ocho veces mayor que el segundo lugar *C. encaustus* (9.08 %), seguidos en orden descendente de *T. rendalli*, *Z. purhepechus*, *X. variata*, *G. atripinnis*, *C. jordani* y *C. consocium* con 4.89, 4.60, 4.59, 2.20, 1.15 y 0.32 % respectivamente; los de muy baja abundancia fueron *C. lucius* y *L. macrochirus* con 0.10 y 0.06 %, y por último *C. contrerasi* con solo tres individuos (0.02 %).

En la estación Centro sólo hubo 4 especies presentes en todo el muestreo en este período, todas de la familia Atherinopsidae, de las cuales *C. consocium* fue la más abundante con una abundancia relativa del 78.04 %, le siguen *C. lucius* con un 17.65 %, *C. jordani* con 4.2 % y *C. contrerasi* con 0.11 %, es decir sólo hubo 3 individuos de ésta última especie.

La mayor abundancia en la estación Sur fue de *P. infans* con un porcentaje relativo total de 73.05 %, le siguieron con densidades medias *C. consocium*, *T. rendalli*, *C. encaustus*, y *C. jordani*, con un porcentaje respectivo de 8.00, 4.55, 4.26 y 3.93 %; con densidades bajas *X. variata*, *G. atripinnis*, *Z. purhepechus*, *L. macrochirus*, *C. lucius* y *C. contrerasi* 1.43, 1.21, 1.17, 1.17, 1.14 y 0.07 %; de la última especie sólo se capturaron en esta estación 2 individuos.

Tabla 8. Abundancia total diurna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008.

	Norte	Centro	Sur	Total	Media	% acum.
<i>P. infans</i>	11492	0	1990	13482	4494	63.94
<i>C. consocium</i>	50	2043	218	2311	770.33	74.9
<i>C. encaustus</i>	1430	0	116	1546	515.33	82.23
<i>T. rendalli</i>	770	0	124	894	298	86.47
<i>X. variata</i>	723	0	39	762	254	90.09
<i>Z. purhepechus</i>	724	0	32	756	252	93.67
<i>C. lucius</i>	15	462	31	508	169.33	96.08
<i>C. jordani</i>	181	110	107	398	132.67	97.97
<i>G. atripinnis</i>	346	0	33	379	126.33	99.77
<i>L. macrochirus</i>	9	0	32	41	13.67	99.96
<i>C. contrerasi</i>	3	3	2	8	2.67	100

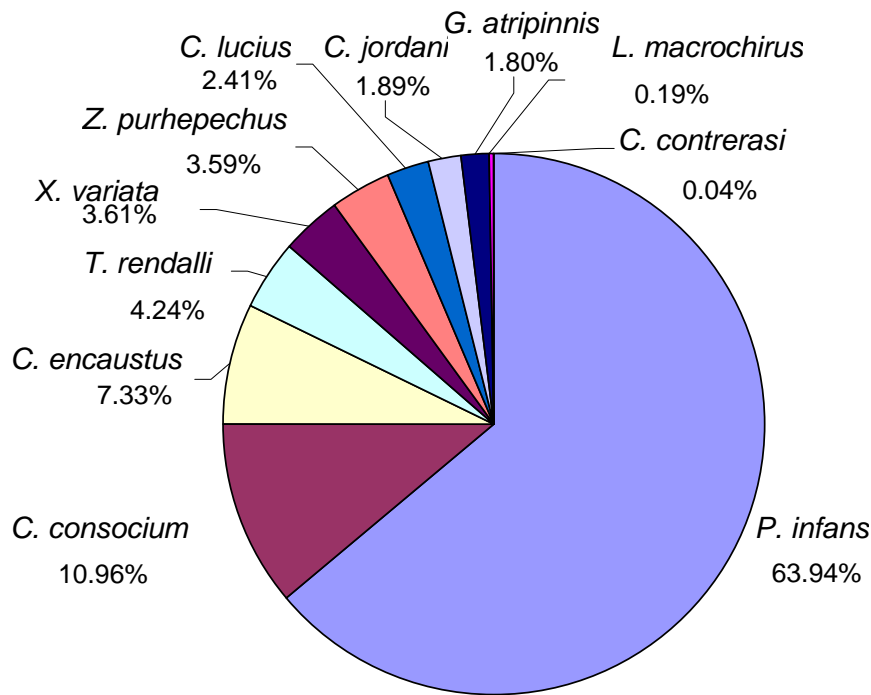


Fig. 7. Abundancia relativa total para la recolecta estacional diurna de 2007-2008.

La especie que tuvo la mayor biomasa total diurna estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008 (Tabla 9 y Fig. 8) fue *P. infans*, con un 34.68 %, en segundo lugar estuvo *C. consocium* con 25.86 %, con un porcentaje acumulado de 60.54, en orden descendente les siguen *C. lucius*, *C. encaustus*, *T. rendalli*, *X. variata*, *G. atripinnis*, *L. macrochirus*, *C. jordani*, *Z. purhepechus* y *C. contrerasi*.

Por estaciones, la especie con mayor biomasa en la estación Norte fue *P. infans* con un 56.49 % de biomasa relativa, en orden descendente le siguieron *C. encaustus* (13.76 %), *T. rendalli* (9.60 %), *X. variata* (7.28 %), *G. atripinnis* (5.01 %), *Z. purhepechus* (3.25 %), *C. consocium* (1.36 %), *C. jordani* (1.26 %), *L. macrochirus* (1.13 %), *C. lucius* (0.84 %) y por último *C. contrerasi* (0.03 %).

En la estación Centro la especie que aportó la mayor biomasa fue *C. consocium* con un 73.03 %, y *C. lucius* tuvo un 24.17 %, les siguen con menor aporte a la biomasa total relativa *C. jordani* 2.72 % y *C. contrerasi* 0.07 %.

En la estación Sur el orden de mayor a menor aporte a la biomasa recolectada fue *P. infans* con un porcentaje de 27.77 de la biomasa total relativa para este período, le siguieron *T. rendalli*, *L. macrochirus*, *C. consocium*, *G. atripinnis*, *C. lucius*, *C. encaustus*, *C. jordani*, *X. variata*, *Z. purhepechus* y *C. contrerasi* con porcentajes de 18.84, 15.67, 12.72, 8.98, 5.41, 4.64, 3.89, 1.32, 0.63 y 0.11 respectivamente.

Tabla 9. Biomasa total (g) diurna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008.

	Norte	Centro	Sur	Total	Media	% acum.
<i>P. infans</i>	7414.06	0	835.87	8249.93	2749.98	34.68
<i>C. consocium</i>	178.96	5591.75	382.85	6153.56	2051.19	60.54
<i>C. lucius</i>	109.82	1850.94	162.83	2123.59	707.86	69.47
<i>C. encaustus</i>	1805.65	0	139.76	1945.41	648.47	77.64
<i>T. rendalli</i>	1259.29	0	567.173	1826.46	608.82	85.32
<i>X. variata</i>	954.84	0	39.85	994.69	331.56	89.5
<i>G. atripinnis</i>	657.32	0	270.4	927.72	309.24	93.4
<i>L. macrochirus</i>	148.45	0	471.78	620.23	206.74	96.01
<i>C. jordani</i>	164.97	208.5	116.97	490.44	163.48	98.07
<i>Z. purhepechus</i>	426.67	0	19.03	445.7	148.57	99.94
<i>C. contrerasi</i>	4.34	5.58	3.44	13.36	4.45	100

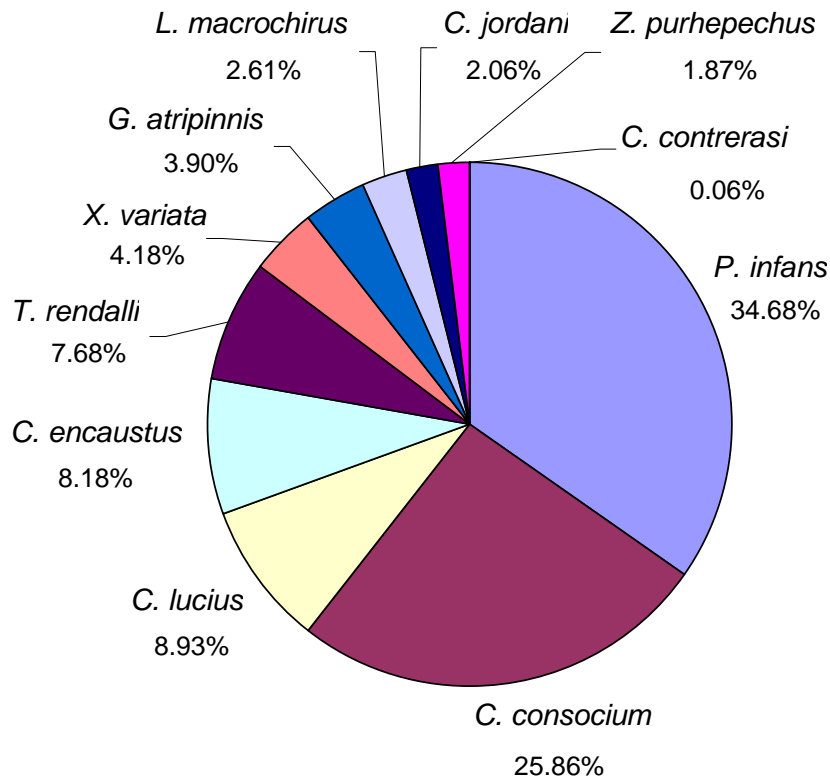


Fig. 8. Biomasa relativa total para la recolecta estacional diurna de noviembre de 2007 a julio de 2008.

En la recolecta estacional nocturna total de noviembre de 2007 a julio de 2008 (Tabla 10 y Fig. 9), la especie más abundante en la estación Norte fue *P. infans*, con un 32.24 % de la abundancia relativa, después estuvieron *C. encaustus* (22.43 %) y *T. rendalli* (16.93 %) en orden descendente de abundancia siguieron *Z. purhepechus*, *C. consocium*, *X. variata*, *C. jordani*, *G. atripinnis*, *C. lucius*, *L. macrochirus* y *C. contrerasi*.

Tabla 10. Abundancia total nocturna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008.

	Norte	Centro	Sur	Total	Media	% acum.
<i>P. infans</i>	2973	14	2482	5469	2734.5	32.24
<i>C. encaustus</i>	2770	0	1036	3806	1903	54.67
<i>T. rendalli</i>	2119	1	752	2872	1436	71.6
<i>Z.purhepechus</i>	807	0	398	1205	602.5	78.7
<i>C. consocium</i>	300	266	512	1078	539	85.05
<i>X. variata</i>	592	0	205	797	398.5	89.75
<i>C. jordani</i>	242	24	296	562	281	93.06
<i>G. atripinnis</i>	378	1	131	510	255	96.07
<i>C. lucius</i>	45	268	89	402	201	98.44
<i>L. macrochirus</i>	29	3	226	258	129	99.96
<i>C. contrerasi</i>	5	0	2	7	3.5	100

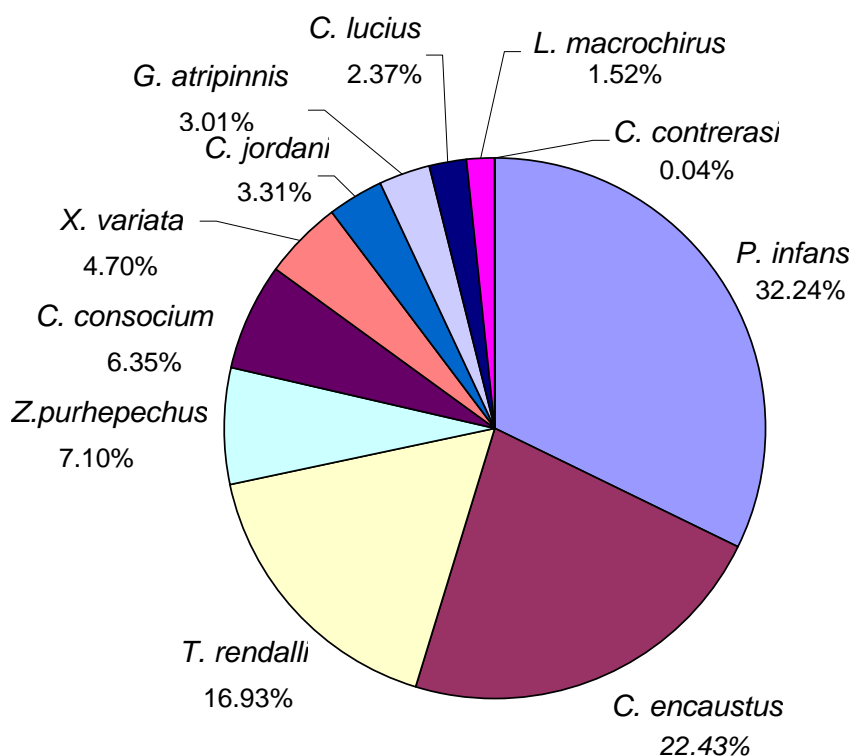


Fig. 9. Abundancia relativa total para la recolecta estacional nocturna de 2007-2008.

En la estación Norte en este período la especie más abundante fue *P. infans* con una abundancia relativa de 28.98 %, en segundo sitio *C. encaustus* con 27 %, el tercer lugar lo ocupó *T. rendalli* 20.65 %, estas tres especies tuvieron una

abundancia relativa acumulada de 76.63 %; después estuvieron *Z. purhepechus*, *X. variata*, *G. atripinnis*, *C. consocium* y *C. jordani* con porcentajes respectivos de 7.87, 5.77, 3.68, 2.92 y 2.36, por último *C. lucius*, *L. macrochirus* y *C. contrerasi* que sumaron un 0.77 %.

Para la estación Centro la especie más abundante en este período fue *C. lucius* con un 46.45 % de la abundancia relativa para esta estación, seguida muy de cerca por *C. consocium* con un 46.10 %, entre estas dos especies sumaron un 92.55 %; les siguieron *C. jordani* (4.16 %) y *P. infans* (2.43 %), las especies que se capturaron de forma incidental fueron *G. atripinnis* y *T. rendalli*, cada una con un solo individuo.

En la estación Sur la especie mayormente capturada en este período fue *P. infans* con un 40.50 % de la abundancia relativa para este sitio de muestreo, le siguieron en orden de importancia *C. encaustus*, *T. rendalli*, *C. consocium*, *Z. purhepechus*, *C. jordani*, *L. macrochirus*, *X. variata*, *G. atripinnis* y *C. lucius* con 16.90, 12.27, 8.35, 6.49, 4.83, 3.69, 3.34, 2.14 y 1.45 % respectivamente, y por último *C. contrerasi* con sólo dos individuos capturados.

La especie con mayor biomasa en la recolecta estacional nocturna total de noviembre de 2007 a julio de 2008 (Tabla 11 y figura 10) fue *C. encaustus*, con un 18.93 % de la biomasa total relativa, le siguieron *T. rendalli*, *C. consocium* (15.23 %), *P. infans* (14.51), *L. macrochirus* (10.28 %), *G. atripinnis* (7.21 %), *C. lucius* (7 %), *X. variata* (5.47 %), *Z. purhepechus* (2.83 %), *C. jordani* (2.29 %) y *C. contrerasi* (0.03 %).

Para estación Norte en este período de recolecta la especie de mayor biomasa total en las capturas en este período fue *C. encaustus*, con un 26.83 % de la biomasa



relativa, después estuvieron *T. rendalli* (22.89 %) y *P. infans* (15.99 %), les siguieron *G. atripinnis*, *X. variata*, *C. consocium*, *Z. purhepechus*, *L. macrochirus*, *C. jordani*, *C. lucius* y *C. contrerasi* con porcentajes respectivos de 10.18, 8.52, 6.27, 3.81, 2.22, 1.7, 1.54 y 0.04 %.

En la estación Centro la especie que tuvo la mayor biomasa total fue *C. lucius* (50.16 %), el segundo lugar lo tuvo *C. consocium* con un 45.55 %, entre estas dos especies sumaron un total de 95.71 % de la biomasa relativa acumulada, les siguieron *L. macrochirus*, *C. jordani*, *T. rendalli*, *P. infans* y *G. atripinnis* con porcentajes de 1.48, 1.38, 0.66, 0.50 y 0.28 % respectivamente.

La especie que tuvo la mayor biomasa en las capturas totales de la estación Sur fue *L. macrochirus*, con un 23.58 % de la biomasa relativa, le siguen *C. consocium*, *P. infans*, *C. encaustus*, *T. rendalli* con porcentajes relativos respectivos de 20.10, 15.92, 12.72 y 10.84 % y las especies que contribuyeron con menor biomasa a las capturas en esta estación fueron *G. atripinnis*, *C. lucius*, *C. jordani*, *X. variata*, *Z. purhepechus* y *C. contrerasi*, cuyos porcentajes relativos respectivos fueron 4.83, 3.84, 3.33, 2.62, 2.18 y 0.02 %.

Tabla 11. Biomasa total (g) nocturna por sitio de recolecta estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008.

	Norte	Centro	Sur	Total	Media	% acum.
<i>C. .encaustus</i>	3774.9	0	1297.58	5072.48	2536.24	18.93
<i>T. rendalli</i>	3221.08	16.61	1105.6	4343.29	2171.65	35.14
<i>C. consocium</i>	882	1149.44	2050.14	4081.58	2040.79	50.38
<i>P. infans</i>	2250.49	12.59	1623.65	3886.73	1943.37	64.88
<i>L. macrochirus</i>	312.19	37.26	2405.01	2754.46	1377.23	75.16
<i>G. atripinnis</i>	1433.14	7.06	492.58	1932.78	966.39	82.38
<i>C. lucius</i>	217.04	1265.81	391.62	1874.47	937.24	89.37
<i>X. variata</i>	1198.73	0	267.6	1466.33	733.17	94.85
<i>Z.purhepechus</i>	536.75	0	222.05	758.8	379.4	97.68
<i>C. jordani</i>	239.07	34.86	339.93	613.86	306.93	99.97
<i>C. contrerasi</i>	5.98	0	2.32	8.3	4.15	100

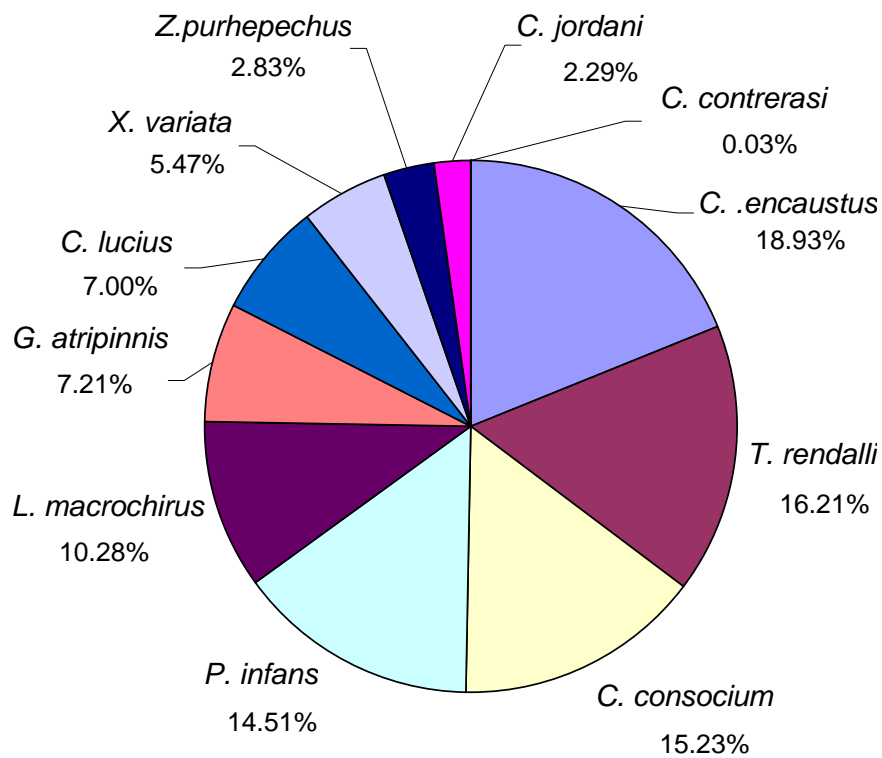


Fig. 10. Biomasa total relativa nocturna estacional de noviembre de 2007 a julio de 2008.

### 5.3. Relación peso – longitud de los peces.

Se calculó la relación peso-longitud para 11 especies de peces comprendidas en 4 familias y un total de 9,096 especímenes. Se presentan en la Tabla 12, el tamaño de la muestra, las longitudes estándar mínima y máxima, el intervalo de longitud estándar modal, los parámetros a y b, y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de la relación peso-longitud (Fig. 11). También se calcularon y graficaron las frecuencias de individuos por intervalo de tallas (Fig. 12).

