



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CAMBIOS ESPACIALES EN LA DIVERSIDAD DE
PECES EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA
(MÉXICO)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I O L O G O
P R E S E N T A:**

CLAUDIA ELIZABETH COLÓN COVARRUBIAS



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. GERARDO CEBALLOS GONZÁLEZ
México D.F. 2009**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Datos del Jurado

<p>1. Datos del alumno Apellido paterno Apellido materno Nombre(s) Teléfono Universidad Nacional Autonoma de Mexico Facultad de Ciencias Carrera Número de cuenta</p>	<p>1. Datos del alumno Colón Covarrubias Claudia Elizabeth 56 74 00 79 Universidad Nacional Autonoma de Mexico Facultad de Ciencias Biología 096504413</p>
<p>2. Datos del tutor Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p>	<p>2. Datos del tutor Dr Gerardo Jorge Ceballos González</p>
<p>3. Datos del sinodal 1 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p>	<p>3. Datos del sinodal 1 Dra Guillermina Alcaráz Zubeldia</p>
<p>4. Datos del sinodal 2 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p>	<p>4. Datos del sinodal 2 Dr Rurik List Sánchez</p>
<p>5. Datos del sinodal 3 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p>	<p>5. Datos del sinodal 3 M en C María Estela Pérez Cruz</p>
<p>6. Datos del sinodal 4 Grado Nombre(s) Apellido paterno Apellido materno</p>	<p>6. Datos del sinodal 4 M en C Georgina Santos Barrera</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito. Título</p> <p>Subtitulo Número de páginas Año</p>	<p>7. Datos del trabajo escrito Cambios espaciales en la diversidad de peces en la Cuenca Alta del Río Lerma (México)</p> <p>61 p 2009</p>

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la DIVINIDAD por darme el regalo de la vida

A María Elena y Federico, mis amorosos Padres por todo su apoyo y amor
incondicional

A mis amores La Neni, Garito, el Chocho, Aline y Elizabeth ó Saim

Al Tony por su generosidad, paciencia y estímulo constante

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron involucradas: Al Dr.
Ceballos, Cuau, Heliot, Chucho, Rurik y Yola; a Fernando Méndez, Lulú y Mónica

A toda mi FAMILIA y AMIGOS: Abuelo, Elenita, Aby, Maruchitas, Pato, Denisse,
Carla, Carlitos, Lety, Yane, los Pollitos, Carli, Devanini, Catherine, la Tía Mary,
Silvia, Horacio, Lore, Adriana, Blanca, Manuel, Diego, José Manuel, Georgy, a
todos los de PROSER, a Estelita, Ric, Pili, Irmita, Paty, Memo, Martita, Licha,
Iztac, Florecita, ...

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Ecosistemas acuáticos y su diversidad en México	2
2. ANTECEDENTES	7
2.1 Situación del Lerma	7
2.2 Área de estudio.....	10
2.3 Tipos de vegetación.....	14
3. HIPÓTESIS.....	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos particulares.....	16
5. MÉTODOS.....	17
5.1 Base de datos histórica.....	17
5.2 Toma de datos en campo	17
5.3 Procesamiento de muestras en el laboratorio	20
5.4 Composición y riqueza de especies	21
5.5 Análisis fisicoquímico del agua en la CARL	22
6. RESULTADOS.....	22
6.1 Localidades históricas.....	22
6.2 Localidades muestreadas en el 2004.....	24
6.3 Cambios en la distribución de peces.....	25
6.3.1 Familia Atherinidae	25
6.3.2 Familia Cyprinidae	26
6.3.3 Familia Goodeidae	26
6.3.4 Familia Poeciliidae	26
6.3.5 Familia Centrarchidae	26
6.4 Análisis fisicoquímico del agua en la CARL	41
7. DISCUSIÓN	44
7.1 Localidades históricas.....	44
7.2 Especies en riesgo.....	44
7.3 Especies exóticas	45
7.4 Factores Fisicoquímicos	46
8. CONCLUSIONES.....	50

ANEXO I52
ANEXO II54
Referencias.....57

RESUMEN

México es muy importante para la conservación de diversidad de peces ya que aquí se encuentran entre el 5.25 y el 6% de especies de peces de agua dulce conocidos a nivel mundial (Conabio, 2000). La Cuenca Alta del Río Lerma (CARL) pertenece al sistema Lerma-Chapala-Santiago que es el sistema hidrológico más importante de la meseta central (Soto-Galera, *et al.* 1998) además de presentar un alto grado de endemismo. La CARL ha sido seriamente afectada por la descarga de drenajes urbanos e industriales, la extracción de agua para el abastecimiento de agua potable y el creciente interés por el cultivo de especies para consumo humano. Todo esto ha ocasionado la desaparición de localidades aptas para la vida acuática así como el desplazamiento de especies nativas que han visto disminuida drásticamente su distribución (Méndez-Sánchez *et al.*, 2001). Si la urbanización de la CARL y el cambio de uso de suelo han continuado al mismo ritmo de degradación e impacto y sin contar con un buen manejo ecológico de la zona, entonces este hecho se verá reflejado en el deterioro de la diversidad de peces que habitan la CARL. Este trabajo pretende dar un panorama general del estado en el que se encuentra la ictiofauna del Alto Lerma y así sumarse a los esfuerzos que se realizan para su conservación. Para ello, se evaluó cómo ha sido modificada la riqueza de peces en la CARL a lo largo del tiempo a partir de los registros históricos que abarcan el periodo de 1942 a 1997. Se muestrearon las localidades aun existentes referidas en la base de datos y se propusieron otras para determinar su riqueza y composición. Se compararon con los datos históricos y se cuantificaron algunas variables ambientales así como características físico-químicas del agua para evaluar su calidad. Se encontró que en un lapso de 62 años, el 80 por ciento de las localidades históricas han desaparecido por causa del cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, centros urbanos y actividades industriales lo que indica que la CARL se ha deteriorado ecológicamente a pasos agigantados. Las localidades de mayor interés para conservar son el Parque Nacional Isla de las Aves, la Laguna de Chignahuapan y la Presa Ignacio Ramírez por la cantidad de especies que allí se encontraron y la Laguna Victoria o de Santiago Tilapa por ser reservorio para *Chirostoma riojai*. De las 12 especies registradas históricamente, solo se encontraron ocho en el 2004. De ellas, seis son nativas y dos introducidas. Las especies invasoras *Cyprinus carpio* y *Heterandria bimaculata*, han aumentado su distribución. *Algansea barbata*, endémica del Alto Lerma no se encontró y *Allophorus robustus* se considera como erradicada de la CARL. *Chirostoma riojai* (en peligro de extinción), se encontró solamente en dos localidades. *Girardinichthys multiradiatus* (Fam. Goodeidae), endémica de la CARL y especie indicadora de esta cuenca esta considerada como especie vulnerable por la UICN, ampliamente distribuida en el Alto Lerma pero no incluida dentro de la NOM-ECOL-059-2001. El 54% de las localidades muestreadas reflejan en el momento del estudio, estar por debajo del límite permisible de oxígeno disuelto para mantener la vida acuática. Otros parámetros como el amonio, el pH y los sólidos suspendidos también excedieron los límites permisibles para el mantenimiento de la vida acuática en algunas de las localidades. Todo esto puede reflejar que las descargas de agua provenientes de los municipios, de las industrias y de las zonas agrícolas, no están siendo manejadas adecuadamente.

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo existen más de 170 países, pero sólo 12 de ellos albergan en conjunto entre 60 y 70% de la biodiversidad total del planeta por lo que son considerados como megadiversos. México es uno de estos países (Mittermeier y Goettsch, 1992), no sólo por poseer un alto número de especies, que es la noción más común de biodiversidad, sino también por su diversidad en otros niveles de la variabilidad biológica, como el genético y el de ecosistemas. Además, nuestro país se distingue por contar con una gran cantidad de especies endémicas (Conabio, 2000).

Junto con Brasil, Colombia e Indonesia, México se encuentra en los primeros lugares de las listas de riqueza de especies. Ocupa el primer lugar en el mundo en riqueza de reptiles, el segundo en mamíferos, el cuarto en anfibios y plantas siendo importante también para la diversidad de peces. En términos generales se puede decir que en México se encuentra al menos 10% de la diversidad terrestre del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992) .

1.1 Ecosistemas acuáticos y su diversidad en México

Con respecto a la diversidad de ecosistemas acuáticos, México posee una gran variedad: marinos, dulceacuícolas y costeros. En cuanto a las aguas interiores, en el país existen más de 70 cuencas fluviales; los ríos que drenan hacia el Pacífico, con excepción del Lerma-Santiago y el Balsas son generalmente pequeños, de flujo rápido y con pendientes pronunciadas, mientras que los que desembocan en el Golfo de México y el Caribe son, en general, grandes, caudalosos y con pendientes suaves. Los ríos más importantes por su volumen medio anual son, en la vertiente del Pacífico: el Colorado, Yaqui, Fuerte, Culiacán, Lerma-Santiago, Balsas, Papagayo, Ometepepec, Verde, Tehuantepec y Suchiate; en la vertiente del Golfo: el Bravo, Pánuco, Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta y, para la vertiente del Mar de las Antillas, el Río Hondo. Los ríos del interior más importantes son el Nazas, Aguanaval, Santa María, Casas Grandes y del Carmen (Conabio, 2000).

Dentro de los cuerpos de agua lénticos existen alrededor de 70 lagos de tamaño muy diverso que, en conjunto, cubren una superficie cercana a las 371 mil hectáreas. El

mayor número de lagos en el país se localiza en la zona del Eje Volcánico Transversal, asociados al sistema Lerma-Santiago; la zona centro-occidente (que incluye los estados de Jalisco y Michoacán) es la más importante, ya que alberga los lagos más grandes: Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro. Los embalses artificiales también son relevantes, ya que más de 4,500 obras de almacenamiento actualmente cubren una superficie mayor que los embalses naturales. Los embalses artificiales más grandes del país son las presas La Amistad, Falcón, Vicente Guerrero, Álvaro Obregón, Infiernillo, Cerro del Oro, Temascal, Caracol, Requena y Venustiano Carranza (Conabio, 2000).

En números absolutos los ecosistemas acuáticos continentales tienen relativamente pocas especies, pero su número por unidad de área es ligeramente superior a lo encontrado en ecosistemas terrestres y más de 15 veces superior a los ecosistemas marinos (Arriaga *et al.*, 2000). A nivel mundial, cerca del 12% de las especies animales y el 41% de todas las especies de peces viven en los ríos y lagos dulceacuícolas. En México las aguas continentales –a pesar de que comparativamente ocupan una superficie muy pequeña del país– albergan una gran variedad de grupos taxonómicos.

La descripción de la diversidad de los ecosistemas acuáticos en México está basada fundamentalmente en los peces, ya que son el grupo del que se tiene la información más completa y podría reflejar la magnitud de la diversidad de otros taxa. A la fecha se han descrito alrededor de 384 especies de peces dulceacuícolas, cantidad que duplica lo registrado en países como Japón (186 especies), Canadá (177) o Turquía (152), aunque es inferior a la de Estados Unidos, que tiene más de 800 especies (Arriaga *et al.*, 2000). Según Nelson (1994), existen en el mundo 24,618 especies de peces descritas lo que constituye más de la mitad del total de especies de vertebrados conocidos (aproximadamente 48,170 *spp.*) y de manera conservadora estima que el número total de especies de peces puede ser de 28,500. Otras fuentes como www.fishbase.org/ tiene registradas 29,300 especies y en esta base de datos, México ocupa el séptimo lugar en cuanto a riqueza con 2,251 (7.68%) especies después de Australia, Indonesia, Brasil, Estados Unidos de Norteamérica, China e India ubicándose así ente los diez países con mayor diversidad de peces en el mundo (Cuadro 1). Con respecto a la diversidad de peces de agua dulce, Nelson (1994)

considera la existencia de 9,966 especies descritas en todo el mundo y también México se encuentra dentro de los diez países más diversos ocupando el décimo lugar con 525 especies (considerando a las estuarinas) lo que representa el 5.25% de la diversidad de peces de agua dulce a nivel mundial (Cuadro 2).

Cuadro 1. Países con mayor riqueza de especies de peces en el mundo según

www.fishbase.org

País	Especies de peces	%
Australia	4268	14.57
Indonesia	4209	14.37
Brasil	3549	12.11
Estados Unidos de Norteamérica	2994	10.22
China	2467	8.42
India	2372	8.10
México	2251	7.68
Sudáfrica	2028	6.92
Colombia	1922	6.56
Venezuela	1586	5.41

Cuadro 2. Países con mayor riqueza de especies dulceacuicolas en el mundo según Nelson, 1994.