Tabla 12. Relación peso-longitud para las especies de peces capturados en el lago La Alberca en 2001-2002 y 2007-2008.

	n	Mín.	Máx.	Long. modal	a	b	$r^2$
Familia Goodeidae							
<i>Chapalichthys encaustus</i>	875	2.3	7.3	4.1 - 4.5	0.0153	3.1861	0.9654
<i>Goodea atripinnis</i>	428	2.3	8.4	4.1 - 4.5	0.0288	2.8853	0.9700
<i>Xenotoca variata</i>	664	1.7	6.3	4.1 - 4.5	0.0179	3.1904	0.9274
<i>Zoogoneticus purhepechus</i>	467	1.2	4.5	3.1 - 3.5	0.0278	2.8992	0.9162
Familia Poeciliidae							
<i>P. infans</i>	2514	1.5	4.8	3.1 - 3.5	0.015	3.181	0.955
Familia Atherinopsidae							
<i>Chirostoma jordani</i>	465	1.5	8.2	2.6-3.0	0.0072	3.3337	0.9903
<i>Chirostoma contrerasi</i>	157	1.9	7.4	6.1-6.5	0.0198	2.6494	0.9615
<i>Chirostoma consocium</i>	2936	1.7	9.0	7.1-7.5	0.0099	3.0812	0.9912
<i>Chirostoma chapalae</i>	220	2.1	9.4	6.6-7.0	0.0065	3.3092	0.9851
<i>Chirostoma lucius</i>	136	4.2	11.9	8.1-8.5	0.0226	2.6356	0.9036
Familia Cichlidae							
<i>Tilapia rendalli</i>	749	1.3	8.7	3.6 – 4.0	0.0334	3.0136	0.9871

n, tamaño de la muestra; mín. y máx., mínimo y máximo de la longitud estándar en centímetros; Long. modal, intervalo de longitud estándar modal; a y b, parámetros de la relación;  $r^2$ , coeficiente de determinación.

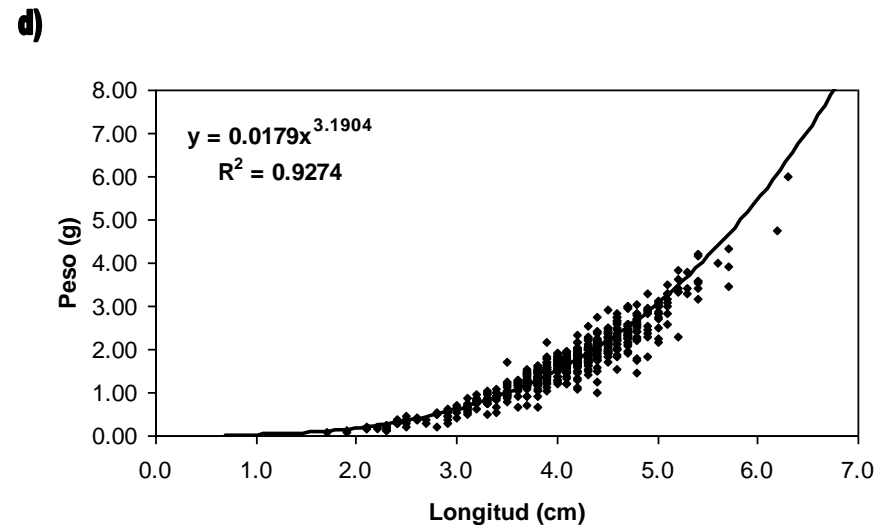
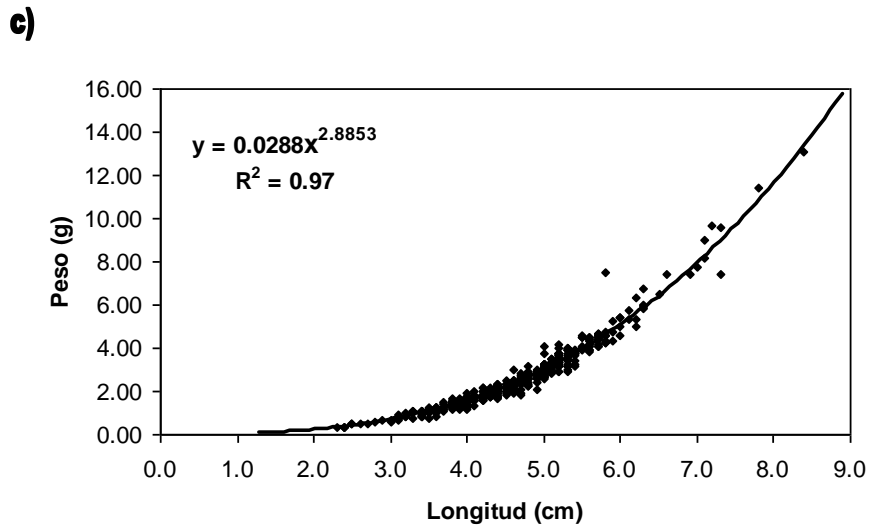
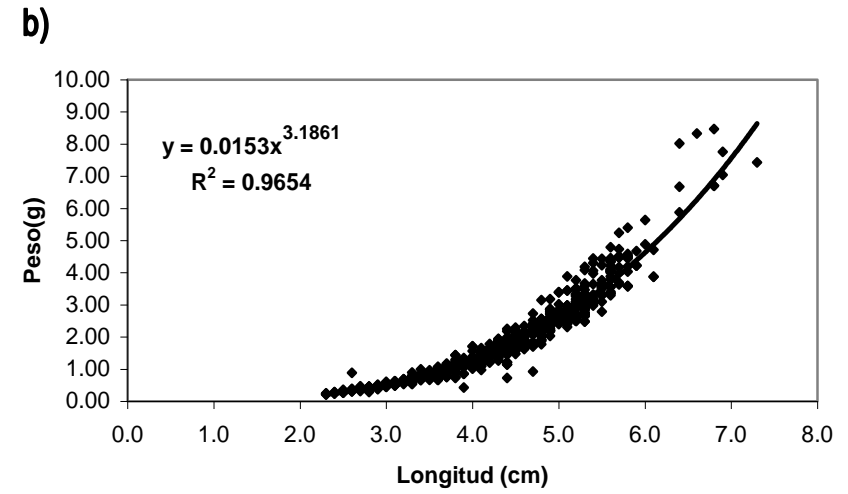
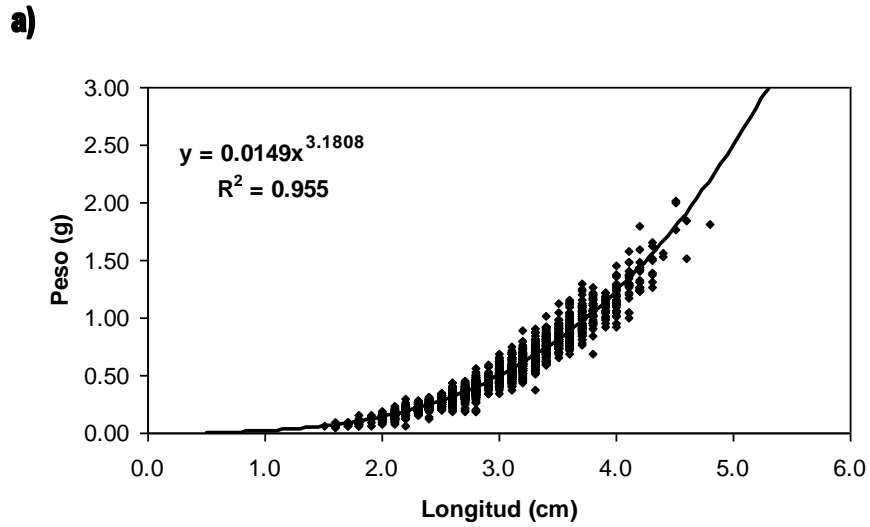


Fig. 11. Relación peso-longitud patrón de **a)** *Poeciliopsis infans*, **b)** *Chapalichthys encaustus*, **c)** *Goodea atripinnis*, **d)** *Xenotoca variata*.

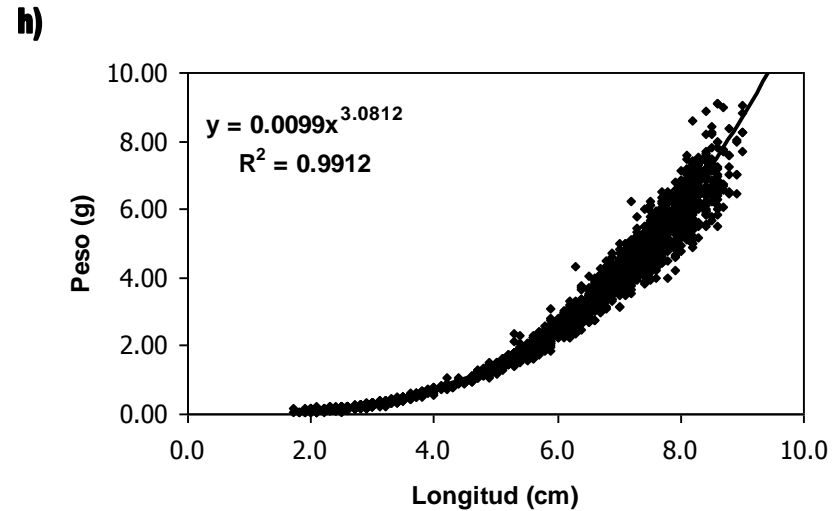
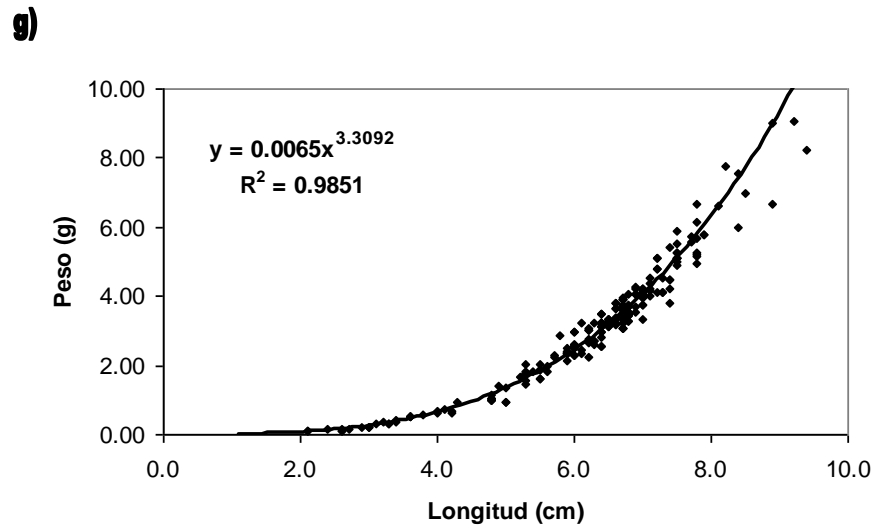
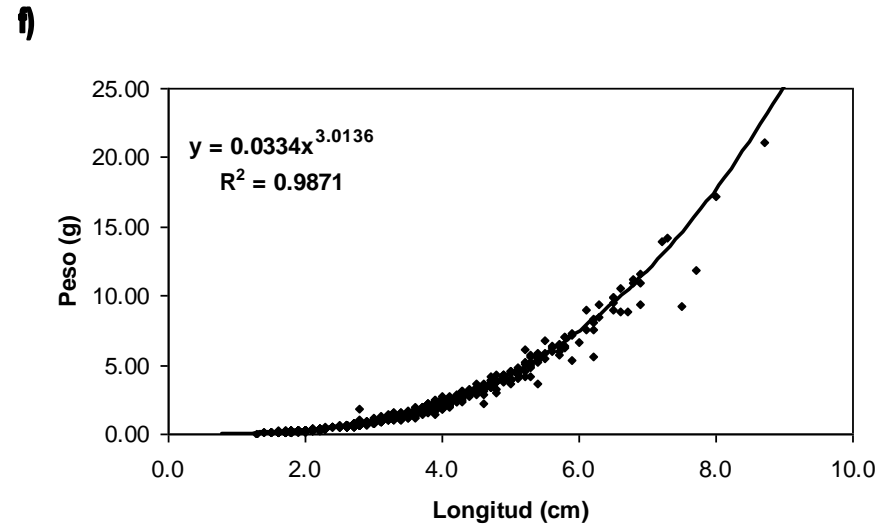
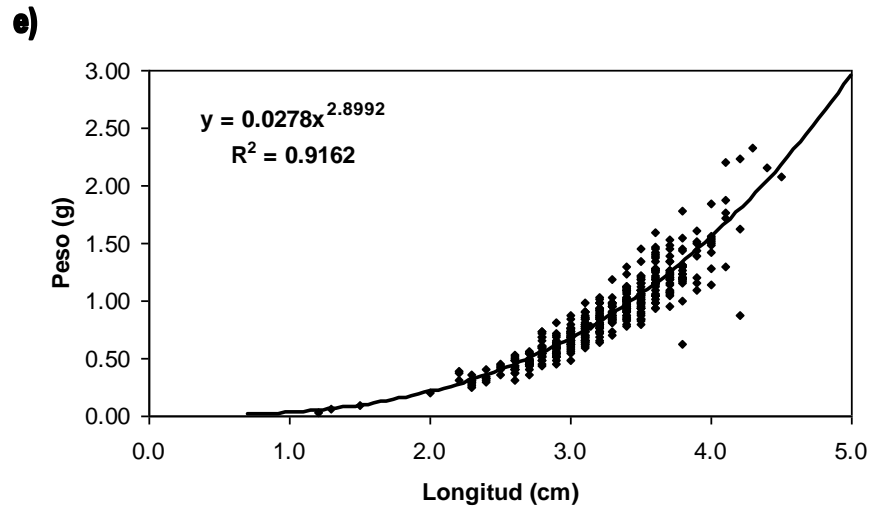


Fig. 11. Continuación **e)** *Zoogoneticus purhepechus*, **f)** *Tilapia rendalli*, **g)** *Chirostoma chapalae* **h)** *Chirostoma consocium*.

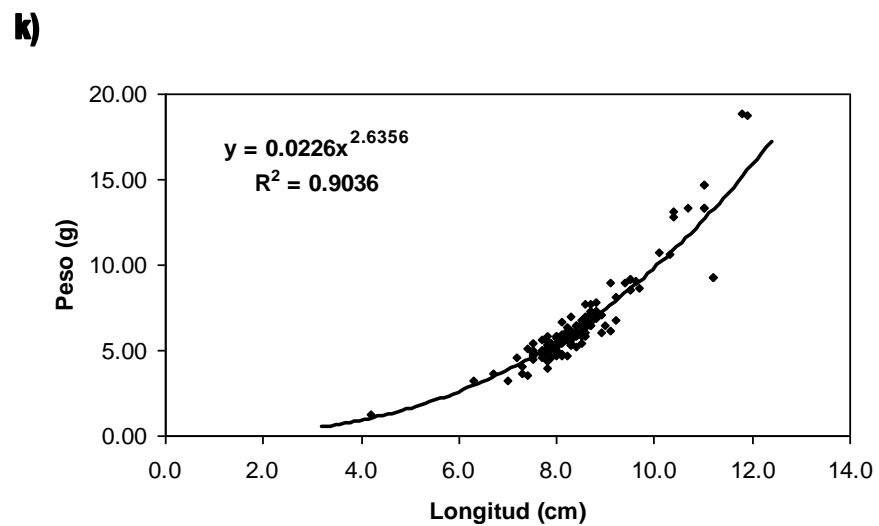
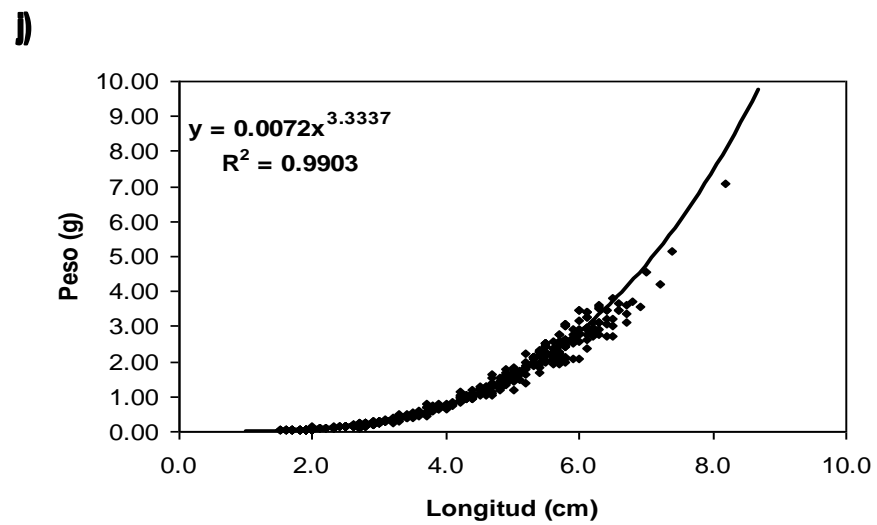
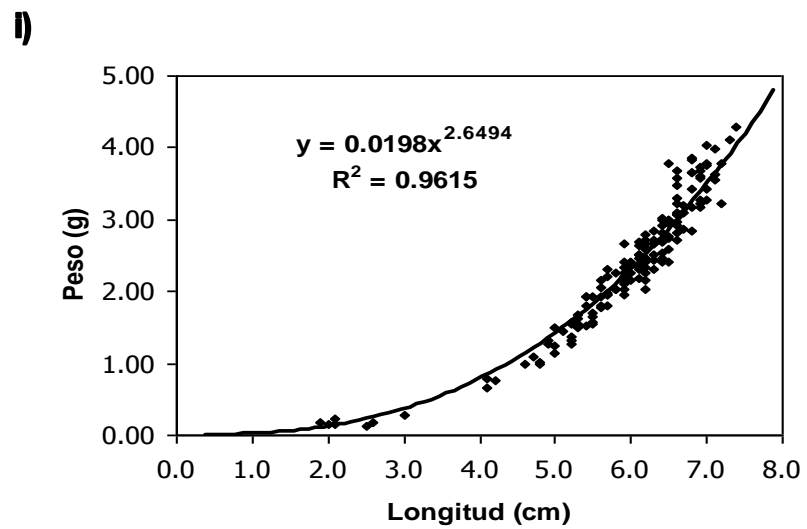


Fig. 11. Continuación. **i)** *Chirostoma contrerasi*, **j)** *Chirostoma jordani* y **k)** *Chirostoma lucius*.

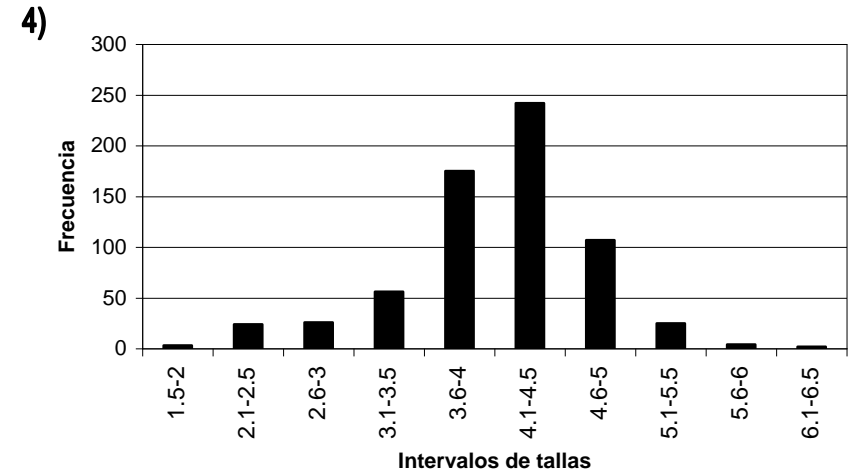
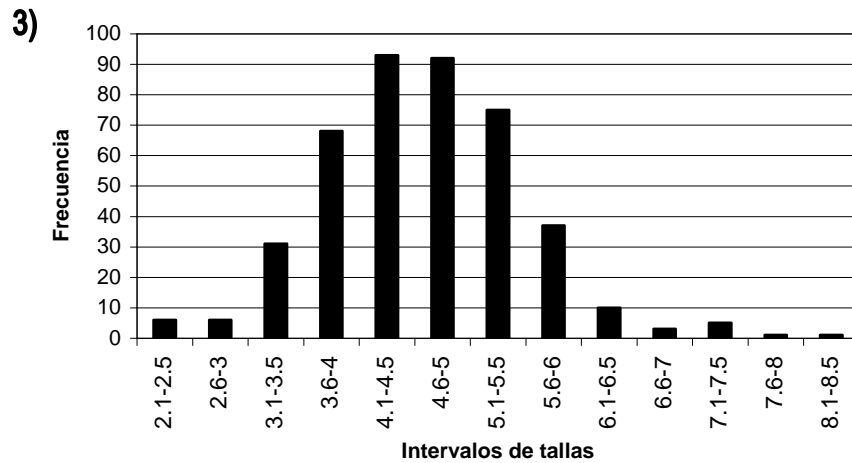
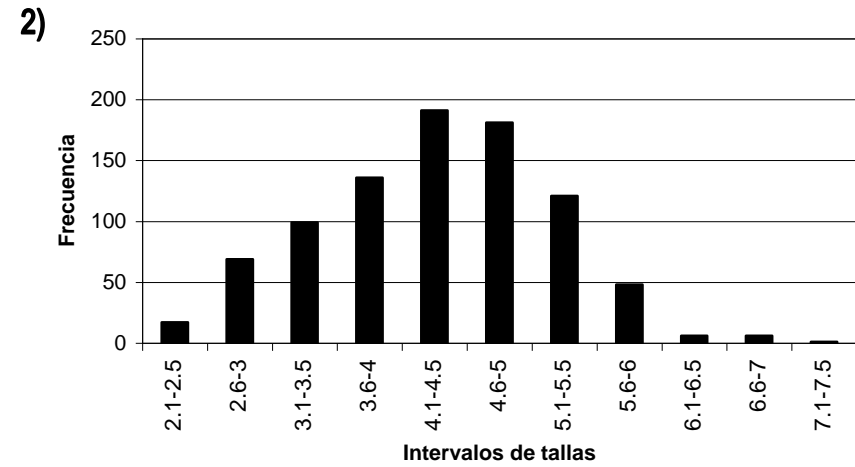
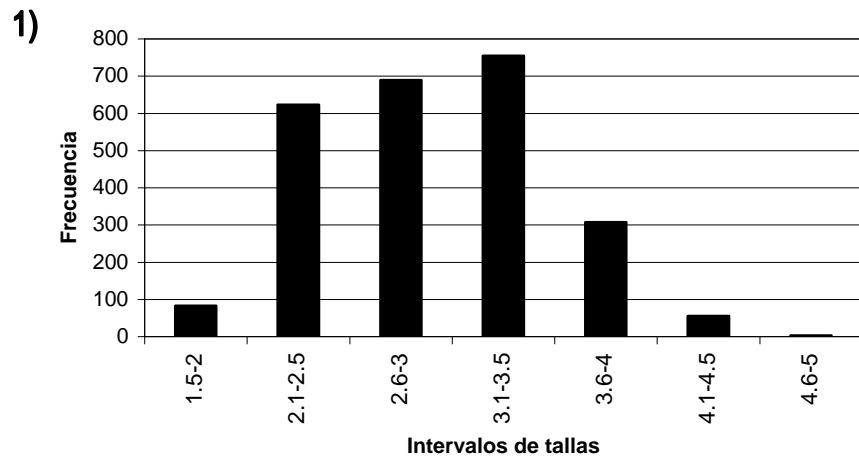
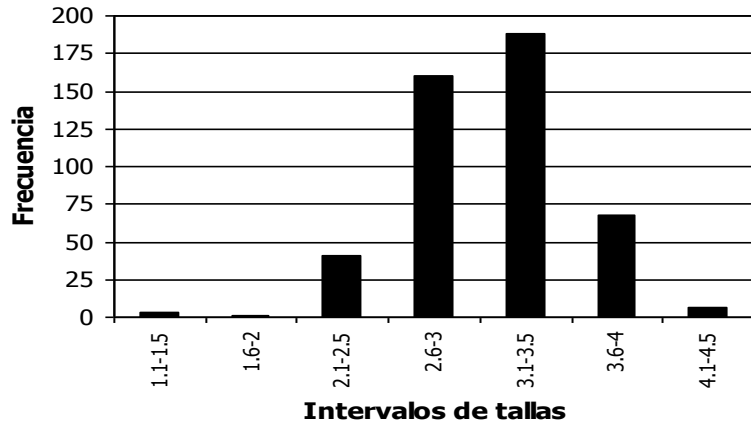
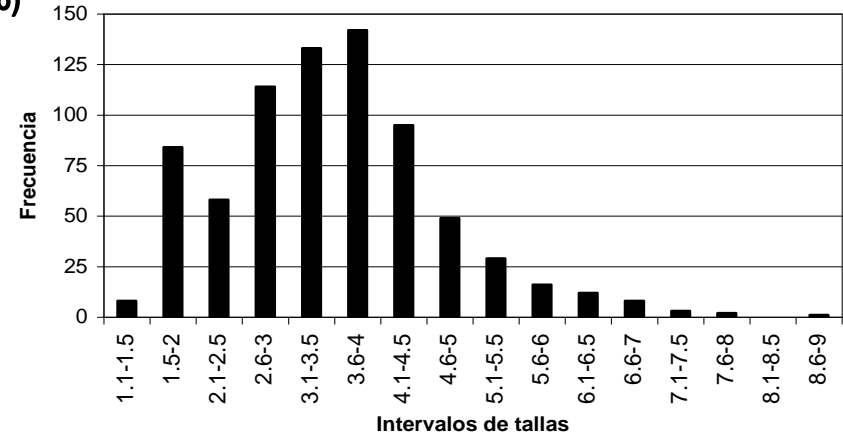


Fig. 12. Frecuencia de individuos por intervalo de tallas de 1) *Poeciliopsis infans*, 2) *Chapalichthys encaustus*, 3) *Goodea atripinnis*, 4) *Xenotoca variata*.

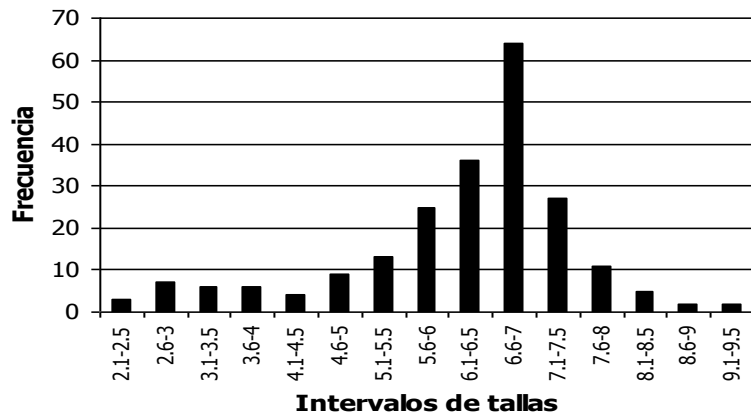
5)



6)



7)



8)

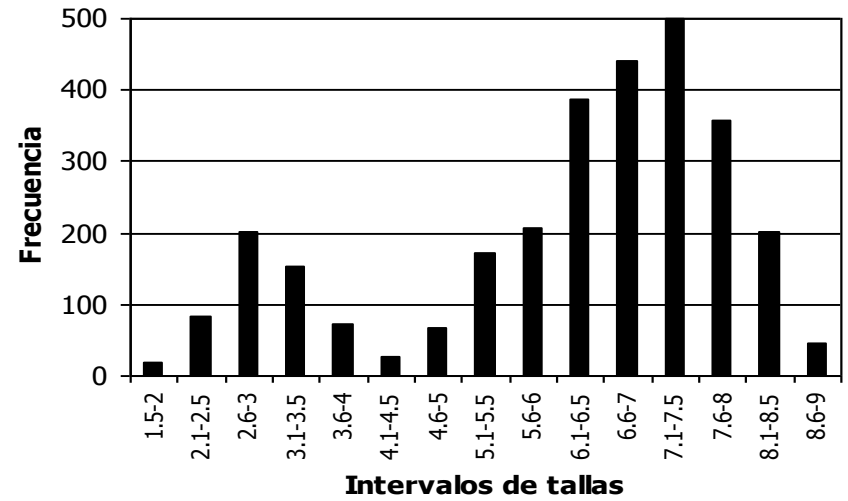
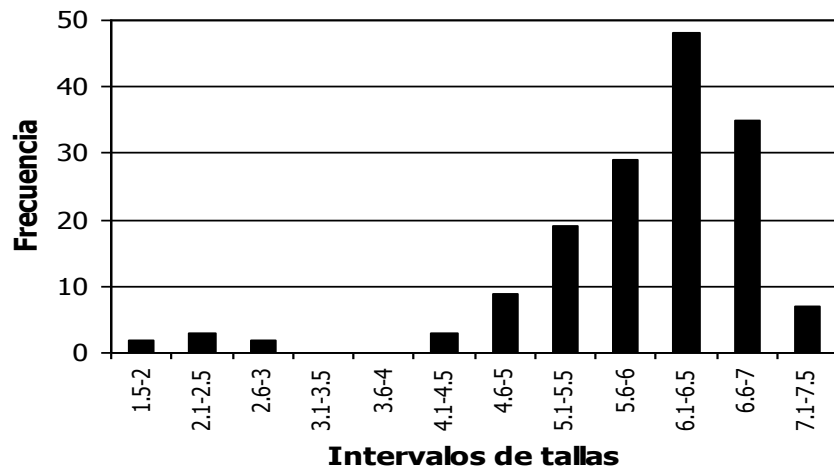


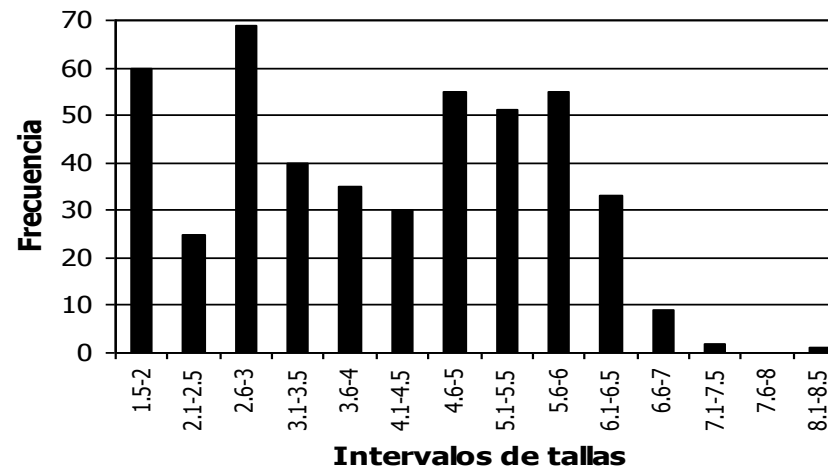
Fig. 12. Continuación. 5) *Zoogoneticus purhepechus*, 6) *Tilapia rendalli* 7) *Chirostoma chapalae*, 8) *Chirostoma consocium*.



9)



10)



11)

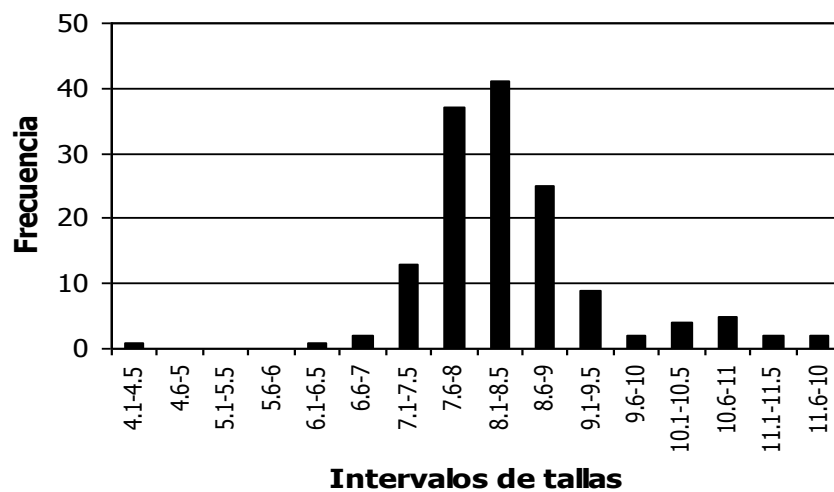


Fig. 12. Continuación. 9) *Chirostoma contrerasi*, 10) *Chirostoma jordani* y 11) *Chirostoma lucius*.

## 5.4. Índice del valor de importancia (I.V.I.)

En la estación Centro *C. consocium* dominó durante todo el año de noviembre de 2001 a octubre de 2002.

En la estación Norte *P. infans* dominó en los meses de noviembre, de marzo a mayo y de julio a octubre; *T. rendalli* dominó en diciembre, y en enero lo hizo *C. consocium*, en febrero y junio la especie dominante fue *G. atripinnis*.

En la estación Sur dominó *P. infans* durante todo el año, excepto en los meses de febrero cuando dominó *C. consocium* y el de mayo cuando la dominancia fue de *C. encaustus* (Tabla 13)

Tabla 13. Dominancias de acuerdo al Índice del Valor de Importancia (I.V.I.), mensual noviembre 2001-octubre 2002.

Meses	Sitios de muestreo		
	Norte	Centro	Sur
Noviembre	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Diciembre	<i>T. rendalli</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Enero	<i>C. consocium</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Febrero	<i>G. atripinnis</i>	<i>C. consocium</i>	<i>C. consocium</i>
Marzo	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Abril	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Mayo	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>C. encaustus</i>
Junio	<i>G. atripinnis</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Julio	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Agosto	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Septiembre	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Octubre	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>

Durante la recolecta estacional de 2007-2008, en el día para la estación Norte, dominó *C. consocium*, en cambio durante la noche sólo lo hizo en otoño y en el verano, *C. lucius* lo hizo en invierno y primavera.

En la estación Norte, durante el día dominó *P. infans* en invierno, primavera y verano, y *C. encaustus* lo hizo en otoño; durante los muestreos nocturnos *C.*

*encaustus* dominó durante el otoño y el invierno, *P. infans* lo hizo en la primavera y *T. rendalli* dominó en el verano.

En la estación Sur, *P. infans* dominó en las cuatro estaciones en el muestreo diurno, en cambio en el muestreo nocturno sólo dominó en el otoño y en el verano, y *C. encaustus* dominó en el invierno y *C. consocium* lo hizo en la primavera (Tabla 14).

Tabla 14. Dominancias de acuerdo al Índice del Valor de Importancia (I.V.I.), estacional noviembre 2007-julio 2008.

Meses	Estaciones de muestreo Día			Estaciones de muestreo Noche		
	Norte	Centro	Sur	Norte	Centro	Sur
2007-2008						
Nov.	<i>C. encaustus</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>	<i>C. encaustus</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>
Feb.	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>	<i>C. encaustus</i>	<i>C. lucius</i>	<i>C. encaustus</i>
May.	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>	<i>P. infans</i>	<i>C. lucius</i>	<i>P. infans</i>
Jul.	<i>P. infans</i>	<i>C. consocium</i>	<i>P. infans</i>	<i>T. rendalli</i>	<i>C. consocium</i>	<i>C. consocium</i>

## 5.5. Análisis multivariados

En el análisis de cluster o agrupamientos de la abundancia de peces (Fig. 13), se distinguen tres grupos que corresponden en su gran mayoría a los tres sitios de recolecta: estación Norte (1), estación Centro (2) y estación Sur (3). Sólo las recolectas de enero y diciembre de la estación Norte (1) se agruparon con el conglomerado formado por las recolectas de la estación Sur (2).

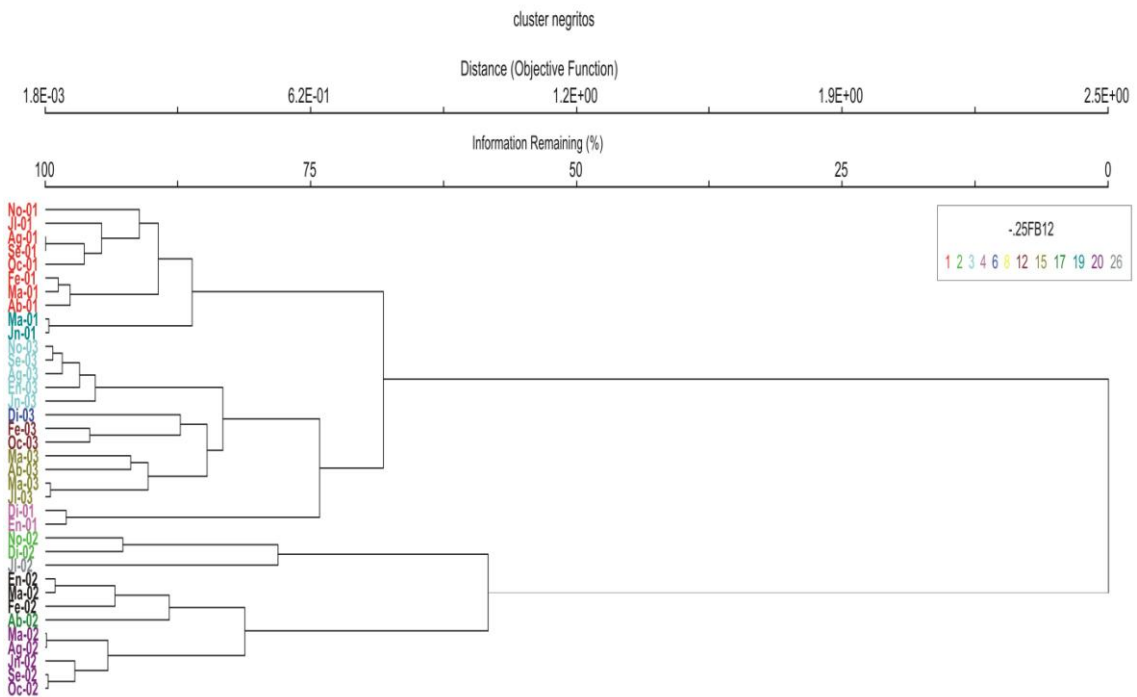


Fig. 13. Dendrograma obtenido con el análisis de cluster o agrupamientos, para la abundancia de peces mensual en las estaciones Norte (1), Centro (2) y Sur (3) de noviembre del 2001 a octubre del 2002.

En el análisis de cluster o agrupamientos de las variables ambientales (Fig. 14) se observan cuatro grupos que corresponden a las cuatro estaciones del año, sólo que las variables ambientales registradas en su momento se ven influenciadas por el estado del tiempo que se tenga en ese momento y durante un tiempo previo al de la recolecta, es decir, si el día estuvo nublado, si hubo viento, lluvia, oleaje, la profundidad del punto de registro, etc.

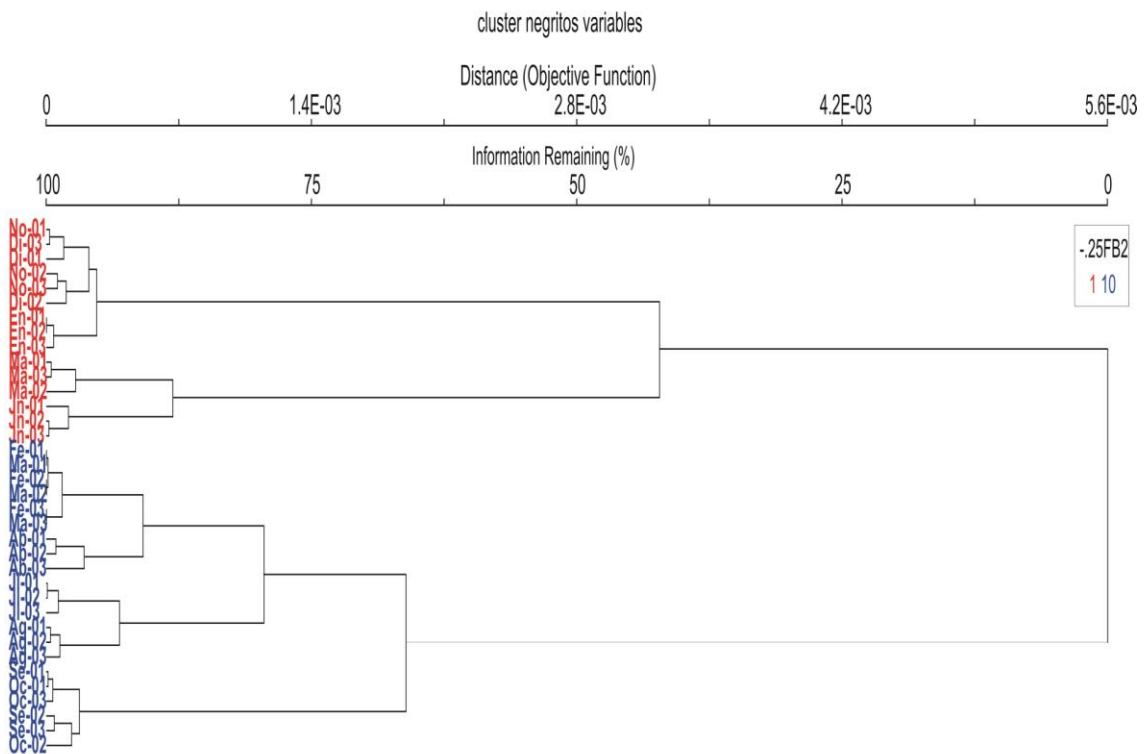


Fig. 14. Dendrograma resultado del análisis de cluster o agrupamientos, para las variables ambientales mensuales en las estaciones Norte (1), Centro (2) y Sur (3) de noviembre del 2001 a octubre del 2002.