País	Especies de peces dulceacuícolas	%
Brasil	2493	25.02
China	1354	13.59
Indonesia	1078	10.82
Zaire	1065	10.69
Estados Unidos de Norteamérica	943	9.46
Perú	824	8.27
Venezuela	818	8.21
Colombia	781	7.84
India	752	7.55
México	525	5.25
Ecuador	363	3.64

Según la World Conservation Monitoring Centre-United Nations Environmental Programme (WCMC-UNEP), a nivel mundial los ríos más diversos son el Amazonas con 2,500 especies de peces descritas, el Congo/Zaire con 690 y el Mekong (Asia/China) con 450. Los ríos con mayor diversidad de peces en México son el Usumacinta con 80 especies, el Pánuco con 75 especies (30% endémicas), Lerma-Santiago con 57 especies (58% endémicas), Coatzacoalcos con 53 especies (13% endémicas) y Papaloapan con 47 especies (21% endémicas) (Miller, 1986). En la lista del WCMC-UNEP, el río Lerma-Santiago se ubicaría en el lugar 43 entre los ríos más importantes del mundo por la riqueza de especies de peces con que cuenta mientras que el Usumacinta en el 34 (Groombridge, 1998).

Algunos de los sistemas lacustres más importantes por su biodiversidad y alto número de endemismos conocidos en México son el Lago de Chapala que forma parte del Sistema Lerma-Chapala, los lagos-cráter de la Cuenca Oriental, el Lago de Catemaco, la Laguna de Chichankanab y el Lago de la Media Luna Cuatro Ciénegas, en el estado de Coahuila (Arriaga *et al.*, 2000).

De los 50 órdenes propuestos para el mundo por Nelson en 1994, en aguas mexicanas se han registrado 41, este dato habla por si solo de la gran diversidad de peces que existen en el país (Espinosa, 1993). Nelson reconoce la existencia de 482 familias de peces y de éstas se encuentran representadas en México 232 (48.13%) de las cuales 47 (9.75%) cuentan con especies de agua dulce. En México encontramos 779 de los 4,045 géneros que existen en el mundo.

La riqueza de especies en cuanto a los peces continentales, se debe entre otras razones a que México queda incluido entre dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical. La primera comprende casi toda Norteamérica, el altiplano mexicano y las cadenas montañosas que lo rodean, la península de Baja California, la zona desértica sonoreense y la planicie costera tamaulipeca hacia el norte. Se considera como extremo sur de esta región los altos valles de la Sierra Madre del Sur y el altiplano chiapaneco-guatemalteco en los Andes centroamericanos (Álvarez y Lachica, 1974). Entre las cuencas que se incluyen en la región Neártica de México se encuentran la de la Península de Baja California, la del Noreste de Sinaloa, las de Chihuahua y norte del Golfo de México con los ríos Bravo y Salado, Cuatro Ciénegas, el Tunal, las cuencas

del Nazas, Aguanaval y Mezquital, que abarcan el río Armería y el centro del Lerma. En estas cuencas se han reconocido aproximadamente 138 especies, siendo características de la región las familias *Petromizontidae*, *Salmonidae*, *Catostomidae*, *Cyprinidae*, *Cyprinodontiformidae*, *Goodeidae*, *Centrarchidae* y *Percidae* (Álvarez y Lachica, 1974).

La región Neotropical incluye a Centro y Sudamérica más las tierras bajas mexicanas que rodean la región Neártica. En esta región los cuerpos de agua son más abundantes, siendo las cuencas más importantes las del Bajo Lerma, costa de Guerrero y Michoacán, del Balsas, Papaloapan, Istmo de Tehuantepec, Usumacinta-Grijalva y Yucatán. Las familias representativas de esta región son *Characidae*, *Pimelocidae*, *Anablepidae*, *Synbranchidae*, *Bithithidae*, *Batrachoididae* y *Hemiramphidae*, las cuales agrupan alrededor de 176 especies (Álvarez y Lachica, 1974).

La separación de estas regiones es de tipo ecológico-climático; los límites están marcados por sistemas montañosos, lo que permite que los elementos tanto neotropicales como neárticos se mezclen profundamente, formando una compleja zona de transposición de fauna llamada “zona de transición centroamericana-mexicana”. En el caso de los peces dulceacuícolas, existe una marcada zona transicional a lo largo de la planicie costera oriental desde el río Soto la Marina hasta el Papaloapan donde la fauna íctica se ve dominada en un 40% por formas neárticas y un 25% de formas tropicales.

Del lado de la vertiente del Pacífico, la fauna se ve empobrecida a excepción de la cuenca del Lerma y sólo pueden encontrarse algunas especies norteñas primarias, algunas secundarias y otras como invasores marinos hacia el sur; las familias que se pueden encontrar en esta zona de transición son: *Ictaluridae*, *Lepisosteidae* (Neárticas), *Poeciliidae* y *Cichlidae* (Neotropicales) y *Cyprinodontidae* y *Atherinidae* (compartidas), sumando aproximadamente (168 especies).

La WCMC-UNEP United Nations considera a la Planicie Mexicana como dos de las 136 más importantes áreas para la conservación de la biodiversidad en aguas continentales en el mundo sobre todo para la conservación de la subfamilia *Goodeinae* (endémica) que pertenece a la familia *Goodeidae* con 136 especies (Info. Sven Kullander, curador del Departamento de Zoología de Vertebrados del Museo de Historia

Natural de Suiza). La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha incluido a la Cabecera del Río Lerma (región de alta biodiversidad y amenazada) así como a los Humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca dentro de su programa: Regiones hidrológicas prioritarias para la promoción a nivel nacional para el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México.

2. ANTECEDENTES

2.1 Situación del Lerma

México es muy importante para la conservación de diversidad de peces; cuenta con al menos 375 especies de peces de agua dulce y cerca de 500, si se incluyen las de los estuarios y lagunas costeras (Miller, 1982; Espinosa, *et al.* 1993); lo que representa entre el 5.25 y el 6% de especies de peces de agua dulce conocidos a nivel mundial (Conabio, 2000). El grado de endemismo es alto con casi el 60% para las dulceacuícolas.

En México existen cerca de 42 ríos principales que transcurren en tres vertientes: occidental o del Océano Pacífico, oriental o del Océano Atlántico (Golfo de México y Mar Caribe), y la interior cuyos ríos desembocan en lagunas interiores, (<http://www.imacmexico.org/>). El río Lerma, unido al Lago Chapala y al río Santiago, forman uno de los sistemas fluviales más importantes de la vertiente del Pacífico. La cuenca del Río Lerma, tiene un alto grado de endemismo de peces con 30 (72%) de las 43 especies presentes (Miller y Smith, 1986 registran 57 con 58% de endemismo). La ictiofauna del Lerma es tan distintiva que ha sido considerada por Miller y Smith (1986) como una subregión o provincia en análisis biogeográficos hechos para peces en México. La cuenca es también el sistema hidrológico más importante de la meseta central (Soto-Galera, *et al.* 1998) del cual, la Ciudad de México obtiene un suministro importante de agua (cerca del 9%, <http://www.asambleadf.gob.mx/cm/40/p10.pdf>). La cuenca alta del río Lerma (CARL) ha sido seriamente afectada por la utilización irracional que se hace del recurso del agua para su transferencia a la cuenca de México con el fin de complementar el abastecimiento a la Ciudad de México. Esto ha traído consigo una clara transformación física de la cuenca (Maderrey y Jiménez, 2001).

El primer proyecto que se llevó a cabo para complementar la dotación de agua a la Ciudad de México con agua de otras cuencas fue el de la cuenca del río Lerma. En 1942, durante la presidencia del general Manuel Ávila Camacho se inició la construcción de un extraordinario acueducto desde la población de Almoloya del Río hasta la Ciudad de México, para el cual se requirió la perforación de la montaña. Tiene una longitud de 60.1 km, 24.3 corresponden al acueducto

superior del Valle de Toluca, 14.3 km al tunel Atarasquillo-Dos Ríos y 21.4 al acueducto interior en el valle de México (Maderey y Jiménez, 2001).

El tunel Atarasquillo–Dos Ríos atraviesa la sierra de las Cruces y une al Valle de Toluca con la Cuenca de México, cruza el parteaguas continental, desviando las aguas de la vertiente del Pacífico hacia la vertiente del Golfo de México. La obra se terminó en 1951, año a partir del cual inició su funcionamiento y con ello se empezó a afectar el ciclo hidrológico en la cuenca alta del río Lerma (Maderey y Jiménez, 2001).

Durante mucho tiempo, la extracción de agua de la cuenca para abastecer a la Ciudad de México (entre 10 y 14 m³/s) provocó un desequilibrio hidrológico que llevó a la incapacidad de las lagunas (Ciénegas del Lerma) para alimentar el nacimiento del río Lerma. Actualmente se observa una disminución paulatina de la extracción (3.9 m³/s en el 2000). Sin embargo, la explotación del agua ha sido tal que si se pretendiera una restauración de las condiciones originales, se lograría a muy largo plazo (Maderey y Jiménez, 2001).

El Río Lerma nacía en Almoloya del Río, su origen eran más de cincuenta manantiales que alimentaban a la laguna de Almoloya del Río. Esta Laguna era la más alta de un conjunto de tres que descendían en escalones sucesivos hacia el norte para encausar sus aguas al Río Lerma. De sur a norte se llamaban Almoloya del Río, Lerma y San Bartolo; constituían un sistema lacustre en proceso de senectud, con una longitud máxima de 29 km. Contaban con una isla donde aun se encuentra el pueblo San Pedro Tultepec. (Maderey y Jiménez, 2000).

Al concluir en 1970 las obras de 230 pozos y de 170 km de acueductos que aportaban algo más de 14 m³/s al Distrito Federal, se modificaron profundamente los sistemas lacustres del área, presentando en la actualidad sólo algunos relictos de este paisaje (Romero, 1993). Los manantiales que brotaban en Almoloya del Río y daban origen al río Lerma, desaparecieron y ahora se puede afirmar que las corrientes formadoras del río Lerma se originan en el punto más alto del parteaguas del valle de Toluca, entre ellas están los ríos Verdiguél (agua potable de la Ciudad de Toluca) y Santiaguito, que nacen en la vertiente nororiental del Nevado de Toluca. En el fondo del valle, debido a la desaparición de los

manantiales que alimentaban a las lagunas de donde nacía el río principal, se aceleró el proceso de senectud de éstas, convirtiéndose en un conjunto de ciénegas unidas por un canal, considerado como el origen actual del colector general del río Lerma. (Maderey y Jiménez, 2000). Es indudable el papel que ha tenido la sobreexplotación de los acuíferos del Lerma en las severas alteraciones ecológicas de la cuenca. Entre otras, la pérdida de la fertilidad de los suelos y la transformación de los cultivos de riego en temporales. Todo ello ha modificado las formas de vida, el paisaje y la economía de los habitantes de la zona. Actualmente el caudal se ha reducido de 14 m³/s a 6 por el grave deterioro de la zona debido a la severa explotación de sus mantos acuíferos.
<http://www.agua.org.mx/content/view/1358/210/>

La historia geológica del sistema Lerma-Chapala-Santiago en México ha sido muy compleja, lo que ha dado lugar a la formación de gradientes ambientales en donde se pueden encontrar especies de peces tanto neárticas (ciprínidos, goodeidos y aterínidos), como neotropicales (cíclidos y poecílidos). Méndez *et al.* (2001) realizaron un análisis general del Estado de México, y encontraron que la Cuenca del río Lerma presenta el 53% de la ictiofauna nativa estatal y que la mayoría se encuentran amenazada o en peligro de extinción, además de aquellas que tienen una fuerte restricción de hábitat.

Específicamente para la Cuenca Alta del Río Lerma (CARL), Méndez *et al.*, (2001) registraron 12 especies nativas (71%) y cinco introducidas (29%). La importancia de estas 12 especies nativas radica en que todas son endémicas, del país o de la región. De los ocho grandes centros de endemismo en México mencionados por Miller y Smith (1986), la cuenca Lerma-Santiago ocupa el primer lugar con el 66% de las especies. Esta zona presenta endemismo a nivel de familia, género y especie como es el caso del género *Chirostoma* con 18 especies, la familia *Goodeidae* con 35 y los ciprinidos de los géneros *Algansea* y *Yuriria* con siete y una especie endémicas de la zona respectivamente que en conjunto son las dominantes e indicadores de la Mesa Central (Díaz-Pardo *et al.*, 1993). Para el Alto Lerma, se tienen registradas tres especies como endémicas: *Algansea barbata*, *Girardinichthys multiradiatus* y *Chirostoma riojai*.

Méndez-Sánchez (2001) indicó que esta región es una de las más densamente pobladas de México, además de haberse establecido un importante corredor industrial en Toluca por lo que el deterioro ambiental que ha sufrido la Cuenca del Lerma, se debe principalmente a la descarga de drenajes urbanos e industriales, la extracción de agua para el abastecimiento de agua potable y el creciente interés por el cultivo de especies para consumo humano lo que ocasiona el aumento de especies exóticas y el desplazamiento de especies nativas que han visto disminuida drásticamente su distribución como *Algansea barbata* (prácticamente extinta), *Girardinichthys multiradiatus* y *G. viviparus* (Méndez-Sánchez *et al.*, 2001).