En el Escalamiento Multidimensional No-métrico (NMS), de la abundancia mensual de peces de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte, Centro y Sur (Fig. 15), *C. consocium*, *C. lucius* y *c. jordani*, son similares entre sí y con afinidad a la estación Centro (2); el grupo compuesto por: *P. infans*, *X. variata*, *C. encaustus*, *T. rendalli*, *G. atripinnis* *Z. purhepechus* y *C. contrerasi* a la estación Norte (1); y *L. macrochirus* es afín a la estación Sur (3). Hay similitud entre la estación Norte y Sur, pero con la Centro ambas tienen una gran disimilaridad.

nms aabundancia 01-02

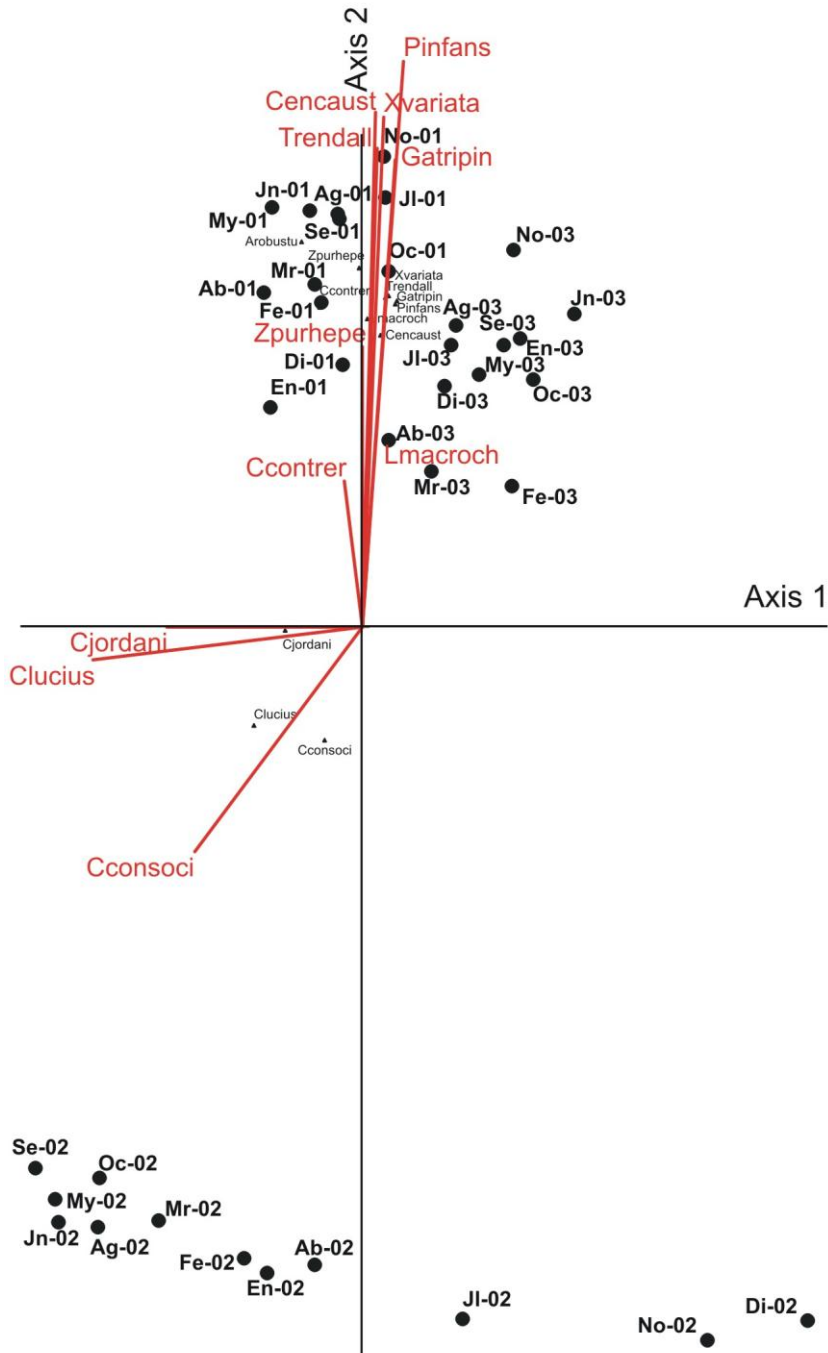


Fig. 15. Escalamiento Multidimensional No-métrico, de la abundancia de peces mensual diurna de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte (01), Centro (02) y Sur (03).

En el Escalamiento Multidimensional No-métrico de la abundancia de peces de las recolectas mensuales diurnas de noviembre del 2001 a octubre del 2002 y las estacionales diurnas y nocturnas de julio del 2007 a julio del 2008 (Fig. 16), C.

*encaustus*, *X. variata*, *T. rendalli*, *G. atripinnis* y *Z. purhepechus*, tienen similaridad con *P. infans*, en cambio *L. macrochirus* y *C. jordani* presentan menor similaridad hacia esa especie. *C. consocium* y *C. lucius* son similares entre ellas pero no hacia *P. infans*.

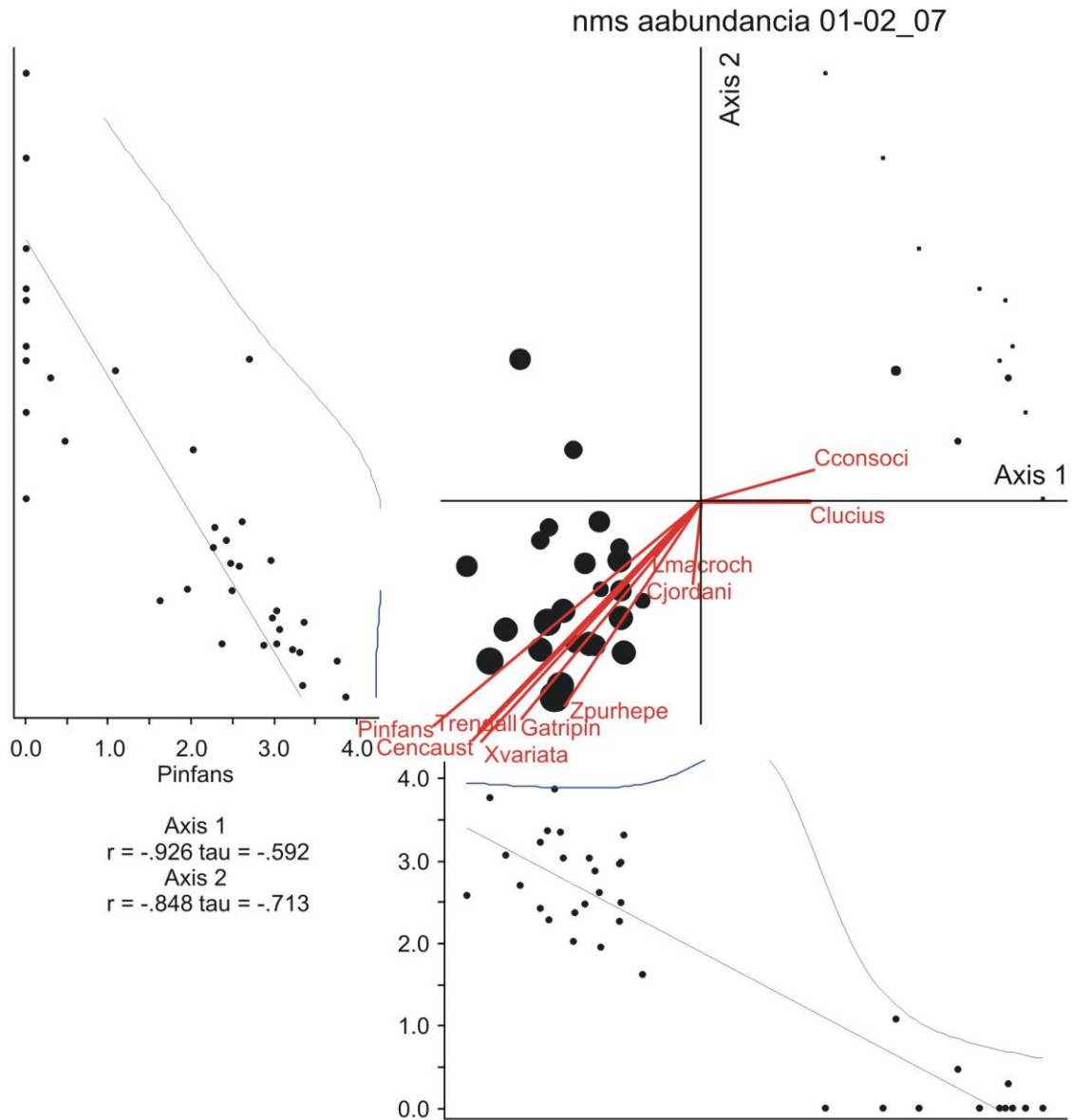


Fig. 16. Escalamiento Multidimensional No-métrico para la abundancia mensual diurna de noviembre del 2001 a octubre del 2002 y la estacional diurna y nocturna de noviembre de 2007 a julio de 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la abundancia de *P. infans* con la abundancia de las otras especies.

En el NMS de la abundancia y las variables ambientales, estacionales diurnas y nocturnas de noviembre del 2007 a julio del 2008, en las estaciones Norte, Centro y

Sur y la relación que tiene la abundancia de *C. lucius* con la abundancia de las otras especies, se observa que la especie con mayor similitud en la abundancia con ella fue *C. consocium*, y el resto de las especies formaron un grupo aparte con una alta disimilitud con esta especie (Fig. 17).

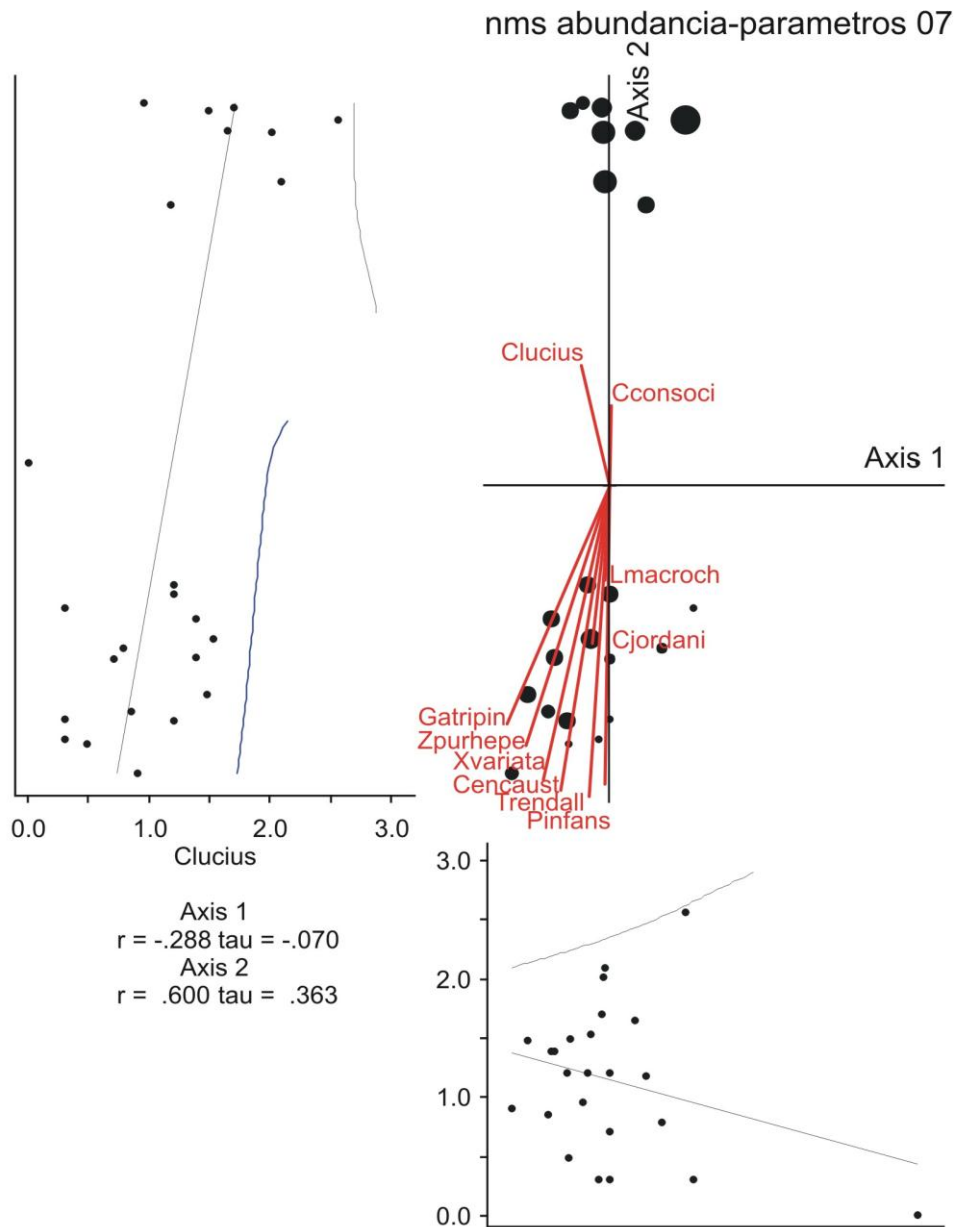


Fig. 17. Escalamiento Multidimensional No-métrico de la abundancia y las variables ambientales, estacionales diurnas y nocturnas, de noviembre del 2007 a julio del 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la abundancia de *C. lucius* con la abundancia de las otras especies.

En el NMS para la abundancia y las variables ambientales, estacionales diurnas y nocturnas de noviembre del 2007 a julio del 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur y la relación que tiene la abundancia de *P. infans* con la abundancia de las otras



especies (Fig. 18), se observa que las disimilitudes son iguales en magnitud que en el gráfico anterior y en la orientación de los ejes, con la diferencia que para *P. infans* tuvo mayor presencia en más estaciones que *C. lucius*.

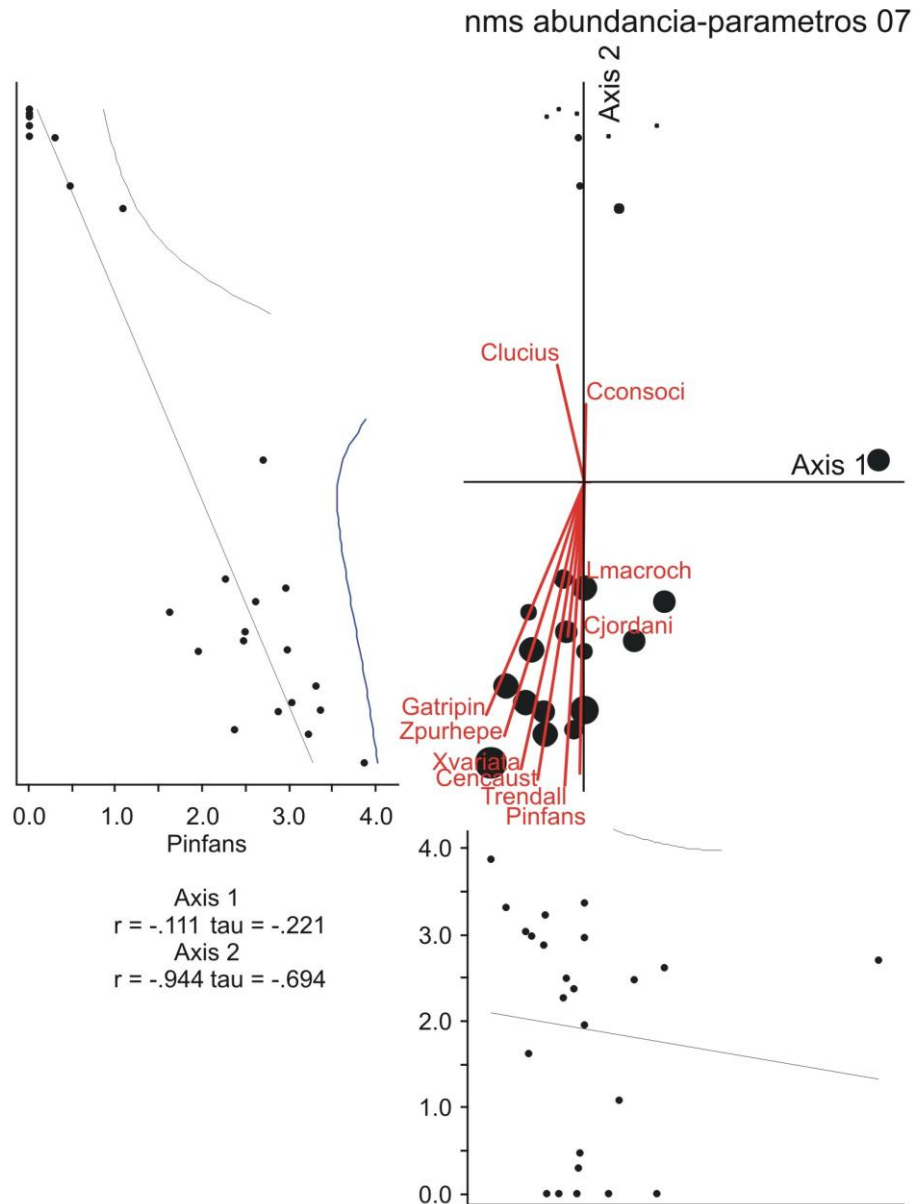


Fig. 18. Escalamiento Multidimensional No-métrico de la abundancia y las variables ambientales, estacionales de noviembre del 2007 a julio del 2008, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la abundancia de *P. infans* con la abundancia de las otras especies.

Al analizar el NMS para las variables ambientales mensuales diurnas de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte (01), Centro (02) y Sur (03) (Fig. 19), se observa que esas variables se distribuyeron por estación del año, de tal

manera que para los meses de febrero, marzo y abril (primavera) la variable ambiental afín fue la profundidad, para los meses de mayo y junio (verano), la variables ambientales fueron sólidos totales disueltos, salinidad y conductividad, para los meses de julio, agosto, septiembre y octubre (otoño), las variables afines fueron temperatura, potencial de hidrógeno(pH) y turbiedad y para noviembre, diciembre y enero (invierno) fue el oxígeno disuelto.

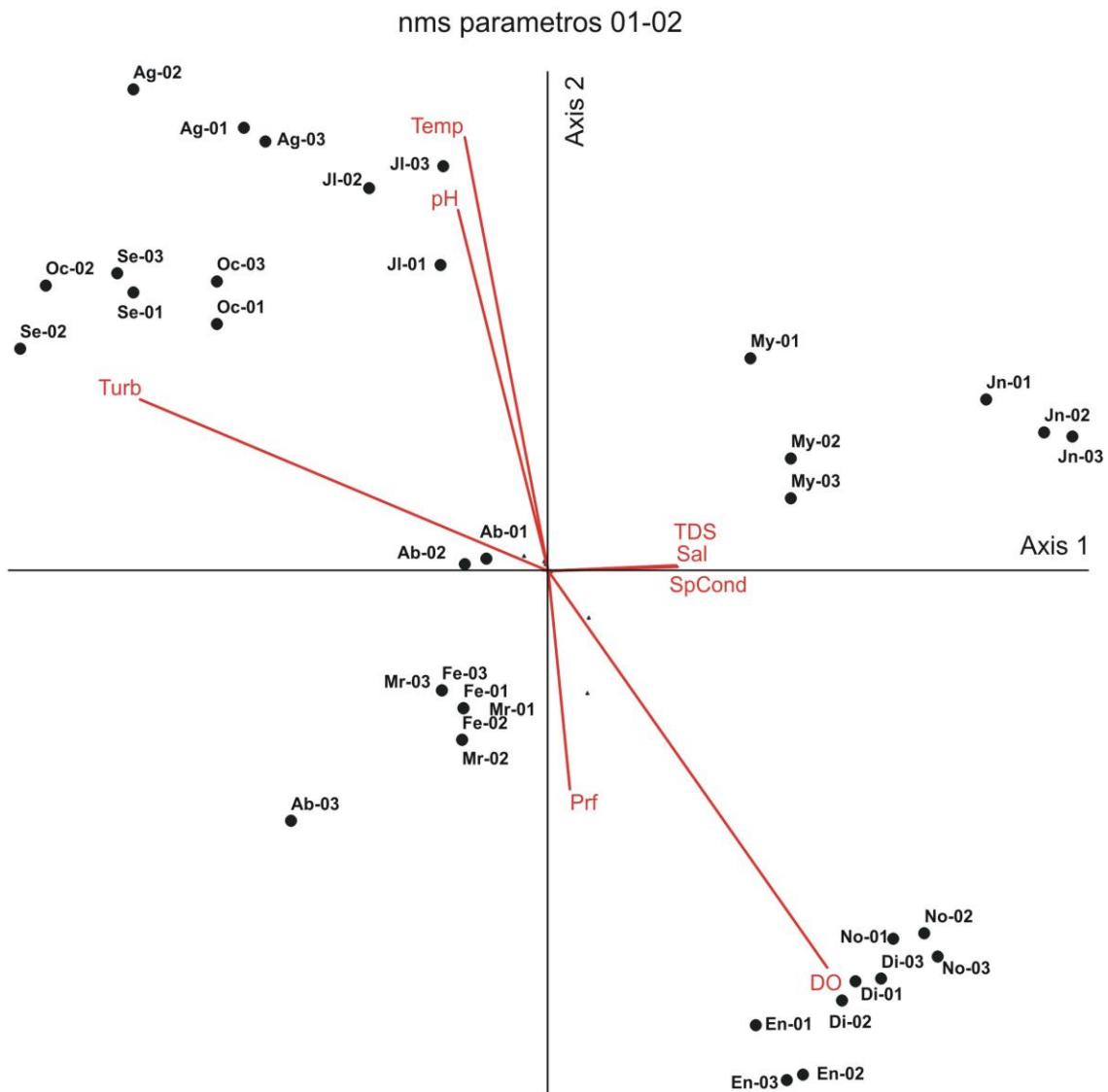


Figura 19. Escalamiento Multidimensional No-métrico de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte (01), Centro (02) y Sur (03).

En el NMS de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte, Centro y Sur y la relación que tiene la temperatura y la turbidez con las otras variables ambientales se muestran en las figuras 20 y 21.

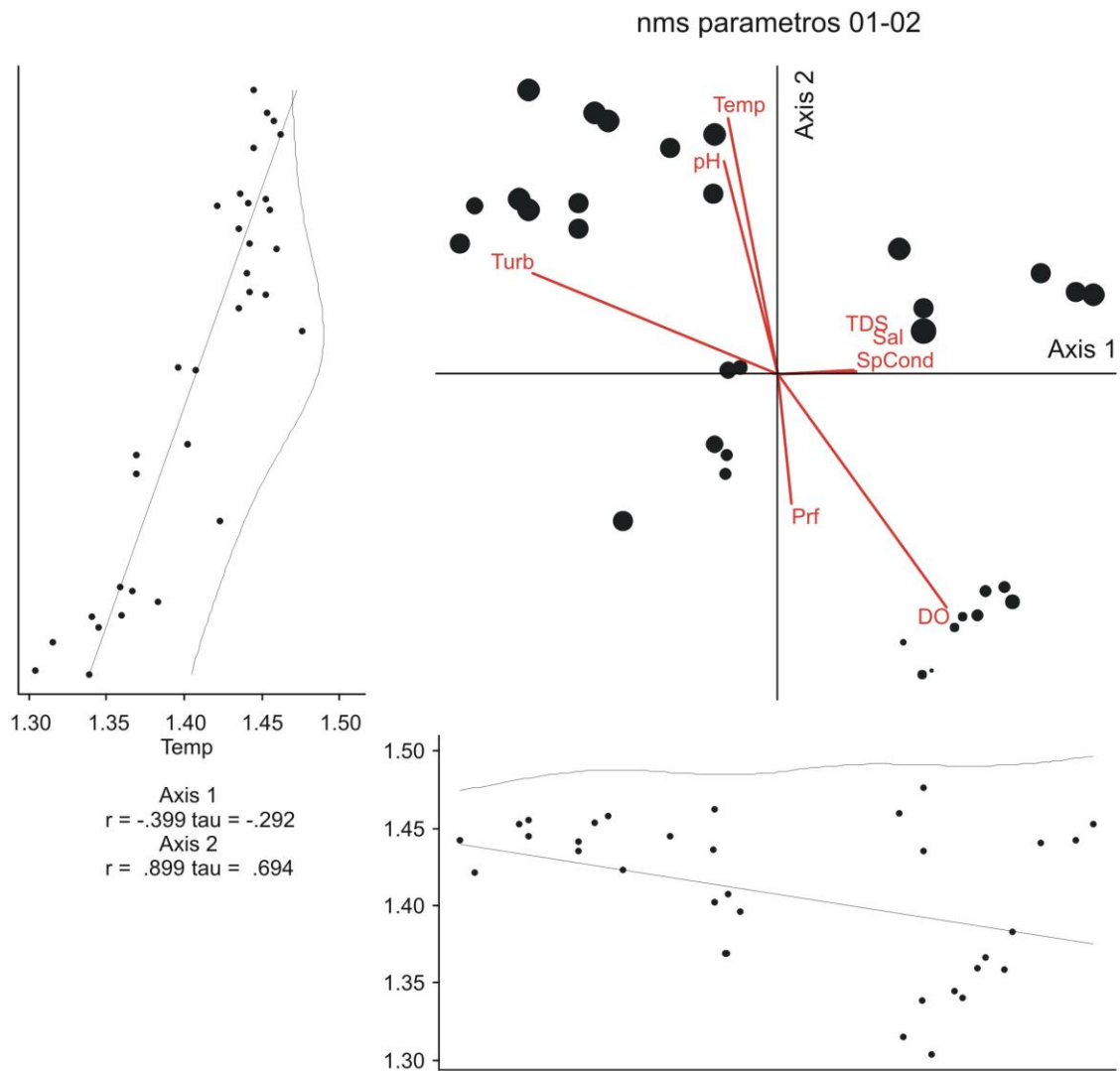


Fig. 20. Escalamiento Multidimensional No-métrico de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la temperatura con las otras variables ambientales.

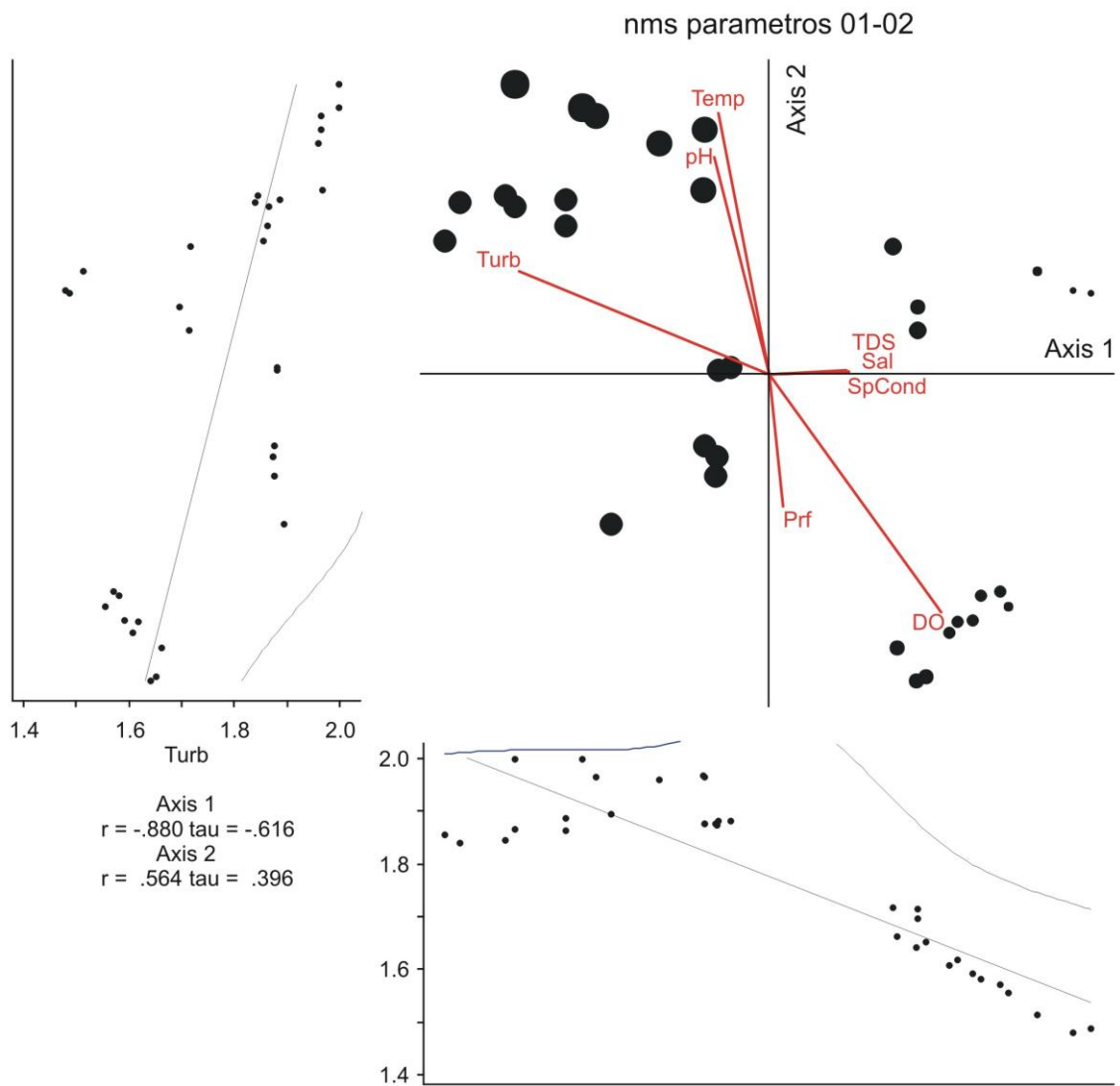


Fig. 21. Escalamiento Multidimensional No-métrico de las variables ambientales, mensuales de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en las estaciones Norte, Centro y Sur; y la relación que tiene la turbiedad con las otras variables ambientales.

## 5.6. Calidad del agua.

En la figura 22, y en las tablas 15 y 16 se muestran las variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en los tres sitios de muestreo, para la superficie y el fondo.

Las temperaturas más bajas se presentaron en el mes de enero y entre ellas la de fondo de la estación Centro fue la menor con un registro de  $18.6^{\circ}\text{C}$ ; las más altas fueron las del mes de mayo y de ellas la mayor fue la temperatura superficial de la estación Sur con  $28.89^{\circ}\text{C}$  (Fig. 22 i)

Para el oxígeno disuelto (Fig. 22 ii), las concentraciones más altas fueron las correspondientes al mes de enero, y de ellas la mayor fue la del fondo de la estación Norte con  $7.48\text{ mg/l}$ ; por el contrario las más bajas fueron las del mes de septiembre, y la menor de ellas fue la del fondo de la estación Norte con  $1.92\text{ mg/l}$ .

Respecto a la turbiedad (Fig. 22 iii) las medidas más bajas, se encontraron en el mes de junio, siendo la menor de ellas la registrada en la superficie de la estación Centro con  $29.0$  Unidades de Turbiedad Nefelométrica (NTU, por sus sigla en inglés) y las más altas en el mes de agosto, siendo la mayor de ellas la registrada en la superficie de la estación Norte con  $98.7\text{ NTU}$ ; del mes de diciembre al mes de abril la turbidez presenta un franco aumento y en el mes de mayo y junio se presenta un decremento tanto en el agua del fondo como de la superficie en las tres estaciones de muestreo, y es a partir de este momento cuando la turbiedad aumenta por efecto de los arrastres debido a las lluvias.

Las salinidades más bajas se encontraron en el mes de septiembre y las menores de ellas fueron en la estación Norte tanto en el fondo como en la superficie con 2.11 g/l, en cambio las salinidades más altas se presentaron en el mes de mayo en la superficie de las estaciones Norte y Sur con 2.38 g/l, debido a que era la temporada con mayor evaporación ya que la nubosidad era menor y las temperaturas más altas (Fig. 22 iv).

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) fueron menores para el mes de septiembre, y entre ellos el menor fue para el fondo de la estación Norte con 2.482 g/l habiendo coincidido en este aspecto con la salinidad más baja que se presentó y los mayores STD se registraron en el mes de mayo, siendo el máximo en la superficie de la estación Sur con 2.793 g/l, teniéndose también una coincidencia con las salinidades mayores registradas (Fig. 22 v).

La conductividad eléctrica fue en aumento en la temporada de secas de noviembre a mayo, dado que por la evaporación que sufre el lago en esa temporada hay concentración de iones y disminuyó en la temporada de lluvias por el efecto diluyente que tiene el agua de lluvia (Fig. 22 vi).

El potencial de Hidrógeno (pH) en el lago La Alberca, fue más bajo en el mes de diciembre, siendo el menor en la superficie de la estación Centro con 7.08 unidades y los pH más altos se presentaron en el mes de abril siendo el mayor en el fondo de la estación Sur con 9.26 unidades (Fig. 22 vii).

En la figura 23 se muestran las variables ambientales superficiales del lago La Alberca, que se registraron estacionalmente, de noviembre del 2007 a julio del 2008, en los 3 sitios de muestreo, durante el día y la noche.

Las temperatura más baja se presentó en el centro durante la noche en el mes de noviembre con un registro de  $21.11^{\circ}\text{C}$ ; la más alta fue en mes de julio en la estación de muestreo Norte durante el día y se tuvo un registro de  $29^{\circ}\text{C}$  (Fig. 23  $\alpha$ ).

Para el oxígeno disuelto, la concentración más baja fue en la estación Centro durante el día en el mes de noviembre con un registro de  $1.95\text{ mg/l}$ ; por el contrario las más alta se presentó en julio durante el día y fue de  $6.77\text{ mg/l}$  (Fig. 23  $\beta$ ).

Las salinidad más baja fue de  $2.13\text{ g/l}$  en la estación Centro durante el día en el mes de febrero, y la más alta fue de  $2.33\text{ g/l}$  en la estación Norte durante la noche (Fig. 23  $\gamma$ ).

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) fueron menores en el mes de febrero con un registro de  $2.50\text{ g/l}$  en la estación Centro en el día y la mayor concentración fue de  $2.72\text{ g/l}$  en el mes de mayo en la estación Norte en la noche (Fig. 23  $\delta$ ).

La conductividad eléctrica menor se presentó en el mes de febrero en la estación Centro durante el día, se tuvo un registro de  $3,915\text{ mS/cm}$  y la mayor fue de  $4,263\text{ mS/cm}$  en mayo en la estación Norte durante la noche (Fig. 23  $\epsilon$ ).

El potencial de Hidrógeno (pH) en el lago La Alberca, más bajo fue de 7.08 en el mes de noviembre en la estación Centro durante la noche y el más alto fue de 8.99 unidades, en el mes de mayo en la estación Centro durante el día (Fig. 23 ζ).

En la figura 24 se comparan las variables ambientales registradas estacionalmente entre la superficie y el fondo del lago, en el día y la noche, en la estación Centro, de noviembre del 2007 a julio del 2008. Esta es la zona más profunda de este cuerpo de agua.

Al comparar la temperatura de la superficie y del fondo en la estación Centro del lago (Fig. 24 a), se encontró que la menor fue de 21.11 °C., presentándose durante la noche en la superficie en el mes de noviembre y la más alta fue de 27.42 °C., en el mes de julio durante el día en la superficie.

El oxígeno disuelto más bajo fue de 1.75 mg/l, en el mes de noviembre, durante el día, en el fondo y la mayor concentración fue de 6.31 mg/l, en el mismo mes, pero durante la noche en la superficie (Fig. 24 b).

Para la salinidad (Fig. 24 c), se tiene que el menor registro en esta estación fue de 2.13 g/l en el mes de febrero, obteniéndose esta concentración durante el día en la superficie y el fondo, y durante la noche en el fondo, es necesario hacer notar que en este mismo mes en la superficie durante la noche se tuvo una concentración de 2.14 g/l, muy similar a las obtenidas en este mismo mes en este sitio de muestreo; la salinidad más alta fue de 2.28 g/l, en mayo, en el día y en el fondo del lago.



Las menores concentraciones de sólidos totales disueltos fueron de 2.50 g/l, encontrándose éstas en el mes de febrero, el día en la superficie y el fondo y en la noche en el fondo, y al igual que lo que ocurrió con la salinidad, en este mismo mes, en la noche, en la superficie, se tuvo una concentración de 2.51 g/l; la mayor concentración fue de 2.68 g/l durante el día, en el fondo del mes de mayo (Fig. 24 d).

De forma similar la conductividad eléctrica tuvo su registro mínimo de 3,910 mS/cm, para esta estación de muestreo, en febrero, en el fondo, durante el día y también en la noche, y el máximo en mayo, durante el día, en el fondo, con 4,162 mS/cm (Fig. 24 e).

En la superficie del lago, el potencial de hidrógeno (pH), tuvo su mínimo en noviembre, en la noche, con 7.08 y su máximo de 9.45 en el mismo mes durante el día (Fig. 24 f).

Durante el muestreo diurno y nocturno estacional de otoño de 2007 a verano de 2008 se registró una alcalinidad total promedio de 310.86 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  del agua del lago La Alberca. Durante el día el promedio de alcalinidad total fue de 316.25 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  y durante la noche el promedio de alcalinidad total fue de 306.59 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  (Tabla 15).

Durante el muestreo diurno y nocturno estacional de otoño de 2007 a verano de 2008 se registró una dureza total promedio de 18.41 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  del agua del lago La Alberca. Durante el día el promedio de dureza total fue de 18.50 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  y durante la noche el promedio de dureza total fue de 18.32 mg/l como  $\text{CaCO}_3$  (Tabla 16).