Los cambios en la distribución de las especies en el Alto Lerma, se han manifestado en la desaparición de localidades, ya sea por el crecimiento urbano e industrial, las actividades agrícolas y la explotación de mantos acuíferos (Soto-Galera *et al.*, 1991). Díaz-Pardo *et al.*, (1993) mencionan que el 55.5% de las localidades registradas para el Alto Lerma, han desaparecido como consecuencia del crecimiento de los centros urbanos como Lerma de Villada, Toluca, Ixtlahuaca de Rayón, Atlacomulco, Ocoyoacac y Santo Domingo de Guzmán. Además, considera a *Notropis sallei*, *Chiostoma riojai* y *Ch. humboldtianum* como especies poco tolerantes a cambios ambientales por lo que su distribución es muy restringida y más susceptible a la degradación ambiental. Soto-Galera, *et al.* (1998) menciona que antes de 1985 se capturaron 11 especies nativas y dos exóticas y para el periodo de 1985 a 1993, se capturaron ocho nativas y cuatro exóticas. Méndez-Sánchez *et al.*, (2001) considera a *Algansea tincella*, *Notropis calientis*, *Yuriria alta* y *Allophorus robustus* como extirpadas del Estado de México (Alto Lerma) mientras que *Algansea barbata*, *Girardinichthys multiradiatus*, *G. viviparus* e *Ilyodon whitei* se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. Entre las especies introducidas destacan las carpas (*Cyprinus carpio* y *Carassius auratus*), tilapias (*Oreochromis mossambicus*) y los llamados guppies (*Poecilia reticulata*); (Méndez-Sánchez *et al.*, 2001).

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca Lerma-Chapala parte de los aproximadamente 3,000 msnm, en los manantiales de Almoloya del Río en el Estado de México e incluye la Laguna de Chapala; tiene una extensión de 52,500 Km² (Secretaría de Recursos Hidráulicos-1968) y concentra el 13 por ciento de la población del país y el 17 por ciento de la industria nacional ([http://www.imacmexico.org/ev es.php](http://www.imacmexico.org/ev_es.php)). Inicialmente tiene una orientación al noroeste, para terminar en dirección este-oeste en la Laguna de Chapala y fluye por 700 Km a través de los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco (Figura 1).

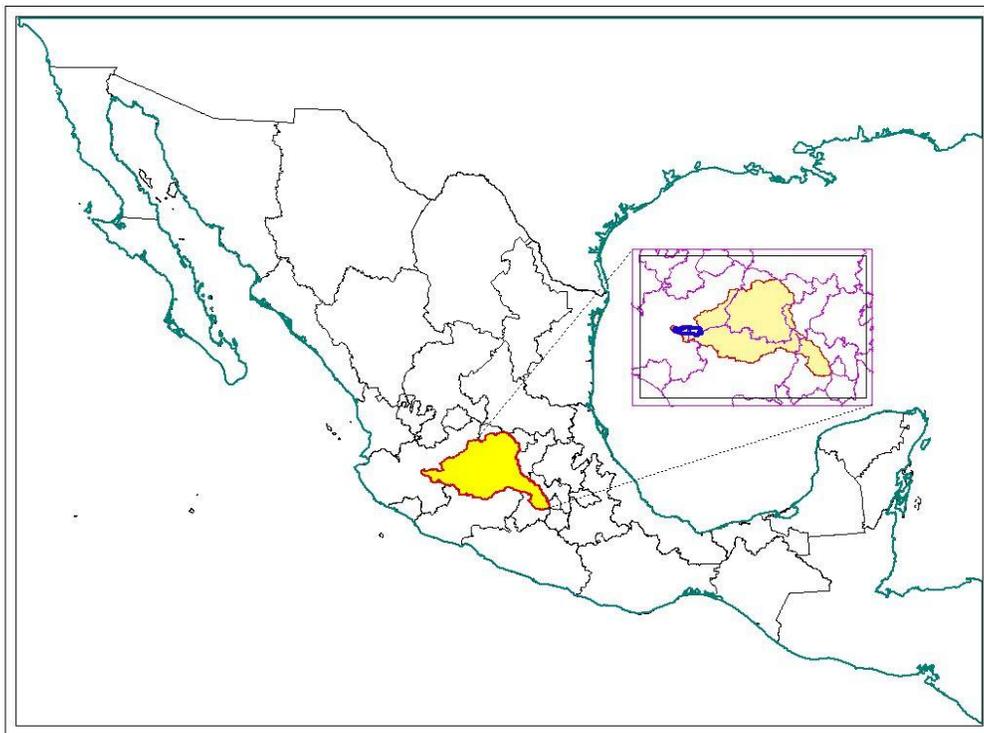


Fig. 1. Localización de la Cuenca Lerma-Chapala, tomado de <http://www.ine.gob.mx/>

La subcuenca del Alto Lerma forma parte del Sistema Río Lerma-Santiago el cual presenta una extensión de 122,850 Km² (Tamayo, 1990) y se divide en dos cuencas: la del Lerma-Chapala y la de Santiago (Figura 2).

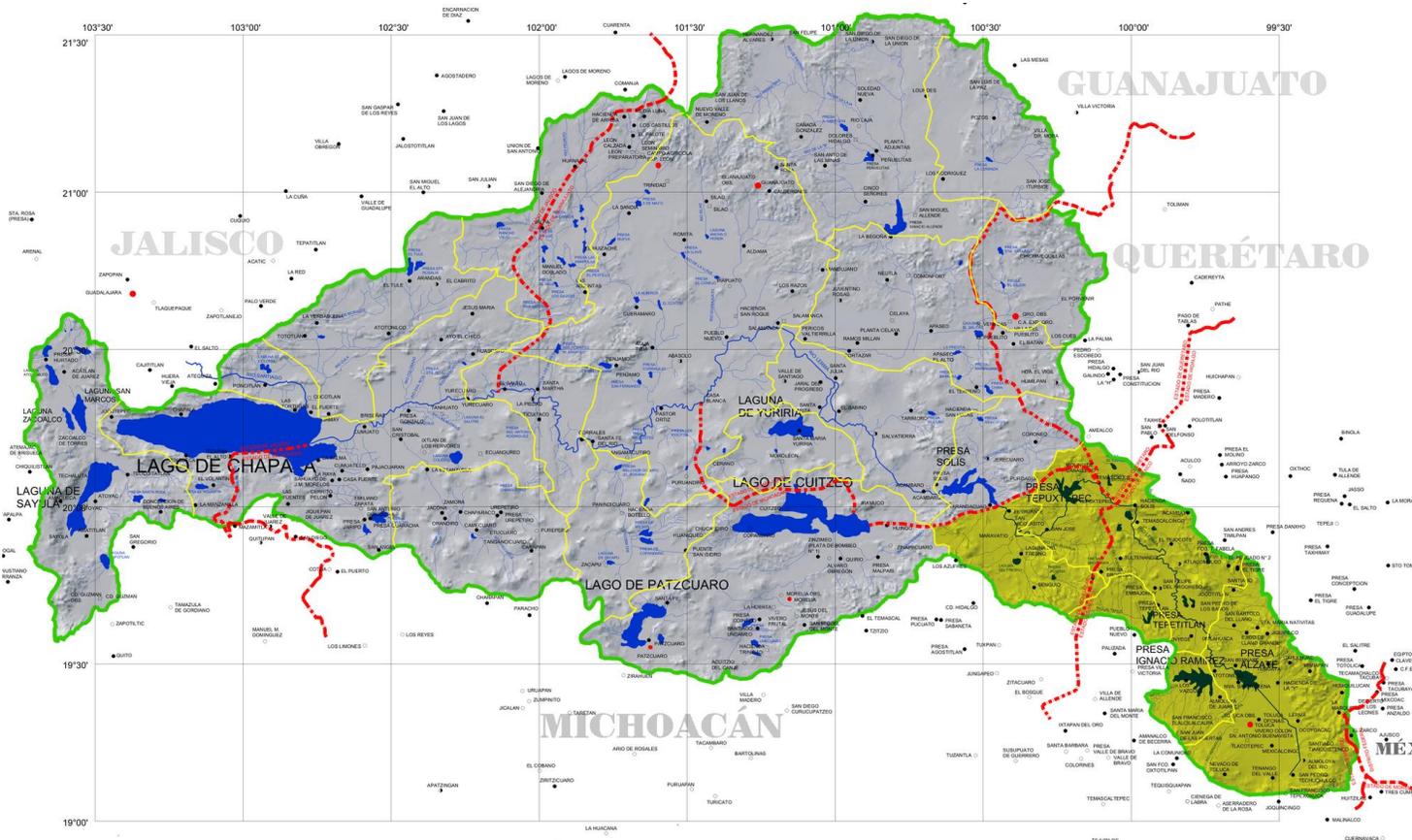


Fig. 2. Cuenca del Lerma con localización de la Cuenca del Alto Lerma y sus afluentes ■. Tomado de <http://www.cna.gob.mx/LermaWeb/grafslw/CuencaLerma2000.png>

La subcuenca Alto Lerma tiene una superficie aproximada de 8,483 Km², que representa aproximadamente el 16.15% del total de la Cuenca Lerma, y el 6.9% del Sistema Río Lerma-Santiago. La altitud va desde más o menos 3,000 msnm y desciende hasta los aproximadamente 1,858 msnm. Encontramos sus límites en lo que eran los manantiales de Almoloya del Río, México (ocupados ahora por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos para la extracción de agua potable) hasta la Presa Solis, Guanajuato; la primera localidad es la de mayor altitud, si bien no es la que aporta el mayor volumen de agua a la subcuenca. De tal manera que dicha subcuenca se inscribe en tres entidades federativas, al considerarse una pequeña porción de Michoacán (Chávez-Toledo, 1987).

Las unidades litológicas que conforman esta zona son de origen ígneo extrusivo y volcanosedimentarias. Dentro de la primera clasificación encontramos basaltos, andesitas, brechas sedimentarias y dacitas. Dentro de la segunda clasificación encontramos suelos lacustres constituidos principalmente por arcillas y limos con algunas intercalaciones de arenas, gravas y escasos horizontes de tobas híbridas; aluviales de clásticos de diversos tamaños (Quiroz, 1993).

La parte de la Cuenca del Río Lerma localizada dentro del Estado de México, ofrece una mínima variación en cuanto a sus condiciones climáticas predominando, un clima templado en cuatro de sus variedades en todo el territorio, a excepción de una región muy pequeña que corresponde a la parte alta del Nevado de Toluca, donde se presenta un clima frío de altura, con condiciones muy bajas de temperatura (Quiroz, 1993).

Las características de los climas existentes en la región según la clasificación climática de Köeppen modificada por García (1988) son las siguientes:

- C(w2)(w) Se define como un clima templado subhúmedo (el más húmedo de esa categoría con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal inferior a cinco. Este tipo de clima ocupa más del 90% de la extensión de la cuenca. La precipitación total anual supera ligeramente los 800 mm de lluvia y la temperatura media anual se encuentra en el intervalo de 12°C a 16 °C. La máxima incidencia de lluvias se presenta en el mes de julio con valores que oscilan entre los 150 y los 160 mm. El mes más cálido es mayo, con una temperatura entre 14°C y 15 °C y el más frío enero, entre 11 y 12 °C. Debido a esta oscilación entre el mes más cálido y el mes más frío, se considera un clima mesotérmico, es decir, sin gran variación en la temperatura. Este grupo de condiciones atmosféricas caracterizan comunidades vegetales como el pastizal en la parte plana y bosque de pino, encino y mixtos en las zonas montañosas.
- C(wl)(w) Se refiere a un clima templado subhúmedo, es más seco que el anterior. Se encuentra una pequeña porción de este clima

precisamente en la salida del Río Lerma del Estado de México, específicamente en el municipio de Temascalcingo.

- CE(2w)(w) Clima semifrío subhúmedo (el más húmedo de esta categoría) con lluvias de verano: Se encuentra en las partes altas de la cuenca como el Nevado de Toluca, Sierra de las Cruces y Monte Alto así como el cerro de Jocotitlán
- C(E)(m)(w) Es un clima semifrío además de pertenecer a la categoría de los húmedos. Se localiza en una pequeña porción de la Sierra de las Cruces asociado a comunidades vegetales del tipo de bosque y praderas de alta montaña.