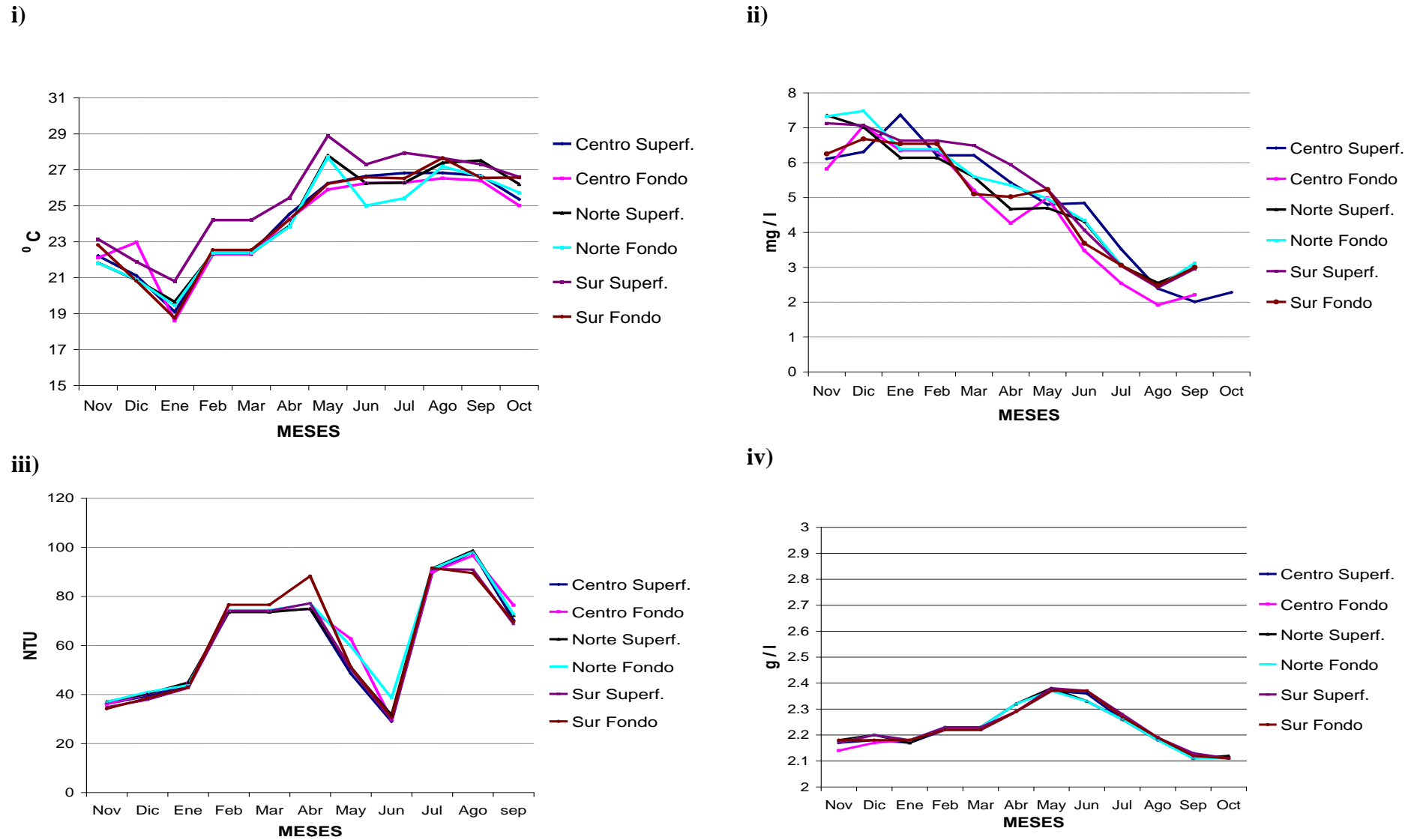
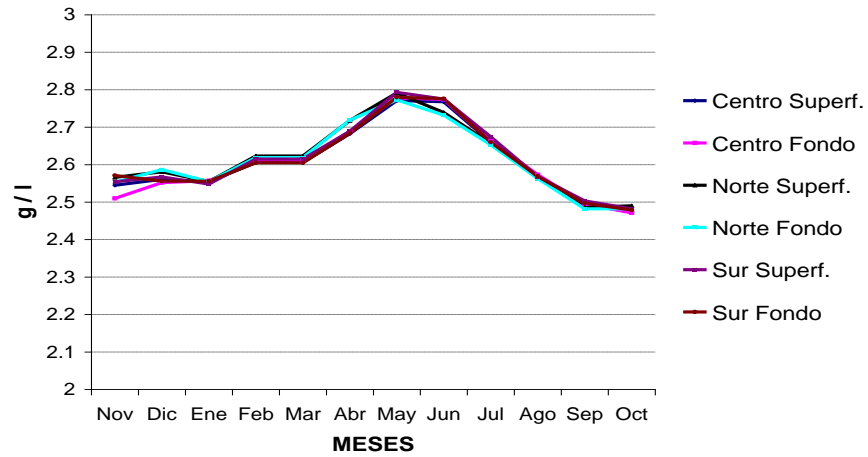
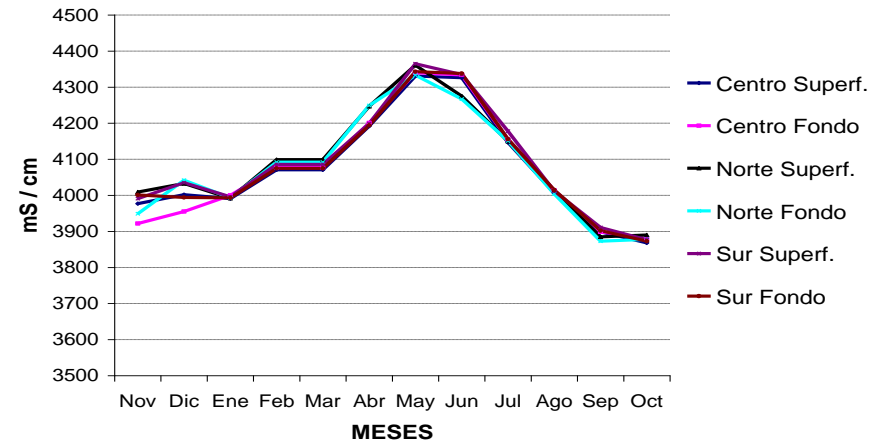


Fig. 22. Variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron mensualmente de noviembre del 2001 a octubre del 2002, en los 3 sitios de muestreo, en la superficie y el fondo. **i)** temperatura, **ii)** oxígeno disuelto, **iii)** turbiedad, **iv)** salinidad.

v)



vi)



vii)

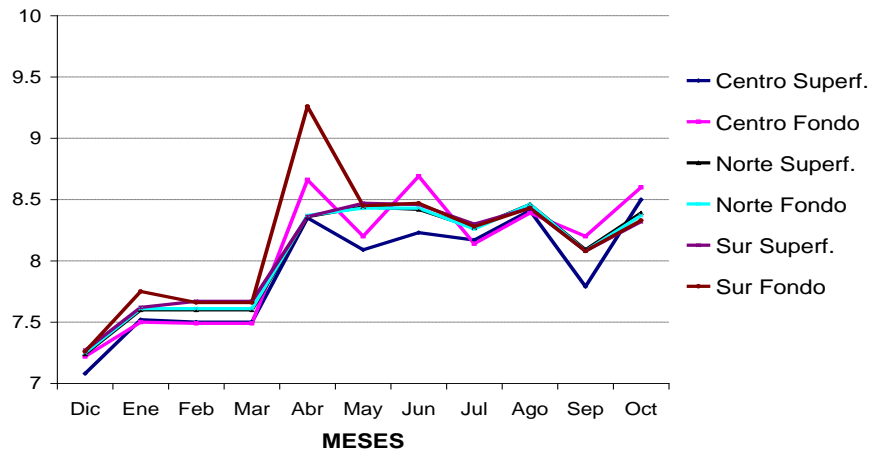


Fig. 22. Continuación. v) sólidos totales disueltos, vi) conductividad eléctrica y vii) potencial de hidrógeno (pH).

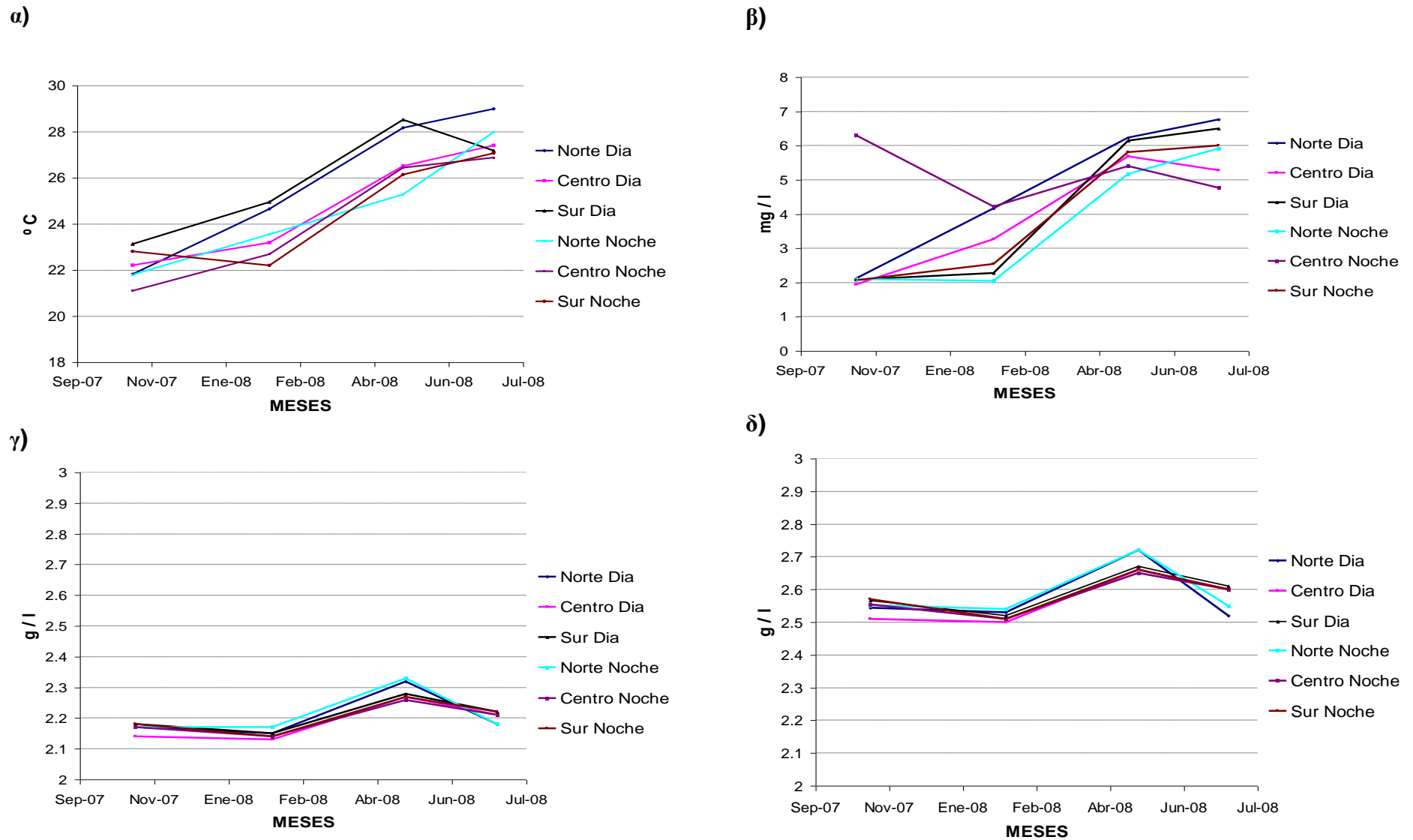


Fig. 23. Variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron estacionalmente de noviembre del 2007 a julio del 2008, en los 3 sitios de muestreo, durante el día y la noche, en la superficie. **α)** temperatura, **β)** oxígeno disuelto, **γ)** salinidad, **δ)** sólidos totales disueltos.

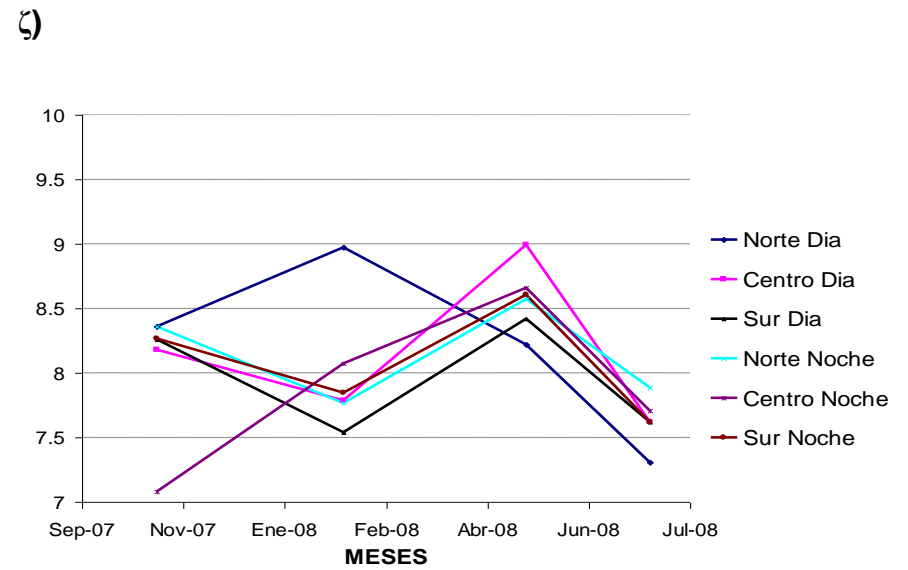
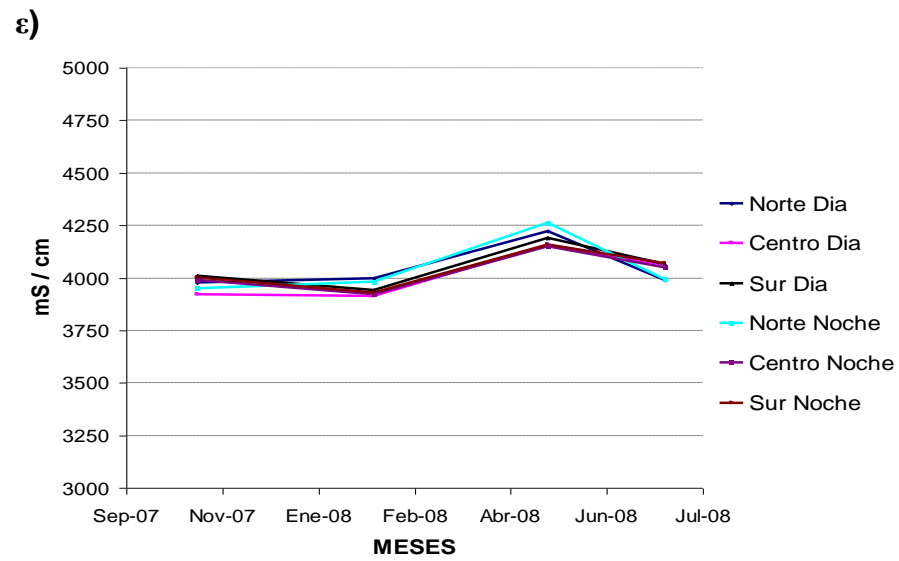


Fig. 23. Continuación. ε) conductividad eléctrica y ζ) potencial de hidrógeno (pH).

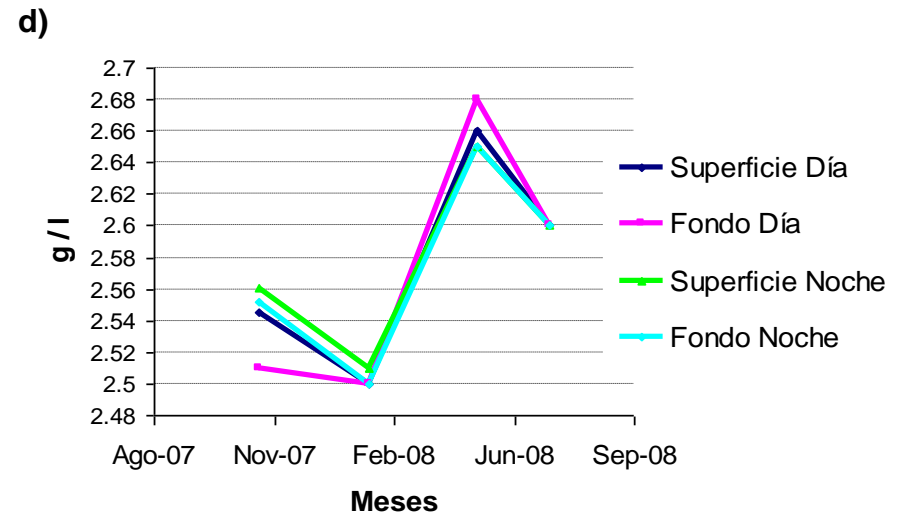
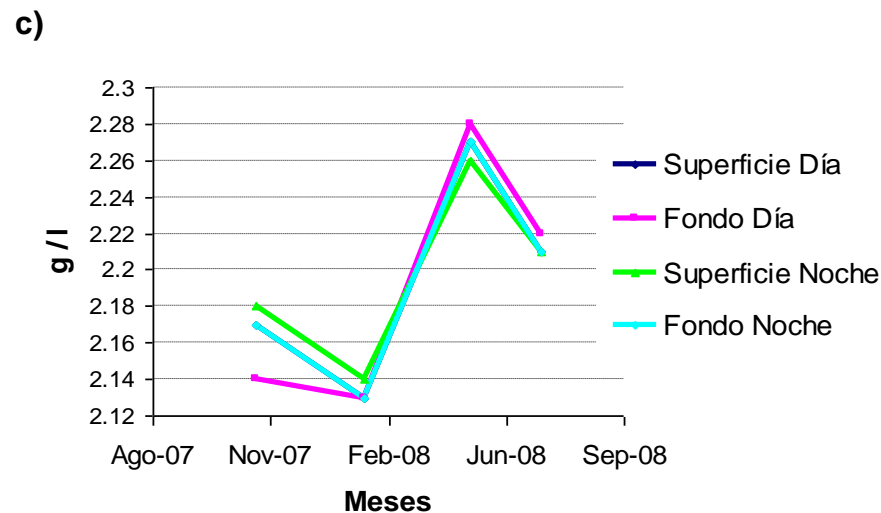
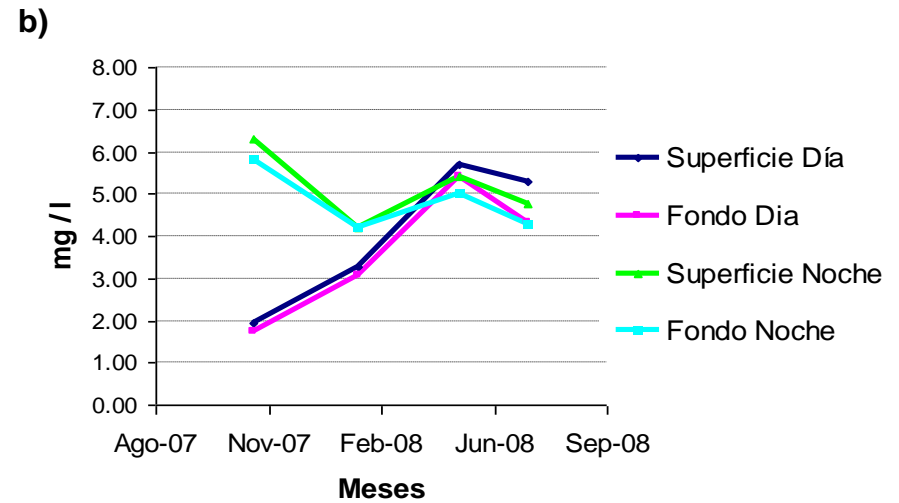
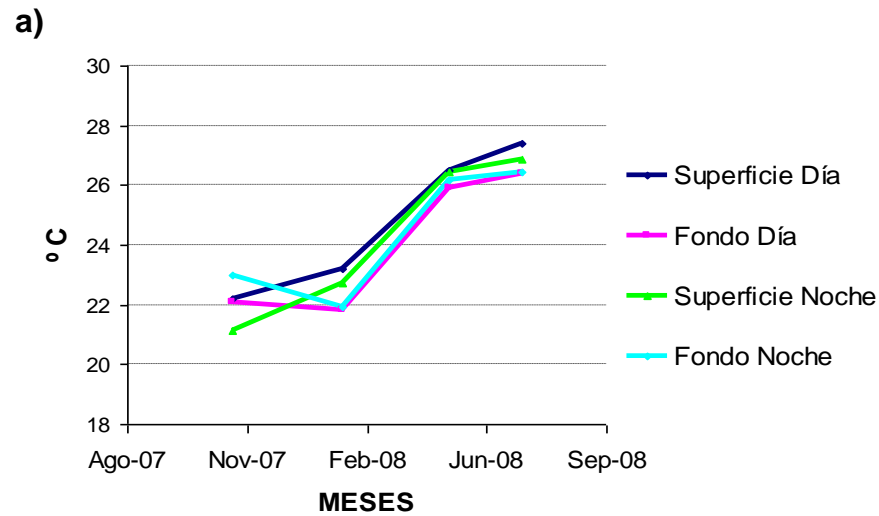
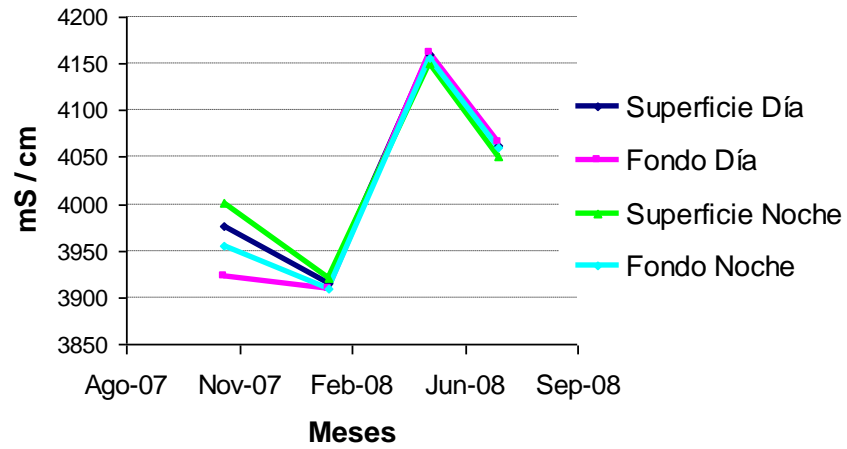


Fig. 24. Variables ambientales del lago La Alberca, que se registraron estacionalmente de noviembre del 2007 a julio del 2008, en el centro del lago, durante el día y la noche, en la superficie y el fondo. **a)** temperatura, **b)** oxígeno disuelto, **c)** salinidad, **d)** sólidos totales disueltos.

e)



f)

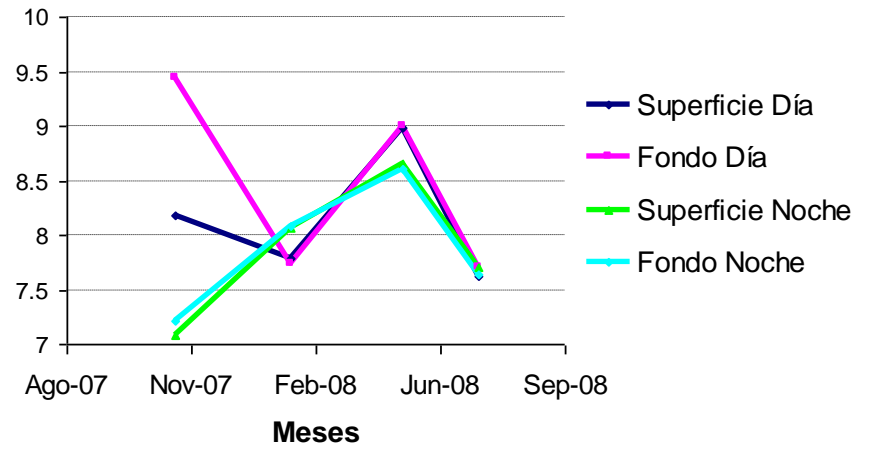


Fig. 24. Continuación. **e)** conductividad eléctrica y **f)** potencial de hidrógeno (pH).