2.3 Tipos de vegetación

Los principales tipos de vegetación son los siguientes (Rzedowski, 2006):

- Bosque de pinos (*Pinus spp.*): Se desarrollan entre los 1500 y los 3700 msnm. Las especies que conforman este tipo de vegetación, tienen afinidad por climas fríos y semihúmedos así como por suelos ácidos y medianamente profundos. El estrato arbóreo está dominado por *Pinus montezumae*, *P. rudis*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. hartwegii*, *P. patula*, *P. michoacana*, *P. ayacahuite*, *P. oocarpa* y *P. pringlei*.
- Bosque de encino (*Quercus spp.*): Especies como *Quercus laurina*, *Q. crassipes*, *Q. rugulosa*, *Q. mexicana* dominan el estrato arbóreo o arbustivo (*Q. microphylla*) de este tipo de vegetación. Estos bosques se encuentran en áreas muy explotadas y, por lo tanto, tienen diversos grados de disturbio, o han sido completamente transformados en zonas de cultivo. Se ha reportado que estas comunidades, presentan aproximadamente una cuarta parte de las especies de encinos registradas para el país.
- Bosques de oyamel: Son los bosques de *Abies religiosa*. Su distribución es muy fragmentada y se ve limitada por condiciones

altitudinales (3000 y 3600 msnm), de humedad y temperatura específica. Es un bosque que se desarrolla principalmente sobre material de tipo volcánico (andesitas y basaltos). En las zonas adyacentes a otros tipos de vegetación, se forman bosques mixtos de oyamel con pino, aile (*Alnus* spp.) o latifoliadas.

- Bosques mixtos: Incluyen *Pinus* y *Abies* y latifoliadas además de los bosques mixtos de pino-encino o bosques de pino-oyamel
- Selvas bajas caducifolias: la altitud a la que se desarrollan es menor a los 1900 msnm. Climáticamente se presentan dos estaciones bien marcadas que originan cambios fisonómicos drásticos de la vegetación. En la época seca, el ambiente está dominado por los troncos sin hojas de las especies caducifolias; en la época de lluvias el follaje es exuberante, dando tonos característicos de una selva. Este tipo de vegetación está dominado por “copales” (*Bursera* spp.), “tepehuajes” (*Lysiloma* spp.), “huamúchiles” (*Pithecellobium dulce*), “amates” (*Ficus* spp.) y anacardiáceas como *Pseudosmodium* y *Comocladia*.
- Pastizales: Se incluyen pastizales naturales semiáridos, pastizales halófilos y pastizales de alta montaña, cuya extensión es limitada. Los pastizales naturales semiáridos están conformados por gramíneas herbáceas.
- Matorrales y bosques espinosos: Aparentemente se han derivado de las actividades agropecuarias en las zonas aledañas a las selvas bajas caducifolias, de manera que presentan especies espinosas como *Hamelatoxylum brasiletto* (palo Brasil), *Acacia* spp., *Randia echinocarpa* y especies características de selvas bajas como algunas burseras o copales (*Bursera* spp.) y cazahuate (*Ipomera* spp.), entre otras. Existen matorrales crasicaulos y matorrales inermes.
- Tulares y vegetación riparia: Se encuentra en zonas inundadas o como vegetación francamente acuática. Se presenta como

manchones. En esta categoría se encuentran los tulares que presentan especies como *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris*, *Sagittaria spp.* y *Eichornia crassipe* así como varias especies de *Cyperus*, flotadoras del género *Lemna*, *Azolla*, *Spirodela*, *Wolfia* y *Wolfiella*; sumergidas y emergentes como *Ceratophyllum*, *Mirriophyllum*, *Potamogeton*. Para este tipo de vegetación se han reportado alrededor de 40 especies de monocotiledóneas y dicotiledoneas acuáticas (una endémica del río Lerma y Valle de México, *Sagittaria macrophylla*).

3. HIPÓTESIS

Los antecedentes muestran que las poblaciones de peces de la Cuenca Alta del Río Lerma (de aquí en adelante la mencionaremos como CARL) en general, se encuentran muy mermadas debido principalmente a que los sitios donde éstas pueden desarrollarse han ido desapareciendo o ya no cuentan con las condiciones fisicoquímicas y biológicas mínimas para el desarrollo de la vida. Esto debido al crecimiento de los centros urbanos que convierten los ríos y charcas en drenajes y por la necesidad de tierras de cultivo en la región, además de la contaminación generada por las numerosas industrias que se encuentran a lo largo del Río Lerma y que vierten sus desechos hacia este cauce.

Si la urbanización de la CARL y el cambio de uso de suelo han continuado al mismo ritmo de degradación e impacto y sin contar con un buen manejo ecológico de la zona, entonces es de esperarse que este hecho se vea reflejado en el deterioro de la diversidad de peces que habitan la CARL. Así mismo se prevee que hayan disminuido el número de localidades donde éstas pudieran desarrollarse adecuadamente ocasionado por varias actividades antrópicas tales como: a) desecación debida a la sobreexplotación de los mantos acuíferos y alteración del curso de los ríos, b) alteración de las condiciones fisicoquímicas del agua debido a que allí se vierten desechos urbanos e industriales y c) la introducción de especies exóticas con fines comerciales. Por lo que este trabajo pretende dar un panorama general del estado en el que se encuentra la ictiofauna del Alto Lerma y así sumarse a los esfuerzos que se realizan para su conservación.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Para el presente trabajo, se estableció el siguiente objetivo general: evaluar cómo ha sido modificada la diversidad de peces en la CARL a lo largo del tiempo a partir de los registros que se tienen desde 1942.

4.2 Objetivos particulares

- Revisar la base de datos histórica proporcionada por el Dr. Edmundo Días Pardo de la Universidad Autónoma de Querétaro que abarca el periodo de 1942 a 1997 (datos históricos).
- Corroborar la existencia de las localidades referidas en la base de datos.
- Muestrear comunidades de peces en la CARL (2004) para determinar su riqueza y composición.
- Cuantificar algunas variables ambientales de estas comunidades así como características fisico-químicas del agua durante el muestreo para evaluar su calidad.
- Comparar los datos obtenidos en el muestreo (2004) con los datos históricos.

5. MÉTODOS

5.1 Base de datos histórica

Para la realización de este estudio se compiló, revisó y depuró la base de datos de la Colección Nacional de Peces Dulceacuícolas de México del Instituto Politécnico Nacional, proporcionada por el Dr. Edmundo Días Pardo de la Universidad Autónoma de Querétaro para determinar la riqueza y distribución histórica de peces que se encontraban en el Alto Lerma desde 1942 hasta 1997 y a partir de allí se propusieron las localidades históricas que posteriormente se muestrearían y se determinaron otras nuevas eligiendo cuerpos de agua permanentes. Todas las localidades se refirieron geográficamente y se pusieron en un mapa con los afluentes actuales para de este modo plantear el trabajo de campo durante el 2004.

5.2 Toma de datos en campo

Para determinar la riqueza de ictiofauna en la CARL y con base a los datos históricos se realizaron muestreos en la época de estiaje (febrero-mayo 2004) de las localidades previamente identificadas para determinar los cambios espaciales de las especies de peces con respecto a los registros históricos. Para evaluar los factores físico-químicos que afectan a la ictiofauna en cada una de las localidades se midieron las siguientes variables: altitud con GPS (eTREX de Garmin), temperatura superficial, oxígeno disuelto con oxímetro Hanna; pH y conductividad con conductímetro marca Hach (Figura 3), y se tomaron muestras de agua para su posterior análisis químico, tomando también datos sobre la transparencia con disco de Secchi, todo esto con los métodos que describen Soto-Galera, Barragan y López, 1991; Díaz-Pardo, *et al.* 1993 y Soto-Galera, *et al.* 1998; (Figura 4).



Fig. 3. Medición de conductividad, pH



Fig. 4. Medición de transparencia con el disco de Secchi

El muestreo biológico se realizó con los sistemas de pesca apropiados para las condiciones de cada sitio como son el chinchorro (Figura 5) y la electropesca (Figura 6). Los organismos se conservaron en formol al 10% para su posterior identificación (Díaz-Pardo, *et al.* 1993; Soto-Galera, *et al.* 1998).



Fig. 5. Colecta de peces con chinchorro



Fig. 6 Equipo y colecta de peces mediante la técnica de electropesca

5.3 Procesamiento de muestras en el laboratorio

En el laboratorio las muestras de agua se procesaron para identificar sus características fisicoquímicas tales como nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, dureza y turbidez con espectrofotómetro marca HACH (DR/2010) descritas en el manual (Hach, 2000). Las técnicas son las siguientes:

- Método aminoácido para fósforo reactivo (0-30.00 mg/L PO_4^{3-}). Método 8178 (también llamado ortofosfato), para agua, aguas residuales y agua marina.

- Método Nessler para nitrógeno y amonio (0-2.5 mg/L NH₃-N). Método 8038 para aguas residuales y agua marina.
- Dureza total (10-4000 mg/L CaCO₃) para agua, aguas residuales y agua marina.
- Turbidez (0-4400 FAU) Método 8237 para agua, aguas residuales y agua marina) (Attenuated Radiation Method). Lectura directa.
- Método fotométrico para sólidos suspendidos (0-750 mg/L). Método 8006 para agua y aguas residuales.
- Método de la reducción de cadmio para Nitratos MR (0-4.5 mg/L NO₃-N) Método 8171 para agua, aguas residuales y aguas marinas.

5.4 Composición y riqueza de especies

Para la identificación de los peces se siguieron los criterios de Álvarez (1970); Barbour y Miller (1978); Hubbs y Turner (1939) y Chernoff y Miller (1986). Para detectar los cambios en la riqueza específica, se hizo una comparación entre los datos históricos y las colectas realizadas en el estudio que se incorporaron a la base de datos. Los cambios de distribución se detectaron mediante gráficas de barras, considerando el total de registros como el 100% de amplitud de distribución de cada especie, y la que actualmente presentan, corresponde al porcentaje de localidades en donde se capturaron durante el presente estudio. Además se realizaron mapas por cada especie donde se ubicaron las localidades donde se encontraban históricamente y las localidades donde se encuentran actualmente.

Para clasificar a las especies como raras, de distribución amplia o media, se utilizó el criterio de rangos intercuartiles estableciéndose que si se encontraban en una localidad, se consideraron raras, en 2 a 8 localidades se consideraron comunes o de distribución media y en más de 8 localidades, de distribución amplia. Se identificaron las localidades de mayor interés por la riqueza que presentaran o por la presencia de especies amenazadas o en peligro de extinción.

5.5 Análisis fisicoquímico del agua en la CARL

Para evaluar la calidad del agua, se compararon los resultados de las variables fisicoquímicas obtenidas con los límites permisibles establecidos en las siguientes normas nacionales e internacionales:

NOM-001-ECOL-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (DOF, 1996).

Ley Federal de derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales (DOF, 2006).

Organización Mundial de la Salud. Límites permisibles de calidad para el uso de la biota, sedimentos y monitoreo de agua en el ambiente (OMS, 1996).

Organización Mundial de la Salud. Recomendaciones para calidad de agua para consumo humano (OMS, 2004).

En el caso de la temperatura, se buscó un límite de temperatura más adecuado en el que las especies del Alto Lerma se desarrollen de manera óptima como los que reportan Hernández y Valdez, 1999 para *Chirostoma riojai*.

6. RESULTADOS

6.1 Localidades históricas

La base de datos elaborada consta de 68 localidades de las cuales 35 (51.47%) son históricas y 33 (48.52%) son nuevas (Fig. 7). Con respecto a las localidades históricas, el 80 % de ellas han desaparecido lo que equivale a 22 sitios que han sido transformados a zonas urbanas y agrícolas. Asimismo, la calidad del agua ha sufrido un deterioro (Díaz-Pardo, *et al.* 1993), lo cual ha afectado la permanencia de las especies poco tolerantes a la baja calidad de agua y solo 7 localidades (20%) aun presentan peces (Figura 7).

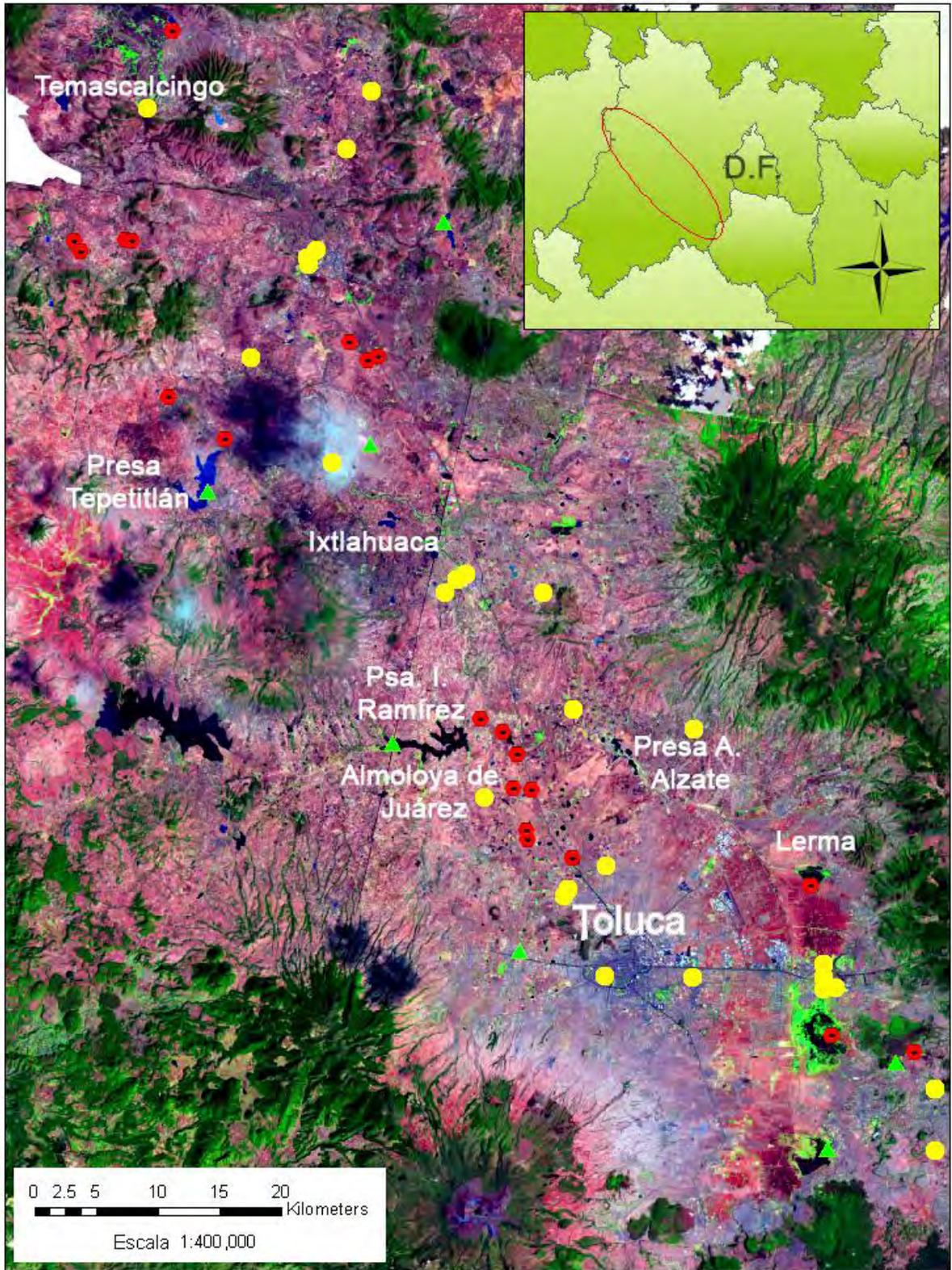


Fig. 7. Localidades históricas desaparecidas ● , históricas con peces ▲ y localidades nuevas ●

En la revisión de los registros históricos, se encontró una riqueza de cuatro órdenes, cinco familias, diez géneros y 12 especies de las cuales cuatro son exóticas, ocho (66.6%) son nativas y de ellas tres son endémicas para la CARL (Cuadro 3).

Cuadro 3. Riqueza y endemismo histórico en la CARL

Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Especies endémicas
Ord. Atheriniformes	1	1	3	1
Ord. Cypriniformes	1	4	4	1
Ord. Cyprinodontiformes	2	4	4	1
Ord. Perciformes	1	1	1	0
Total	5	10	12	3

6.2 Localidades muestreadas en el 2004

En 23 (69.7%) de las localidades nuevas se encontraron peces y en diez (30.3%) no. Cabe mencionar que muchas de estas nuevas localidades son bordos.

En las localidades muestreadas en el 2004, se encontró una riqueza de tres órdenes, cuatro familias, seis géneros y ocho especies (Cuadro 4), seis de las cuales son nativas y dos exóticas representando una disminución del 25% de las nativas. Además sólo se registró la presencia de dos endémicas.

Cuadro 4. Riqueza y endemismo actuales en la CARL

Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Especies endémicas
Atheriniformes	1	1	3	1
Cypriniformes	1	2	2	0
Cyprinodontiformes	2	3	3	1
Total	4	6	8	2

Las especies encontradas en el 2004 fueron las siguientes: *Chirostoma humboldtianum*, *Ch. jordani*, *Ch. riojai*, *Girardinichthys multiradiatus*, *Goodea atripinnis*, *Notropis sallei*, *Cyprinus carpio* y *Heterandria bimaculata*, éstas dos últimas, son introducidas y el resto pueden considerarse como nativas. El género *Chirostoma* pertenece a la familia Atherinidae, *Cyprinus* y *Notropis* pertenecen a Cyprinidae mientras que *Girardinichthys* y *Goodea* pertenecen a la familia Goodeidae; y *Heterandria* a

Poeciliidae (Cuadro 5). *Heterandria bimaculata* es una especie nueva para el Alto Lerma, introducida y que se considera de distribución mas bien neotropical.

Las especies nativas que no se registraron en el 2004 fueron *Algansea barbata* (endémica de la CARL), posiblemente extinta y *Allophorus robustus* considerada como extirpada del Estado de México (Cuadro 5). Las especies exóticas que no se encontraron fueron *Carassius auratus*, *Micropterus salmoides* y *Poeciliopsis gracilis*.

Cuadro 5. Peces de la CARL registradas desde 1942 hasta 2004.

		1942- 1969	1970- 1989	1990- 1997	2004
Ord.					
Atheriniformes					
Fam. Atherinidae					
<i>Chirostoma</i>	<i>humboldtianum</i>	X	X	X	X
<i>Chirostoma</i>	<i>jordani</i>	X	X	X	X
<i>Chirostoma</i>	<i>riojai</i>	X	X	X	X
Ord. Cypriniformes					
Fam. Cyprinidae					
<i>Algansea</i>	<i>barbata</i>	X		X	
* <i>Carassius</i>	<i>auratus</i>	X	X	X	
* <i>Cyprinus</i>	<i>carpio</i>	X	X	X	X
<i>Notropis</i>	<i>sallei</i>	X	X	X	X
Ord. Cyprinodontiformes					
Fam. Goodeidae					
<i>Allophorus</i>	<i>robustus</i>	X			
<i>Girardinichthys</i>	<i>multiradiatus</i>	X	X	X	X
<i>Goodea</i>	<i>atripinnis</i>	X	X	X	X
Fam. Poeciliidae					
* <i>Poeciliopsis</i>	<i>gracilis</i>	X			
* <i>Heterandria</i>	<i>bimaculata</i>				X
Ord. Perciformes					
Fam. Centrarchidae					
* <i>Micropterus</i>	<i>salmoides</i>			X	
Total de especies	13	11	8	10	8

*Especies introducidas

6.3 Cambios en la distribución de peces

6.3.1 Familia Atherinidae

El género *Chirostoma* perteneciente a la familia Atherinidae ha tenido una presencia constante en la CARL. Las especies que pertenecen a este género, han mantenido una distribución media incluso *Chirostoma humboldtianum*, la aumentó ligeramente (Cuadro 6); sin embargo *Chirostoma riojai*, más tendiente a tener una distribución amplia en el pasado (Figura 8), en el 2004 sólo se encontró en un par de localidades (Fig. 11) a lo

que se debe poner especial atención pues es una especie catalogada como en peligro de extinción por la NOM-059-ECOL-2001, además de ser endémica del Alto Lerma.

6.3.2 Familia Cyprinidae

Dentro de la familia Cyprinidae encontramos especies tanto nativas como exóticas. *Algansea barbata*, endémica de la CARL mantenía una distribución media y no se encontró en el muestreo del 2004 (Cuadro 6, Fig. 12). *Notropis sallei*, también nativa del Lerma disminuyó drásticamente su distribución de amplia a media (Cuadro 6, Fig. 13). En cuanto a las especies exóticas, *Carassius auratus* no se registró en el 2004 pero *Cyprinus carpio* pasó de ser una especie común a ser una especie ampliamente distribuida ganando así terreno a las especies nativas de la CARL (Cuadro 6, Fig. 8, Fig. 15).

6.3.3 Familia Goodeidae

De *Alloophorus robustus* sólo se encontró un registro en la base de datos histórica y en el muestreo del 2004 no se registró por lo que pasó de ser una especie rara a considerarse como extinta localmente (Cuadro 6). *Girardinichthys multiradiatus*, especie endémica, considerada como vulnerable por la UICN e indicadora de la CARL, mantuvo una distribución amplia siendo la que se encontró en un mayor número de localidades (Cuadro 6, Fig. 17) , 25 históricas y 22 actuales. *Goodea atripinnis* siendo una especie común, también mantuvo su distribución (Cuadro 4, Fig.18).

6.3.4 Familia Poeciliidae

En esta familia encontramos dos especies introducidas, *Heterandria bimaculata* que es una especie nueva para la CARL, que se posicionó como una especie común (Cuadro 6, Fig. 8, Fig. 19) y *Poeciliopsis gracilis* de quien solo se encontró un registro en los antecedentes por lo que pasó de ser rara a extinta localmente (Cuadro 6).

6.3.5 Familia Centrarchidae

Micropterus salmoides (lobina), especie introducida, cambió su distribución de común a localmente extinta (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación entre la distribución histórica y actual de los peces de la CARL.

		Distribución	
		Histórico	Actual
Atheriniformes			
Atherinidae			
<i>Chirostoma</i>	<i>humboldtianum</i>	Común o de dist. Media	Común o de dist. Media
<i>Chirostoma</i>	<i>jordani</i>	Común o de dist. Media	Común o de dist. Media
<i>Chirostoma</i>	<i>riojai</i>	Común o de dist. Media	Común o de dist. Media
Cypriniformes			
Cyprinidae			
<i>Algansea</i>	<i>barbata</i>	Común o de dist. Media	Extinta localmente
* <i>Carassius</i>	<i>auratus</i>	Distribución amplia	Extinta localmente
* <i>Cyprinus</i>	<i>carpio</i>	Común o de dist. Media	Distribución amplia
<i>Notropis</i>	<i>sallei</i>	Distribución amplia	Común o de dist. Media
Cyprinodontiformes			
Goodeidae			
<i>Alloophorus</i>	<i>robustus</i>	Rara	Extinta localmente
<i>Girardinichthys</i>	<i>multiradiatus</i>	Distribución amplia	Distribución amplia
<i>Goodea</i>	<i>atripinnis</i>	Común o de dist. Media	Común o de dist. Media
Poeciliidae			
* <i>Heterandria</i>	<i>bimaculata</i>	No introducida	Común o de dist. Media
* <i>Poeciliopsis</i>	<i>gracilis</i>	Rara	Extinta localmente
Perciformes			
Centrarchidae			
* <i>Micropterus</i>	<i>salmoides</i>	Común o de dist. media	Extinta localmente

*Especies introducidas

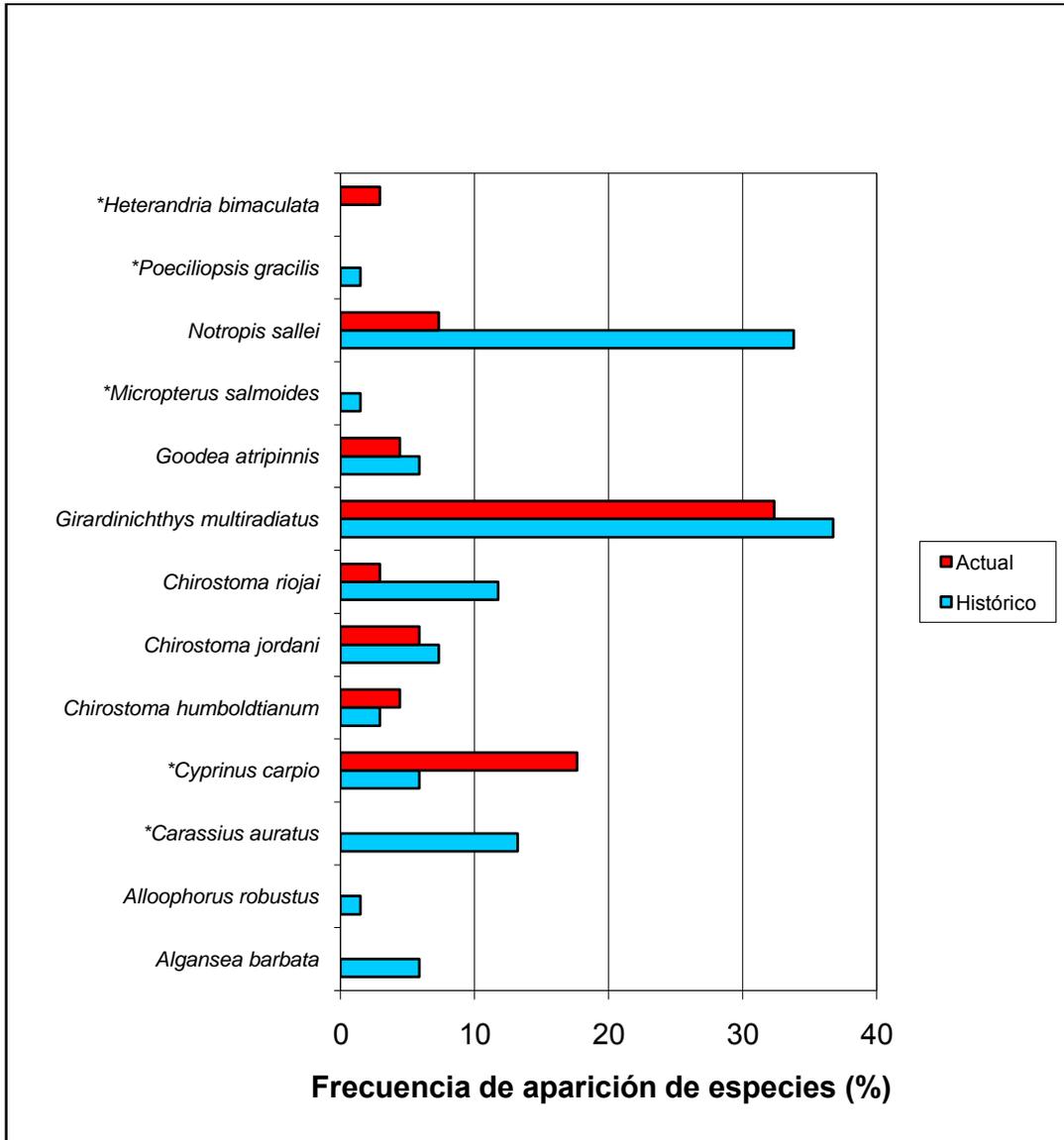


Figura 8. Distribución histórica y actual de las especies del Alto Lerma.
 *Especies introducidas