Tabla 15. Alcalinidad total (mg/l como CaCO<sub>3</sub>) del agua del lago La Alberca, durante el día y la noche, de forma estacional de 2007 - 2008.

<b>Alcalinidad Total</b>	<b>Otoño Noviembre</b>	<b>Invierno Febrero</b>	<b>Primavera Mayo</b>	<b>Verano Julio</b>
Norte Día	335.78	291.49	339.90	337.41
Norte Noche	302.82	297.67	335.78	304.29
Centro Día	334.75	292.52	327.50	336.375
Centro Noche	334.75	287.37	327.50	336.375
Sur Día	283.25	294.58	323.40	284.625
Sur Noche	283.25	283.25	302.82	283.25

Tabla 16. Dureza total (mg/l como CaCO<sub>3</sub>) del agua del lago La Alberca, durante el día y la noche, de forma estacional de 2007 - 2008.

<b>Dureza Total</b>	<b>Otoño Noviembre</b>	<b>Invierno Febrero</b>	<b>Primavera Mayo</b>	<b>Verano Julio</b>
Norte Día	20.72	16.28	13.30	20.72
Norte Noche	18.50	17.02	16.28	18.5
Centro Día	22.94	17.02	12.60	22.94
Centro Noche	22.94	18.50	12.70	22.94
Sur Día	22.20	19.24	11.80	22.2
Sur Noche	22.20	16.28	11.80	22.2



## 6. Discusión

### 6.1. Composición

Todos los peces encontrados en el lago La Alberca son nativos, con excepción de *Tilapia rendalli* y *Lepomis macrochirus*. Las especies nativas también se encuentran presentes en el lago de Chapala, por lo explicado con anterioridad en el sentido que ambos cuerpos de agua estuvieron unidos. Sin embargo, hay dos aspectos muy importantes que resaltar en cuanto a la composición ictiofaunística al comparar ambos cuerpos de agua:

1. El lago La Alberca cuenta con un poco menos de la mitad de las especies del lago de Chapala (11 y 26, respectivamente), pero Chapala es 2,813 veces más grande. En otras palabras, La Alberca presenta una gran diversidad de especies considerando su tamaño.
2. Las poblaciones de las especies en Chapala se encuentran muy disminuidas, son difíciles de encontrar *C. lucius*, *X. variata*, *Z. purhepechus* y *A. robustus*, contrario a lo que sucede en La Alberca, característica que lo hace un sitio de conservación importante.

Cabe resaltar que no se encontraron especies pequeñas de ornato introducidas, lo cual es un buen síntoma de integridad del ecosistema y en términos de conservación de las especies nativas. Se debe prevenir a toda costa que se introduzcan dichas especies, porque tienen una gran capacidad de proliferación, por altas tasas de

reproducción, y son generalmente tolerantes, lo que crea una competencia sobre las especies que son nativas.

La coexistencia de un número relativamente grande de especies, responde a la estructura del hábitat y a los diferentes hábitos alimentarios: segregación espacio-temporal y trófica. Otros ejemplos se dan en la laguna de Zacapu (Moncayo, 1996), en Naranja de Tapia y Bellas fuentes (Benítez, 1995), siendo similares estos sitios al lago La Alberca, en el hecho de que todos son remanentes de cuerpos de agua más grandes que se desecaron a principios del siglo pasado.

## **6.2. Abundancia**

En términos de abundancia de las especies, considerando los valores relativos y la representación del cluster o análisis de agrupamientos, el lago se divide en dos grandes áreas: la que incluye las estaciones Norte y Sur por un lado y la estación Centro por el otro. Esto, de primera instancia, demuestra que hay una clara zonificación entre las partes someras y profundas, ocupadas de manera natural por especies litorales y limnéticas, respectivamente. Cabe destacar que hay una individualidad y diferencia entre las estaciones Norte y Sur al nivel de la tercera especie dominante, lo cual se debe a la cercanía, y por cuestiones batimétricas, de la región más profunda hacia el sur. Además, la parte norte del lago está representada por una extensa región de playa.

El análisis de ordenamiento ratifica lo expuesto con anterioridad. De antemano, es tal la magnitud de dominancia de *P. infans* en las estaciones Norte y Sur que crea la diferenciación clara con la estación Centro donde domina *C. consocium* y los valores

de las variables ambientales quedan opacados. Si bien la zonificación se mantiene en los diferentes periodos (2001-2002 vs. 2007-2008) *C. lucius* predomina en el segundo, lo que se explica más a detalle enseguida.

Otro aspecto que determina la abundancia de los peces en las diferentes áreas, está dado por la disponibilidad de alimento. Las especies dominantes en las estaciones Norte y Sur son *P. infans*, cuya dieta se ha descrito como omnívora tendiente a herbívora (Zubieta, 1985), *C. encaustus* que es detritívora y *T. rendalli* que se considera herbívora (Chifamba, 1990), *X. variata* que se considera omnívoro con tendencia carnívoro hacia el consumo de larvas de insecto (dípteros) y *G. atripinnis* que es un omnívoro detritívoro con una cierta tendencia a herbívoro (Moncayo, 1996). Esta área poco profunda, con gran cantidad de luz y materia orgánica por su mayor interacción con la orilla y actividades humanas como la ganadería, produce de manera importante el alimento preferencial de dichas especies. Como un elemento adicional, estos peces se consideran tolerantes a diferentes impactos ambientales (Huidobro, 2000).

En el área central del lago se tiene mayor profundidad y transparencia, lo que permite el desarrollo de especies limnéticas como los atherinópsidos (charales y pescados blancos). Al mismo tiempo favorece el desarrollo de la cadena trófica sustentada en la comunidad de zooplancton, que son las presas preferenciales de estos peces. Dentro del mismo contexto de la alimentación, la dominancia de *C. consocium* se puede relacionar más a que captura principalmente copépodos, que suelen ser los organismos más representativos del zooplancton en sitios transparentes, ya que los cladóceros son más vulnerables y tienen valores poblacionales bajos. La presencia de un pescado blanco (*C. lucius*) responde a que es

el siguiente eslabón en esta cadena trófica y sus valores de abundancia reflejan un aprovechamiento pesquero bajo.

Al comparar de manera global los valores de abundancia en diferentes años, hay algunas diferencias que considerar. El lago de La Alberca no experimenta cambios importantes de nivel como lo hace el lago de Chapala. Aun considerando que se pasó de años muy secos (2001-2002) a años húmedos (2007-2008) no hay una variación importante en el lago. Sin embargo, si hay un cambio perceptible en la comunidad de peces ya que la segunda especie dominante fue *C. consocium*, especie que se relaciona más a zonas profundas, por sobre *C. encaustus*. En términos espaciales también se notó este cambio, con excepción de la estación Norte que fue muy similar en ambos periodos. En la estación Centro aumenta la proporción de *C. lucius*, la especie limnética más grande, y en la estación Sur es donde se refleja la sustitución antes mencionada.

Para el periodo 2007-2008 se identifican las variaciones en el ciclo circadiano. *C. encaustus*, *T. rendalli* y *Z. purhepechus* son especies nocturnas, considerando el incremento en el número de organismos capturados. En la estación Norte, los valores de *P. infans* y *C. encaustus* son similares y para la estación Sur la segunda especie dominó sobre *C. consocium*. En la estación Centro la dominancia cambió en la noche al incrementarse el valor de abundancia de *C. lucius*, que como piscívoro está más activo en comparación con *C. consocium* que es el zooplanctófago y tienden a capturar sus presas en el día.

### 6.3. Longitud-peso y frecuencia de tallas

Ambas medidas son un reflejo de la condición fisiológica y, de manera indirecta, del aprovechamiento de las especies en el lago (Gómez y Guzmán, 2005). En general las especies de la familia Goodeidae y la especie *P. infans* (3.1808) tienen valores muy próximos a 3 en la constante de regresión, lo que indica crecimiento isométrico y buena condición en el hábitat. Lo mismo ocurre con el pez introducido *T. rendalli* (3.0136) que, aunque cuenta con aprovechamiento pesquero, este no impacta de manera negativa a la población, lo cual puede estar relacionado con introducciones continuas de individuos y su alta capacidad reproductiva en condiciones ambientales muy variadas que mantienen las diferentes estructuras de tallas.

Para el caso de los charales y el pescado blanco sólo *C. consocium* (3.0812) tiene crecimiento isométrico. *C. chapalae* y *C. jordani* tienen un desarrollo alométrico mayorante (3.3092 y 3.3337, respectivamente), lo cual refleja un mayor crecimiento en longitud que en peso y en términos de aprovechamiento la remoción de individuos de tallas grandes. Valores similares se encontraron en *C. humboldtianum* en el embalse San Miguel Arco, Edo. de México (Sánchez-Merino *et al.*, 2006). Por otra parte, en *C. contrerasi* y *C. lucius* el crecimiento fue alométrico minorante con una constante de regresión de 2.6494 y 2.6356, respectivamente. Estos resultados permiten inferir que estas últimas especies aumentan más en peso (Álvarez y Pomares, 1997).

En un estudio de la población de *C. lucius* en el lago de Chapala se tuvo alometría mayorante, lo que se relaciona con las diferentes condiciones del hábitat y una pesquería selectiva hacia tallas más grandes (Moncayo-Estrada *et al.*, 2003). Para la

misma especie pero en el embalse Guaracha se encontraron valores similares a los de La Alberca (2.6701). A este respecto, se menciona que las características del hábitat, la disponibilidad de alimento y la presión pesquera ejercida sobre el recurso pueden influir, al inducir una disminución sobre la talla media de la población en el tiempo (Gómez y Guzmán, 1998). Otro ejemplo de este aspecto son los charales del lago de Pátzcuaro, que en su conjunto obtuvieron un valor de 2.6 (Jiménez y Gracia, 1995).

Las frecuencias de tallas reflejan en caso de los goodeidos y poecílicos poblaciones estables que son renovadas continuamente debido al nacimiento constante de crías en el año. Por su parte, las especies de charales y el pescado blanco presentan en su mayoría, menos *C. jordani* que es la más chica, modas bien diferenciadas que representan distintas camadas o cohortes y una reproducción anual.

#### **6.4. Pesquería y acuicultura**

Con base en los valores obtenidos de distribución, abundancia y variables poblacionales y observaciones de campo se pueden inferir diferentes aspectos de la actividad pesquera y acuicultural que se desarrolla en el embalse:

Primero, no hay artes de pesca que impacten las especies con tamaños pequeños o las tallas más chicas de aquellas especies con tamaños grandes, como se da en los lagos de Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo donde se tiene el empleo del chinchorro playero y/o diferentes aberturas de mallas en las redes agalleras. Esto se ve reflejado en la dominancia de *P. infans*, la isométrica en la relación longitud-peso y la estructura de tallas de todas las especies.

Segundo, las artes de pesca que se utilizan para capturar las especies introducidas consideran las tallas comerciales de mejor valor en el mercado. Sin dejar de lado la obviedad de esta aseveración, la pesca en La Alberca no es la única o la principal actividad que realizan los pescadores, motivo por el cual el esfuerzo pesquero, traducido en número de redes o trampas e intensidad de su uso, es bajo. Esto no sólo previene la captura de peces nativos con estas redes, sino que controla la población de la tilapia y su efecto como especie invasiva.

Tercero, la captura de especies nativas involucra sobre todo trampas, que tienen como carnada o cebo substratos o remanentes de redes para promover la reproducción del charal y pescado blanco. Por esta característica y la iniciativa de los pescadores para dejarlas el tiempo suficiente de tal manera que eclosionen los huevos, se favorece el reclutamiento de las poblaciones. En este aspecto, es importante establecer sitios de crianza donde se asegure una mayor viabilidad de los alevines para lo cual es recomendable la orilla sur este del lago.

Cuarto, en el aspecto acuicultural se tiene la iniciativa de cultivar bagre de canal en jaulas. Es importante tener un control estricto del manejo de estos peces para evitar fugas de individuos de tal manera que se incorpore otra especie invasiva. También, es fundamental una evaluación del mantenimiento de los peces ya que la incorporación de alimento balanceado aumenta los nutrientes del cuerpo de agua.

## 6.5. Calidad del agua

El lago La Alberca se puede clasificar como un lago polimíctico, ya que no hay termoclina o una estratificación marcada en la temperatura en lo particular y las demás variables en general. Cabe señalar que los valores de las variables ambientales están dentro de los límites de tolerancia de todas las especies. El caso del oxígeno que llega hasta 2 mg/l, representa un error en el equipo de muestreo, ya que de ser cierto crearía una condición de estrés del ambiente que ocasionaría situaciones de abatimiento nocturno y mortandad masiva. Además, en el período 2007-2008 los valores más bajos están en los meses más fríos, lo que es incongruente.

De manera temporal, estas variables siguen un patrón estacional bien definido. La temperatura y el oxígeno se presentan inversamente en la época fría (2001-2002) y la primera aumenta en el pico del estiaje. El oxígeno tiene su valor más bajo en septiembre debido a las altas temperaturas y al aumento de la turbiedad por ser temporada de lluvias. La turbidez es más baja en el límite superior del estiaje y aumenta en las lluvias, lo que es de esperarse por cuestiones de arrastre de sedimentos de la orilla. La conductividad y salinidad, que están directamente relacionadas, aumentan en mayo por evaporación y concentración y disminuyen en septiembre por el efecto dilutivo de las lluvias. Al comparar los dos periodos de tiempo analizados (2001-2002 y 2007-2008) no se encuentran diferencias importantes en las diferentes variables (el caso del oxígeno ya se aclaró con anterioridad).



El análisis de agrupamientos y ordenación corroboran de manera importante la temporalidad en épocas del año (primavera, verano, otoño e invierno) y esto se debe a la constancia del nivel en el cuerpo de agua. Un caso similar se presenta en la laguna de Zacapu (Moncayo, 1996), pero difiere del lago de Chapala, por las grandes fluctuaciones en la profundidad (Lind y Dávalos-Lind, 2002). Particularmente, en el caso de la ordenación, también se reflejan los patrones de aumento y disminución de las variables de acuerdo a la ubicación en los ejes. La turbidez se relaciona con el eje 1 de manera inversa y la temperatura con el eje dos de manera directamente proporcional.

## 7. Conclusiones

La ictiofauna del lago La Alberca esta conformada por 5 familias, con 9 géneros y 13 especies, de las cuales 11 son nativas y 2 introducidas. De las especies nativas 5 pertenecen a la familia Goodeidae, 5 a la familia Atherinopsidae y 1 a la familia Poeciliidae.

La Alberca presenta una gran diversidad de especies considerando su tamaño, ya que este lago cuenta con un poco menos de la mitad de las especies del lago de Chapala (11 y 26, respectivamente), a pesar de las grandes diferencias en sus tamaños.

Algunas de las poblaciones de las especies que se encuentran muy disminuidas en Chapala, en La Alberca se encuentran en mayor abundancia, tales como *Chirostoma lucius*, *Xenotoca variata*, *Zoogoneticus purhepechus* y *Allophorus robustus*, lo que lo hace un sitio de conservación importante.

Existe una clara zonificación entre las partes someras como las estaciones Norte y Sur, y profundas como la Centro, ocupadas de manera natural por especies litorales y limnéticas, respectivamente, presentando una segregación espacio-temporal y trófica.

En las estaciones Norte y Sur domina ampliamente *P. infans* durante los dos períodos de muestreo, de la misma manera en la estación Centro domina *C. consocium* y sólo en el segundo período en los muestreos nocturnos comparte este dominio con *C. lucius*.

Las estaciones Norte y Sur están ubicadas en una área poco profunda, con gran cantidad de luz y materia orgánica por su mayor interacción con la orilla y actividades humanas como la ganadería, producen de manera importante el alimento preferencial de las especies que ahí habitan. Las especies dominantes en estas dos estaciones son *P. infans*, que es omnívora con tendencia a herbívora, *C. encaustus* que es detritívora, *T. rendalli* que se considera herbívora, *X. variata* que es considerada omnívora con tendencia a carnívoro hacia el consumo de larvas de insecto (dípteros) y *G. atripinnis* que es un omnívoro detritívoro con una cierta tendencia a herbívoro. Además estos peces se consideran tolerantes a diferentes impactos ambientales.

En el área central del lago se encuentran exclusivamente los atherinópsidos, dada sus características bióticas y abióticas, que favorece una cadena trófica basada en el zooplancton y es aquí donde domina *C. consocium* durante el día y en la noche comparte la dominancia con *C. lucius*.

*C. encaustus*, *T. rendalli* y *Z. purhepechus* son especies nocturnas, considerando el incremento en el número de organismos capturados durante la noche en las estaciones Norte y Sur. Al dominar durante la noche *C. lucius* en la estación del Centro, denota que también es una especie de hábitos nocturnos.

En este cuerpo de agua en general las especies de la familia Goodeidae, *P. infans* y *C. consocium* tienen un crecimiento isométrico y denota la buena calidad del hábitat.

A pesar que se desarrolla una actividad pesquera esta no afecta de manera significativa a las especies nativas por las artes de pesca utilizadas, mientras que mantiene un control poblacional de las especies introducidas.

El lago La Alberca es un lago polimíctico al no presentar termoclina ni estratificación en sus variables ambientales. De manera temporal, estas variables siguen un patrón estacional bien definido.

El análisis de agrupamientos y ordenación corroboran de manera importante la temporalidad en épocas del año (primavera, verano, otoño e invierno) y esto se debe a la constancia del nivel en el cuerpo de agua.

La riqueza de especies y su abundancias, aunado al hecho de que los valores de las variables ambientales están dentro de los límites de tolerancia de todas las especies, permiten concluir que el ecosistema tiene un buen estado de salud.

## 8. Recomendaciones

Debido a que el Lago La Alberca tiene un buen estado de salud, las poblaciones de peces nativos existentes están en buenas condiciones y que las actividades antropogénicas tienen aún poco impacto sobre él, es necesario que se conforme un Plan de Manejo del área con miras a su conservación. Éste debe sustentarse en estudios del zooplancton, el fitoplancton, el perifiton, las redes tróficas, la cuantificación de aves migratorias, las corrientes, la calidad del agua, la vegetación aledaña y sobre las actividades antropogénicas que en el área se realizan como agricultura, ganadería, turismo regional, pesca artesanal de autoconsumo y acuicultura.

Se recomienda la zona norte del lago para el establecimiento de un área de reserva, ya que es ahí donde se encuentra la mayor densidad de peces debido a sus condiciones de baja profundidad, la presencia de vegetación sumergida, y que es la zona de desove y crianza de los peces nativos.

Se deben prohibir actividades como la introducción de más especies exóticas que alteren las interacciones que existen entre las especies presentes. También se deberá evitar el uso de redes de captura con aberturas de malla menores a las permitidas, y el número de esas redes deberá estar acorde al tamaño de la población de la especie objetivo.

No se debe usar el interior del lago para la construcción de estructuras que alteren el ecosistema y disminuyan la superficie del cuerpo de agua.

No se deberán usar motores fuera de borda en las actividades de pesca y recreativas, siendo esto solamente permitido para los trabajos de investigación que en este cuerpo de agua se realicen.

No se debe de permitir el arrojar basura, piedras, troncos, animales muertos, materia orgánica y otros materiales al interior del lago, ni se deberá permitir que los agricultores laven sus utensilios y recipientes usados en sus labores agrícolas que puedan contener pesticidas u otras sustancias químicas que serían letales para la fauna presente.

## 9. Literatura citada

Aguilar-Palomino, B., C. Pérez-Reyes, F. Galván-Magaña y L. A. Abítia-Cárdenas. 2001. Ictiofauna de la Bahía de Navidad, Jalisco, México. *Rev. Biol. Trop.* **49**(1): 173-190.

Álvarez del Villar, J. 1970. Peces Mexicanos. Claves para peces mexicanos de aguas dulces. Instituto Nacional de Investigaciones Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Secretaría de Industria y Comercio. México, D.F. 166 pp.

Álvarez, R y O. Pomares. 1997. Aspectos biológicos del roncador *Micropogonias furnieri*, en el golfo de Venezuela. *Zootecnia Trop.* **15**(2):191-208.

Anónimo. 1999. Enciclopedia de los Municipios de México. Michoacán. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Michoacán, México. En DVD.

Aparicio, J. 2001. Hydrology of the watershed. *In: the Lerma-Chapala watershed: evaluation and management* (Hansen A.M. y M. van Afferden, Eds.). Introduction: 3-30. Kluwer Academic Publishers-Plenum Press, London.

Ayala-Pérez, L. A., B. A. Gómez-Montes y J. Ramos-Miranda. 2001. Distribución, abundancia y parámetros poblacionales de la mojarra *Diapterus rhombeus* (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.* **49**(2): 635-642.

Ayala-Pérez, L. A., J. Ramos-Miranda y D. Flores-Hernández. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.* **51**(3): 783-794.

Ayala-Pérez, L. A., O. A. Avilés-Alatraste y J. L. Rojas-Galaviz. 1998. Estructura de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.* **46**(3): 763-774.

Bagenal, T. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. IBP Handbook no. 3rd. ed. Blackwell Sci. Pub., Oxford. 365 pp.

Balart, E. F., A. González-Cabello, R. C. Romero-Ponce, A. Zayas-Álvarez, M. Calderón-Parra, L. Campos-Dávila y L. T. Findley. 2006. Length–weight relationships of cryptic reef fishes from the Southwestern Gulf of California, México. *J. Appl. Ichthyol.* **22**:316-318.

Barbour, C. D. 1973a. A biogeographically history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A species flock from the Mexican plateau. *COPEIA.* (3):533 –566.

Barbour, C. D. 1973b. Sistemática y evolución del género *Chirostoma* (Pisces Atherinidae). *Tulane Studies in Zoology and Botany* **18**(3):96-141.

Barbour, C. D., 2002, *Chirostoma contrerasi*, (Atherinopsidae, Menidiinae), a new species from lago de Chapala, México, Libro jubilar en honor al Dr. Salvador

Contreras Balderas, M. L. Lozano-Vilano (ed.), Univ. Aut. Nuevo León, Monterrey, México, 23-33 p.

Benítez O., A. 1995. Ictiofauna de la Laguna de Naranja de Tapia, Municipio de Zacapu, Michoacán, durante el período otoño – invierno. Memoria de Actualización Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo (inédita) 54 pp.

Berlanga-Robles, C. A., J. Madrid-Vera y A. Ruiz-Luna. 2002. Fish abundance and trophic structure from the commercial catch in Lake Pátzcuaro, Mexico. *Hydrobiologia* **467**: 117–122.

Brind'Amour A. y D. Boisclair. 2004. Comparison between two sampling methods to evaluate the structure of fish communities in the littoral zone of a Laurentian lake. *Journal of Fish Biology* **65**: 1372–1384.

Buelna-Osben, H. R., R. Moncayo-Estrada, C. González-Vera, C. Escalera-Gallardo, J M. Catalán-Romero, F. Villalpando-Barragán y A. Mejía-Muratalla. 2002. Análisis de la estructura y dinámica de la comunidad de peces del lago “La Alberca”, Municipio de Villamar, Michoacán. Informe Técnico Final. CIIDIR-IPN-Michoacán. 31 pp.

Caballero-Vázquez., J. A., H. C. Gamboa-Pérez., y J. J. Schmitter-Soto. 2005. Composition and spatio-temporal variation of the fish community in the Chacmochuch Lagoon system, Quintana Roo, Mexico. *Hidrobiológica* **15** (2 Especial): 215-225.



Cabral-Solís, E. G. y E. Espino-Barr. 2004. Distribución y abundancia espacio-temporal de los peces en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. *CICIMAR Océánides* **19**(1):19-27.

Castillo-Rivera, M. y R. Zárate. 2001. Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*, **11**(1):75-84.

Castillo-Rivera, M., M. Montiel, L. Sanvicente-Añorve y R. Zárate. 2005. Spatial, seasonal and diel distribution patterns of two species of mojarras (Pisces: Gerreidae) in a Mexican tropical coastal lagoon. *J. Appl. Ichthyol.* **21**: 498–503.

Castillo-Rivera, M., R. Zárate y S. Ortiz. 2005. Variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Hidrobiológica* **15**(2 Especial): 227-238.

Castillo-Rivera, M., J. A. Zavala-Hurtado y R. Zárate. 2002. Exploration of spatial and temporal patterns of fish diversity and composition in a tropical estuarine system of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **12**: 167–177.

Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, **18**:117-143.

Contreras-Balderas, S., P. Almada-Villela, M. L. Lozano-Vilano y M. E. García-Ramírez. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **12**: 241–251.

Contreras-Balderas, S., R. J. Edwards, M. L. Lozano-Vilano y M. E. García-Ramírez. 2002. Fish biodiversity changes in the Lower Rio Grande/Rio Bravo, 1953–1996. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **12**: 219–240.

Cooney, P. B. y M. S. Allen. 2006. Effects of introduced groundwater on water chemistry and fish assemblages in central Florida lakes. *Hydrobiologia* **556**:279–294.

Costanza, R., y M. Mageau. 1999. What is a healthy ecosystem? *Aquatic Ecology* **33**: 105–115.

Cox, G. W. 1980. Laboratory manual of general ecology. William C. Brown Company, Dubuque. 360 pp.

Chifamba, P. C. 1990. Preference of *Tilapia rendalli* (Boulenger) for some species of aquatic plants. *J. Fish Biol.* **36**:701-705

De Grado, A. A., A. Bashirullah y A. Prieto. 2000. Variación espacio-temporal de la comunidad de peces en Laguna Grande de Obispo, Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* **51**: 96–103.

De Grado, A. A. y A. Bashirullah. 2001. Algunos atributos de la estructura comunitaria de la ictiofauna de la laguna Grande de Obispo, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Acta Cient. Venezolana* **52**: 3–13.

De La Cruz Agüero, J., y V. M. Cota Gómez. (2006). Length–weight relationships of 10 deep-sea fish species from the Mexican Pacific Ocean. *J. Appl. Ichthyol.* **22**: 319–321.

Díaz-Pardo., E. y M. A. Godínez-Rodríguez. 1991. Notas sobre un ejemplar siamés en peces Goodeidos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 35(1):1-4.

Díaz-Pardo., E. y M. A. Godínez-Rodríguez, E. López-López y E. Soto-Galera. 1993. Ecología de los Peces de la Cuenca del Río Lerma, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol., Méx.* **39**:103-127.

Díaz-Ruiz, S., E. Cano-Quiroga, A. Aguirre-León y R. Ortega-Bernal. 2004. Diversidad, abundancia y conjuntos ictiofaunísticos del sistema lagunar-estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop.* **52**(1): 187-199.

Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano, y G. Pérez-Ponce de León. 2006. Using Ecological-Niche Modeling as a Conservation Tool for Freshwater Species: Live-Bearing Fishes in Central Mexico. *Conservation Biology* **20**(6): 1730–1739.

Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio y G. Pérez-Ponce de León. 2006. Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary Brooks parsimony analysis. *J. Biogeogr.* **33**: 1437–1447.

Domínguez-Domínguez, O., L. Boto, F. Alda, G. Pérez-Ponce de León y I. Doadrio. 2007. Human impacts on drainages of The Mesa Central, Mexico, and its genetic effects on an endangered fish *Zoogoneticus purhepechus*. *Conservation Biology* **21**(1): 168–180.

Domínguez-Domínguez, O., R. Pérez-Rodríguez de León y I. Doadrio, 2008, Morphological and genetic comparative analyses of populations of *Zoogoneticus purhepechus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from Central México, with description of a new species, *Revista Mexicana de Biodiversidad* **79**:373-383.

Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z. I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A.-H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny y C. A. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.* **81**: 163–182.

Espinoza, M. y E. Salas. 2005. Estructura de las comunidades de peces de arrecife en las Islas Catalinas y Playa Ocotol, Pacífico Norte de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* **53**(3-4): 523-536.

Fasham, M. J. R. 1977. A Comparison of Nonmetric Multidimensional Scaling, Principal Components and Reciprocal Averaging for the Ordination of Simulated Coenoclines, and Coenoplanes. *Ecology*, **58**(3): 551-561.

Gárate A. y A. Pacheco. 2004. Cambios en la distribución y abundancia de la ictiofauna de aguas someras en San Bartolo (Lima, Perú) después del ENSO 1997-98. *Ecología Aplicada* **3**(1,2): 148-153.

García, M. L., A. Jaureguizar, y L. C. Protogino. 2003. Asociaciones de peces en el estuario del Río de la Plata. 5° Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Mar del Plata, Argentina. Proyecto PNUD / GEF / RLA 99 / G31.

Gómez, G. y R. Guzmán. 1998. Relación longitud peso y talla de madurez de la petota, *Umbrina coroides* (Cuvier, 1830), en el norte del estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.* **16**(2):267-276.

Gómez, G. y R. Guzmán. 2005. Aspectos de la dinámica reproductiva y poblacional del roncador, *Micropogonias furnieri*, en el golfo de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.* **23**(1):69-90

Gómez-Tagle C., A., F. W. Bernal-Brooks y J. Alcocer. 2002. Sensitivity of Mexican water bodies to regional climatic change: three study alternatives applied to remote sensed data of Lake Patzcuaro. *Hydrobiologia* **467**: 169–176.

González-Acosta, A. F., G. De La Cruz Agüero y J. De La Cruz Agüero. 2004. Length–weight relationships of fish species caught in a mangrove swamp in the Gulf of California (Mexico). *J. Appl. Ichthyol.* **20**: 154–155.

González-Acosta, A. F., G. De la Cruz-Agüero, J. De la Cruz Agüero y G. Ruiz-Campos. 2005. Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Hidrobiológica* **15** (2 Especial): 205-214.

González-Gándara, C., S. C. Trinidad-Martínez y V. M. Chávez-Morales. 2006. Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. *Rev. Biol. Trop.* **54**(1): 189-194.

Gutiérrez, L. C. A., A. López y J. L. Quijano. 1989. Zonas geotérmicas de interés en México. *Geotermia, Revista Mexicana de Geoenergía*, **3**(3): 283 – 346.

Hansen, A. M. and M. van Afferden. 2004. Modeling cadmium concentration in water of Lake Chapala, Mexico. *Aquat. Sci.* **66**: 266–273.

Habit, E., M. C. Belk, R. C. Tuckfield y O. Parra. 2006. Response of the fish community to human-induced changes in the Biobío River in Chile. *Freshwater Biology* **51**: 1–11.

Hershey, A. E., S. Beaty, K. Fortino, M. Keyse, P. P. Mou, W. J. O'Brien, A. J. Ulseth, G. A. Gettel, P. W. Lienesch, C. Luecke, M. E. McDonald, C. H. Mayer, M.

C. Miller, C. Richards, J. A. Schuldt y S. C. Whalen. 2006. Effect of landscape factors on fish distribution in arctic Alaskan lakes. *Freshwater Biology* **51**: 39–55.

Hued, A. C y M. A. Bistoni. 2001. Abundancia y distribución de las especies ícticas (osteichthyes) del río San Francisco-Cosquín, Córdoba, Argentina. *Iheringia, Sér. Zool.* (91): 75-78.

Huidobro, L. 2000. Peces. Pp. 195-264. En: G. de la Lanza E., S. Hernández P. y J. L. Carbajal P. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). SEMARNAT, CONAGUA, UNAM Plaza y Valdés, S.A. de C.V.

Huidobro, L., J. J. Morrone, J. L. Villalobos y F. Álvarez. 2006. Distributional patterns of freshwater taxa (fishes, crustaceans and plants) from the Mexican Transition Zone. *J. Biogeogr.* **33**: 731–741.

Irz P., M. Odion, C. Argillier y D. Pont. 2006. Comparison between the fish communities of lakes, reservoirs and rivers: can natural systems help define the ecological potential of reservoirs? *Aquat. Sci.* **68**: 109–116.

James, F. C. y C. E. McCulloch. 1990. Multivariate analysis in ecology and systematics: panacea or Pandora's Box? *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **21**: 129-166.

Jiménez M. de L. y A. Gracia G. 1995. Evaluación de la pesquería multiespecífica de charales (*Chirostoma spp.*, Pisces, Atherinidae) lago de Pátzcuaro,

Michoacán, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool. **66**(2):205-231.

Karr J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**: 21-27.

Karr J.R., Yant P.R., Fausch K.D. y Schlosser I.J. 1987. Spatial and temporal variability of the Index of Biotic Integrity in three mid-western streams. *Trans, Am. Fish. Soc.* **116**: 1-11.

Kruskal, J. B. 1964a. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, **29**:1-27.

Kruskal, J. B. 1964b. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika* **29**: 115-129.

Lewin, W.-C., N. Okun y T. Mehner. 2004. Determinants of the distribution of juvenile fish in the littoral area of a shallow lake. *Freshwater Biology* **49**: 410–424.

Lima-Junior, S. E., I. B. Cardone y R. Goitein. 2006. Fish assemblage structure and aquatic pollution in a Brazilian stream: some limitations of diversity indices and models for environmental impact studies. *Ecology of Freshwater Fish* **15**: 284–290.

Lind, O. T. y L. O. Dávalos-Lind. 2002. Interaction of water quantity with water quality: the Lake Chapala example. *Hydrobiologia* **467**: 159–167.



Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández, E. Díaz-Pardo, E. Soto-Galera, M. Medina-Nava y Raúl Pineda-López. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia* **418**: 57–72.

Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera y M. Guzmán-Arroyo. 1998. Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west-central México. *Fisheries Management* **23**(4): 10-18.

Lyons, J., S. Navarro-Pérez, P. A. Cochran, E. Santana, y M. Guzmán-Arroyo. 1995. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. *Conservation Biology*, **9**(3): 569-584.

Mejía, L. S. y J. Garzón-Ferreira. 2000. Estructura de comunidades de peces arrecifales en cuatro atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia (Caribe sur occidental). *Rev. Biol. Trop.* **48**(4): 883-896.

Mendes, B., P. Fonseca y A. Campos. 2004. Weight-length relationships for 46 fish species of the Portuguese best coast. *J. Appl. Ichthyol.* **20**:355-361

Mercado-Silva, N., J. D. Lyons, G. Salgado-Maldonado y M. Medina-Nava. 2002. Validation of a fish-based index of biotic integrity for streams and rivers of central Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **12**: 179–191.

Mercado-Silva, N., J. Lyons, E. Díaz-Pardo, A. Gutiérrez-Hernández, C. P. Ornelas-García, C. Pedraza-Lara y M. J. Vander-Zanden. 2006. Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, central Mexico. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* **16**(5): 533 – 546.

Moncayo-Estrada, R., 1996. Estructura y función de la comunidad de peces de la laguna de Zacapu, Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S.

Moncayo-Estrada, R. y H. R. Buelna-Osben. 2001. Fish fauna of Lake Chapala. Past and present. *In: the Lerma-Chapala watershed: evaluation and management* (Hansen A.M. y M. van Afferden, Eds.). Chapter 10:215-242. Kluwer Academic Publishers-Plenum Press, London.

Moncayo-Estrada, R., C. Escalera-Gallardo, y V. Segura-García. 2003. Los pescados blancos del Lago de Chapala. Características generales. In: Rojas, P. M. y D. Fuentes, editores. Historia y avances del cultivo de pescado blanco. Instituto Nacional de la Pesca-Secretaría de Agricultura Ganadería Recursos Pesqueros y Alimentación. Mexico, D.F. 51–77.

Moreno G. H. y S. Funes. 1991. Chapala el lago. Comisión Nacional del Agua. Ediciones del Lago. Guadalajara, México. 61 pp.

Orbe-Mendoza, A. A., J. Acevedo-García y J. Lyons. 2002. Lake Pátzcuaro fishery management plan. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **12**: 207–217.

Peña, T. A., M. Jiménez y S. Villafranca. 2004. Abundancia y riqueza específica de la ictiofauna asociada con *Thalassia testudinum* en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* **52**(4): 973-980.

Pérez-Hernández, M. A. y R. E. Torres-Orozco B. 2000. Evaluación de la riqueza de especies en las lagunas costeras mexicanas: estudio de un caso en el Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* **48**(2-3): 425-438.

Ramírez G., A. 2005. Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 313 p.

Ramos-Miranda, J., L. Quiniou, D. Flores-Hernández, T. Do-Chi, L. Ayala-Pérez y A. Sosa-López. 2005. Spatial and temporal changes in the nekton of the Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *Journal of Fish Biology* **66**: 513–530.

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation on biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Board Canada*, **191**:1-392.

Sánchez-Merino, R., M. Díaz-Zaragoza, N. A. Navarrete-Salgado, M. L. García-Martínez, F. Ayala-Niño y M. D. Flores-Aguilar. 2006. Crecimiento, mortalidad y sobrevivencia del charal *Chirostoma humboldtianum* (Atherinopsidae) en el embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México. *Revista Chapingo, Ser. Ciencias Forestales y del Ambiente.* **12**(2):151-154.

Sandoval, F. de P. 1981. Obras Sucesos y Fantasías en el Lago de Chapala. Gobierno de Jalisco. Secretaría General. Unidad Editorial. Colección Textos Jalisco. Serie: Estudios e Inversión. No. 15. 77 pp.

Schmitter-Soto J. J. y H. C. Gamboa-Pérez. 1996. Composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* **44**(1):199-212.

Shepard, R. N. 1962a. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function I. *Psychometrika*, 27:125-140.

Shepard, R. N. 1962b. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function II. *Psychometrika*, 27:219-246.

Simon, K. S. y C. R. Townsend. 2003. Impacts of freshwater invaders at different levels of ecological organization, with emphasis on salmonids and ecosystem consequences. *Freshwater Biology* **48**: 982–994.

Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification Freeman, San Francisco. 573 p.

Skov C., M. R. Perrow, S. Berg y H. Skovgaard. 2002. Changes in the fish community and water quality during seven years of stocking piscivorous fish in a shallow lake. *Freshwater Biology* **47**: 2388–2400.

Smith, W. S., M. Petrere Jr. y W. Barrella. 2003. The fish fauna in tropical rivers: The case of Sorocaba river basin, SP, Brazil. *Rev. Biol. Trop.* **51**(3): 769-782.

Soto-Galera E., E. Díaz-Pardo, E. López-López y J. Lyons. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Ro Lerma Basin, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health & Management* **1**(3):267-276.

Súarez, Y. R., M. Petrere Jr. y A. C. Catella. 2001. Factors determining the structure of fish communities in Pantanal lagoons (MS, Brazil). *Fisheries Management and Ecology* **8**: 173-186.

Súarez, Y. R., M. Petrere Jr. y A. C. Catella. 2004. Factors regulating diversity and abundance of fish communities in Pantanal lagoons, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*. **11**: 45–50.

Tapia-García, M., C. Suárez Núñez, G. Cerdaneres L. de Guevara, M. C. Macuitl Montes y M. C. García Abad. 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, **46**(2):277-284.

Torres-Bugarín O., J. L. Zavala-Aguirre, P. Gómez-Rubio, H. R. Buelna-Osben, G. Zúñiga-González Y M. García-Ulloa Gómez. 2007. Especies de peces con potencial como bioindicadoras de genotoxicidad en el lago “La Alberca”, Michoacán, México. *Hidrobiológica* **17**(1): 75-81.

van Afferden, M. y A. M. Hansen. 2004. Forecast of lake volume and salt concentration in Lake Chapala, Mexico. *Aquat. Sci.* **66**: 257–265.

Zabi, S. G. 1984. Role de la biomasse dans la determination de L' Importance Value pour la mise en evidence des unites de peuplements benthiques en Lagune Ebrie (Cote d'Ivoire). Centre de Reserches Océanographiques. **15**(1-2): 55-87.

Zárate del Valle, P. y B. R. T. Simoneit. 2005. La generación de petróleo hidrotermal en sedimentos del Lago Chapala y su relación con la actividad geotérmica del rift Citala en el estado de Jalisco, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas **22** (3):358-370.

Zubieta, T., 1985. Estudio sobre los hábitos alimenticios de seis especies del lago de Cuitzeo, Mich. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.