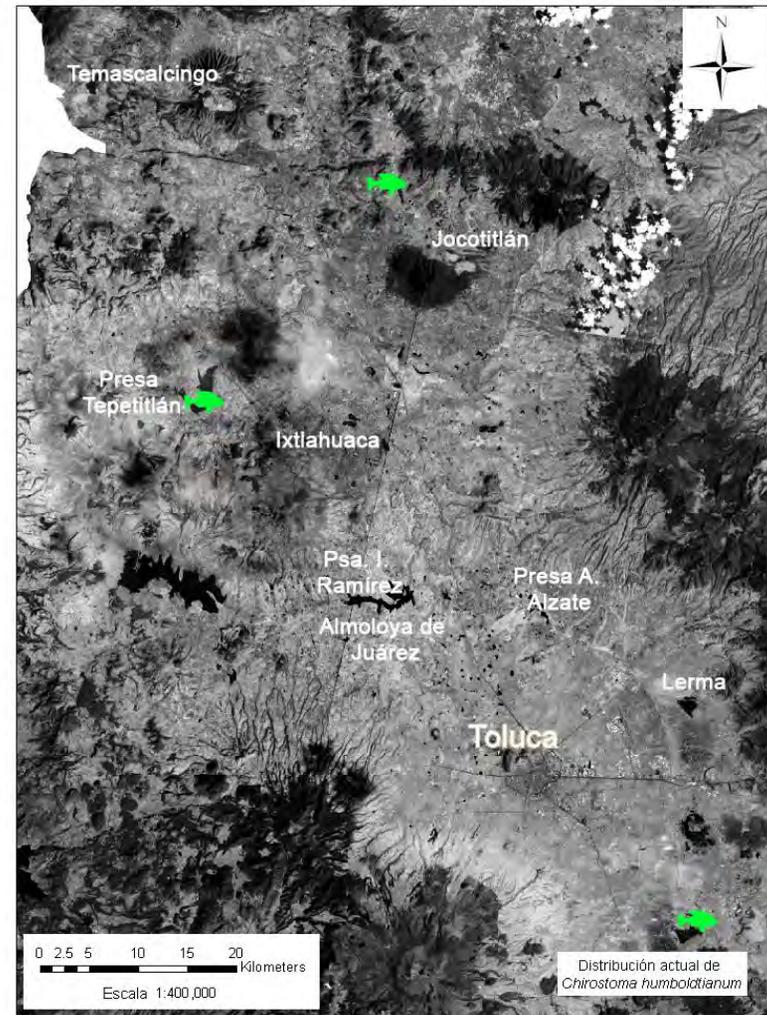
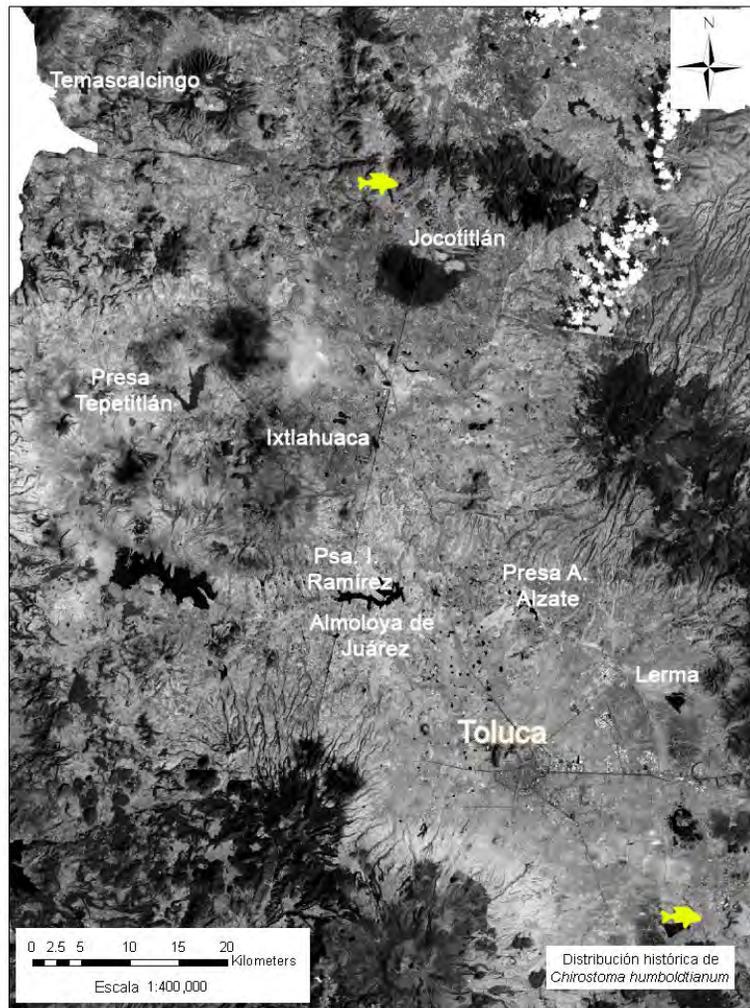


Fig. 9 Cambios en la distribución de *Chirostoma humboldtianu*

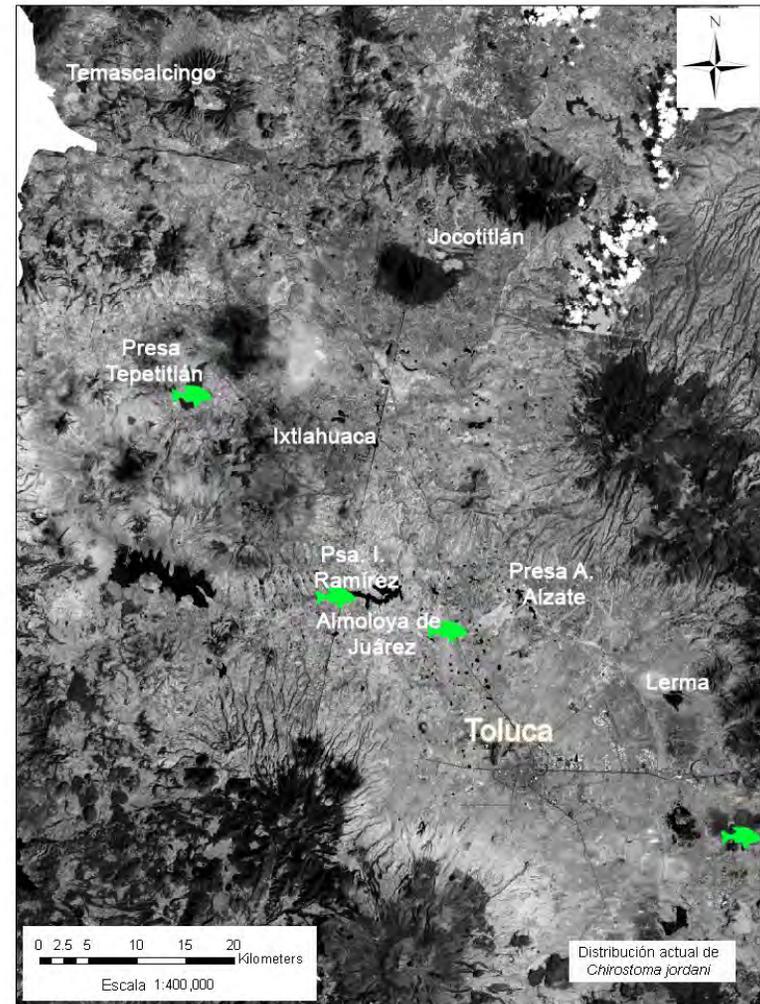
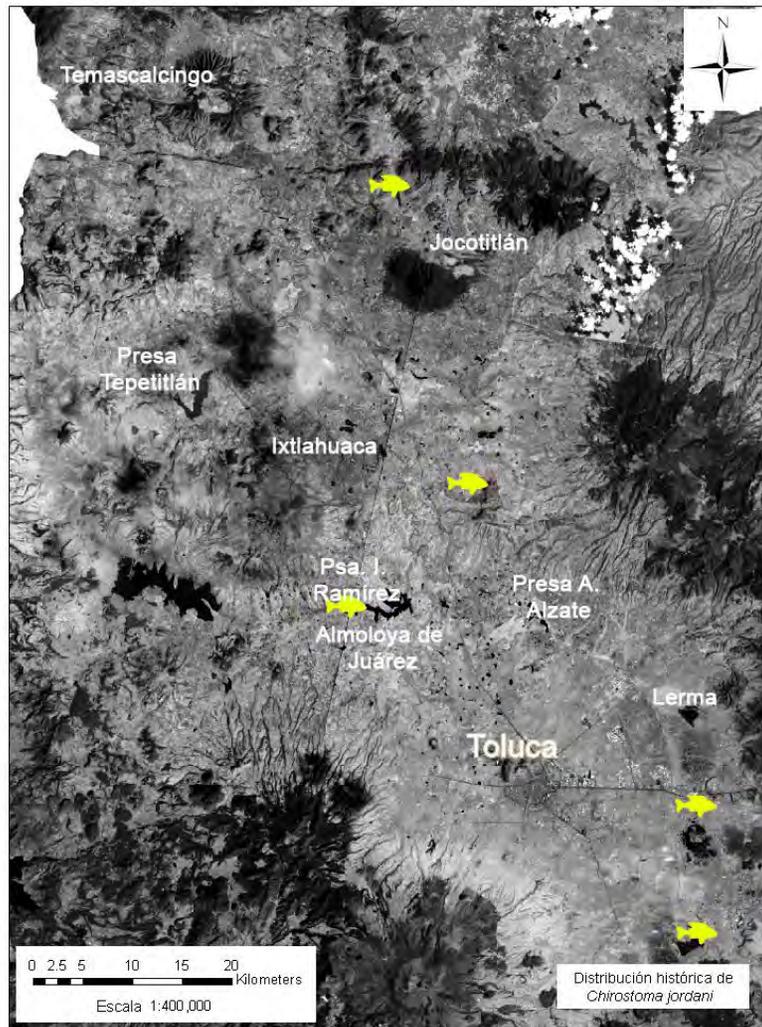


Fig. 10 Cambios en la distribución de *Chirostoma jordani*.

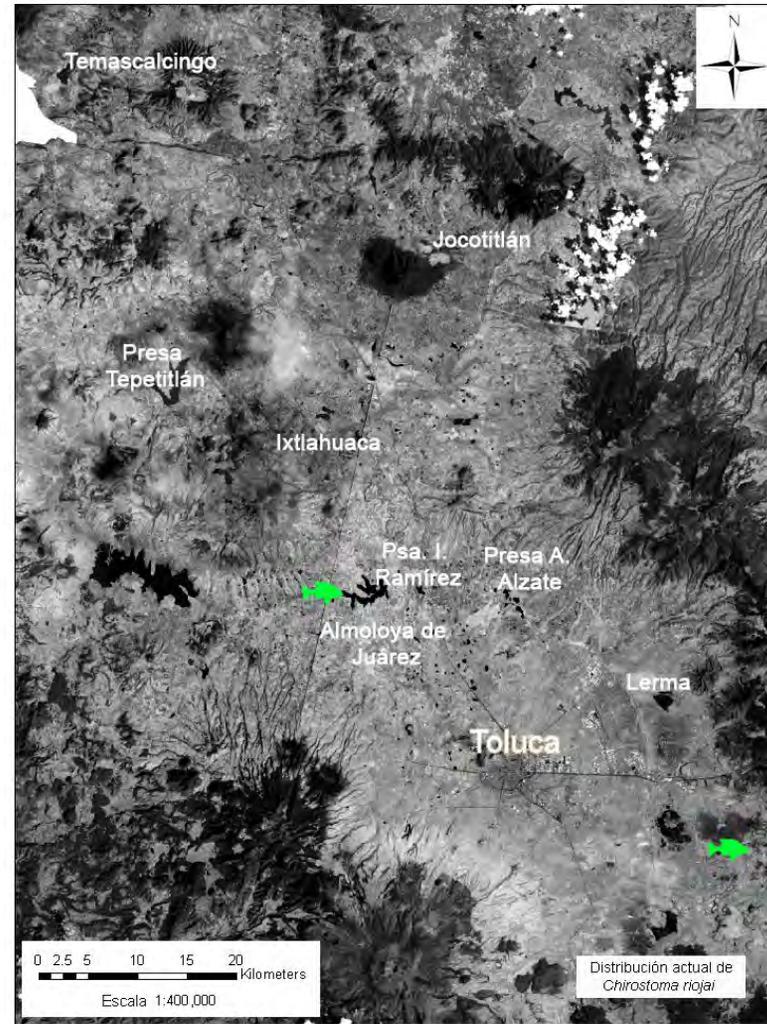
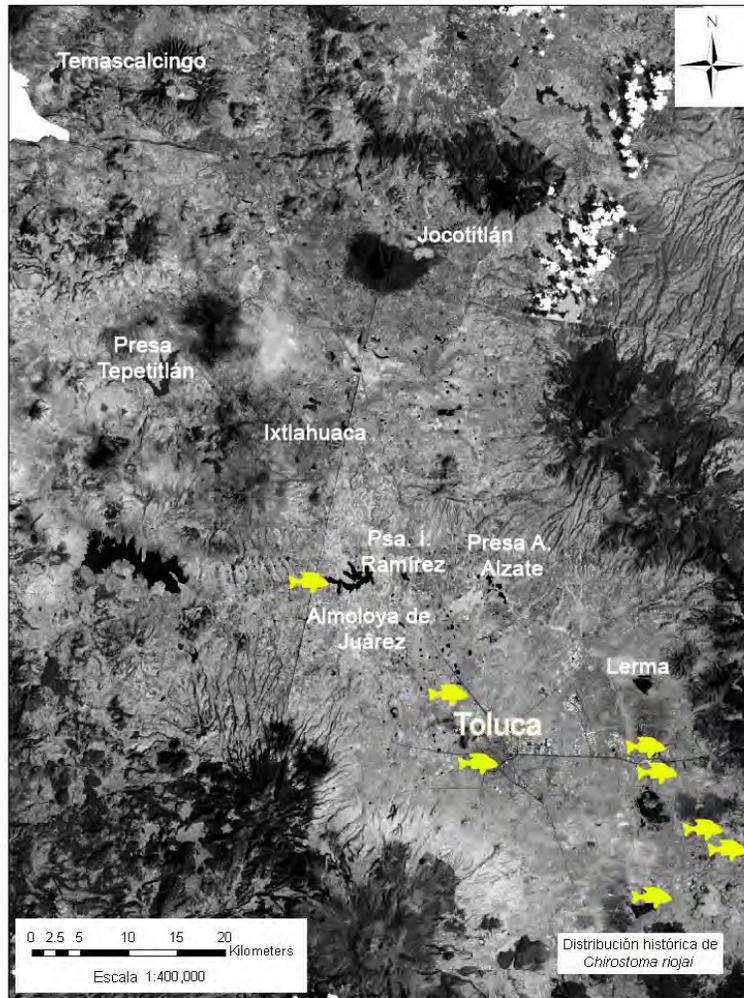


Fig. 11 Cambios de distribución de *Chirostoma riojai*.

FAMILIA CYPRINIDAE

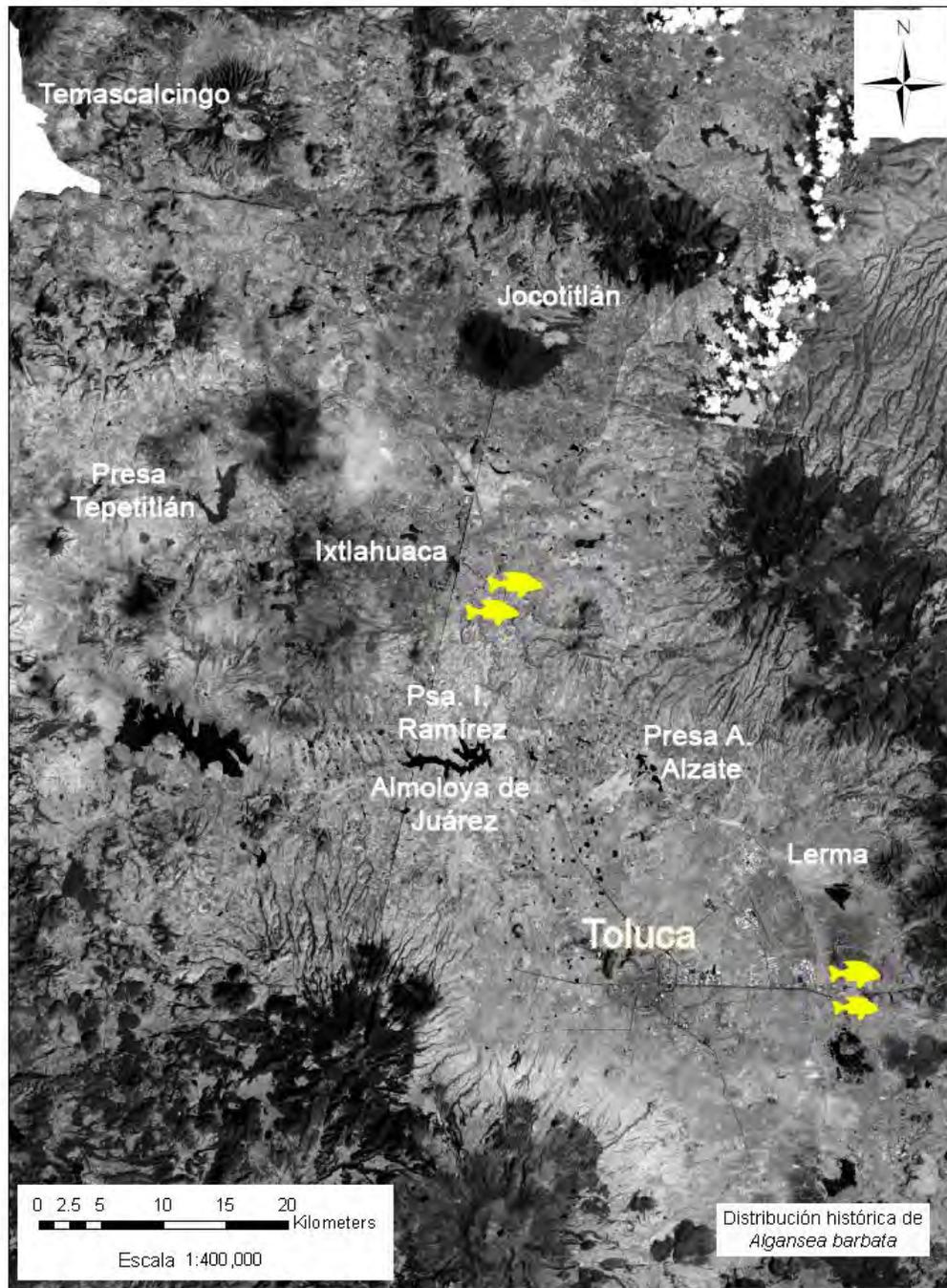


Fig. 12 Distribución histórica de *Algansea barbata*, especie endémica de la CARL.

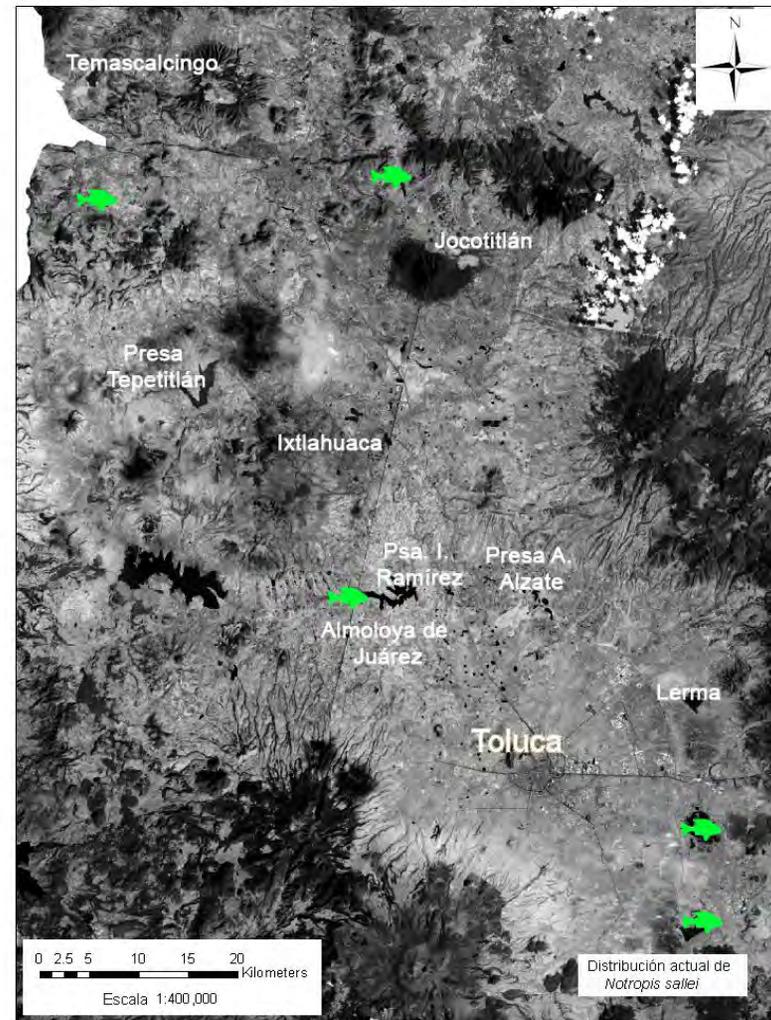
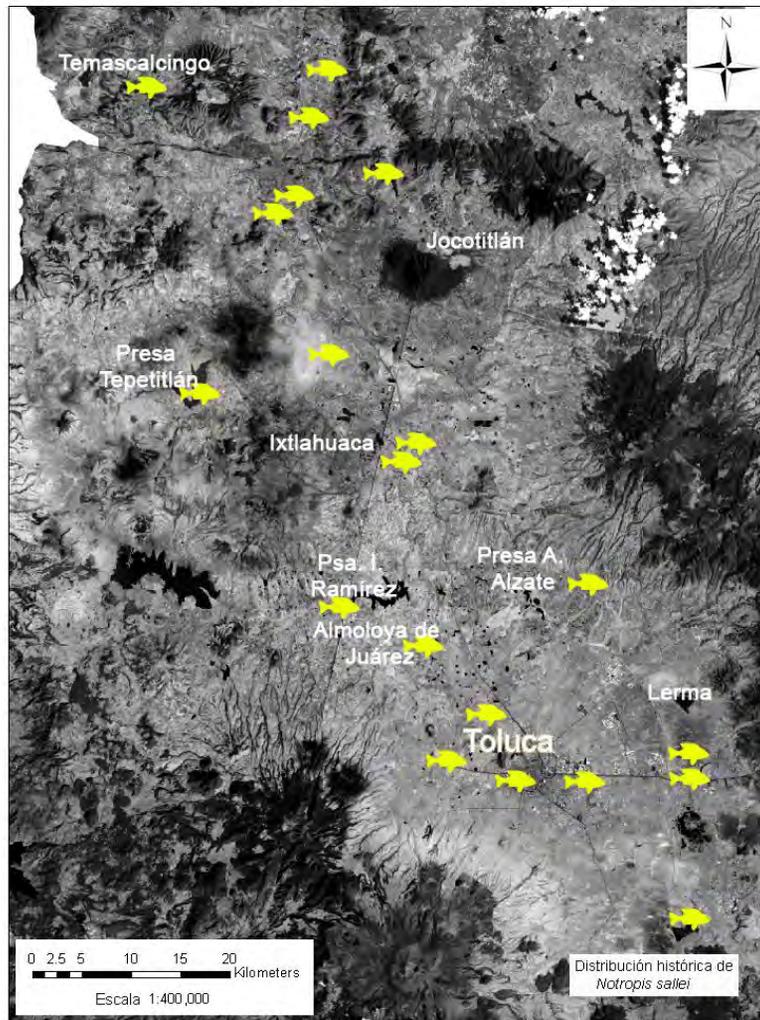


Fig. 13 Cambios en la distribución de *Notropis sallei*.

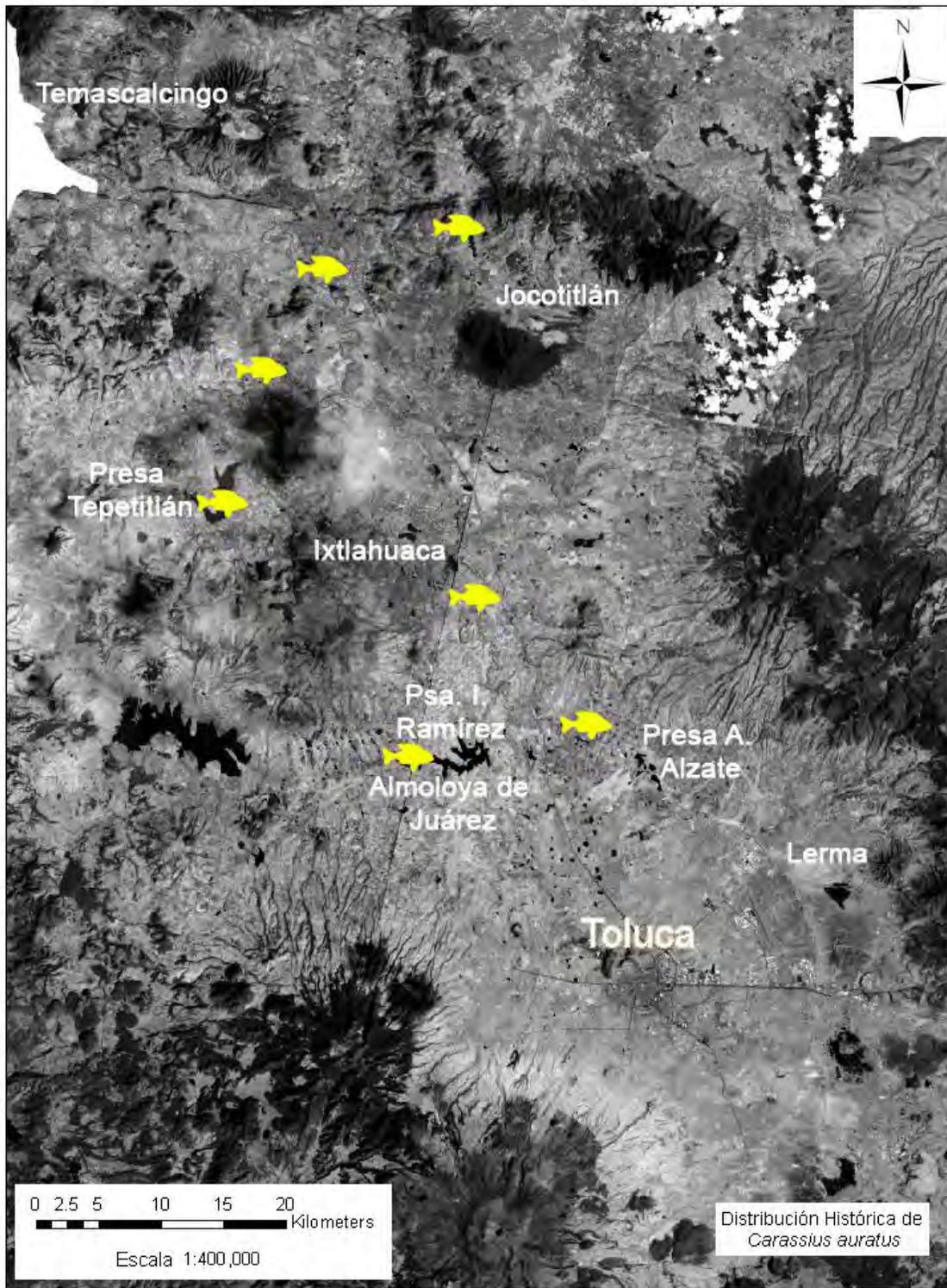


Fig. 14 Distribución histórica de *Carassius auratus*.

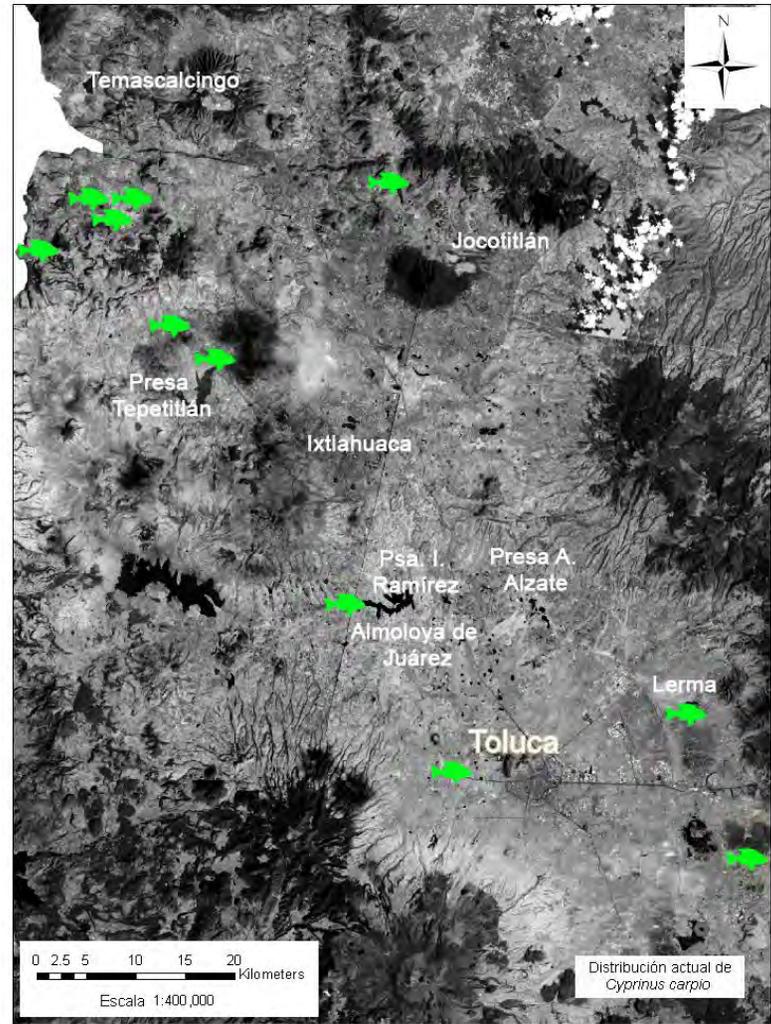
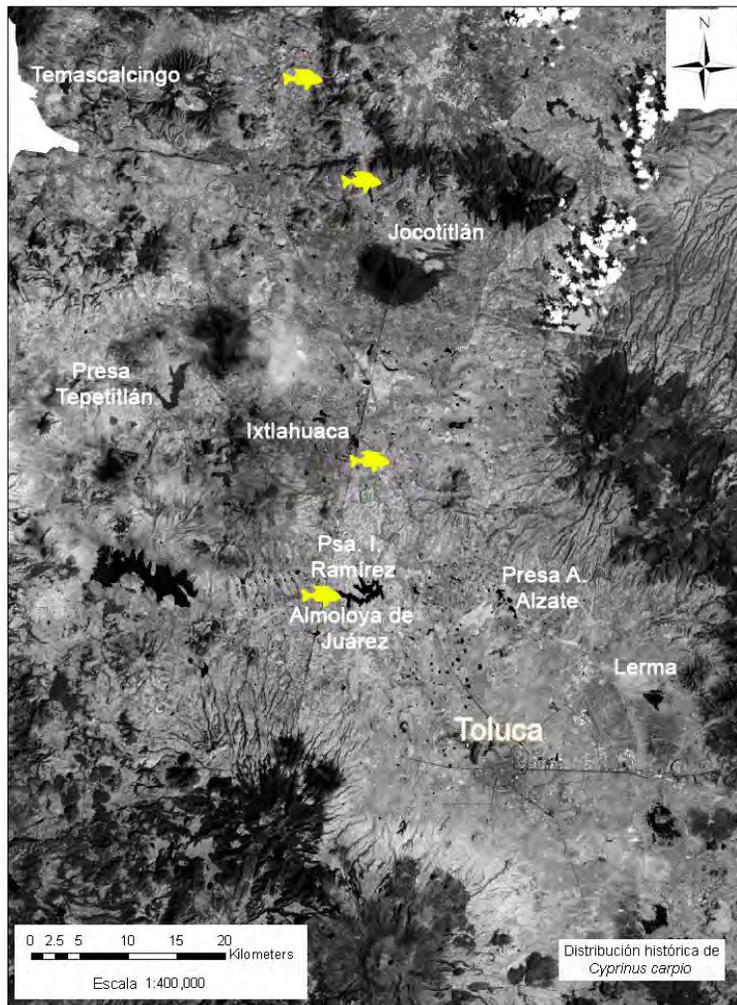


Figura 15. Cambios en la distribución de *Cyprinus carpio*.

FAMILIA GOODEIDAE

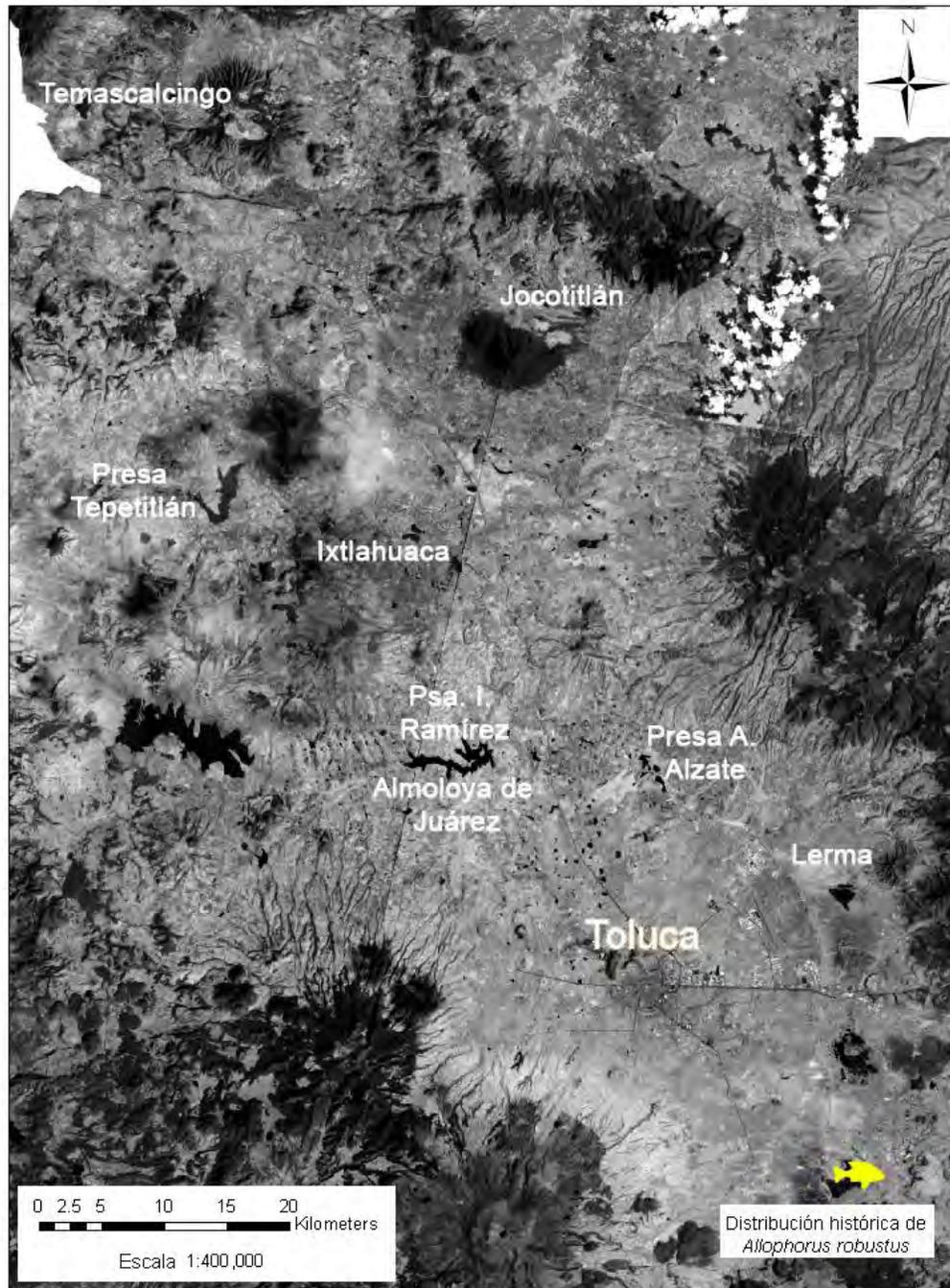


Fig. 16 Distribución histórica de *Allophorus robustus*.

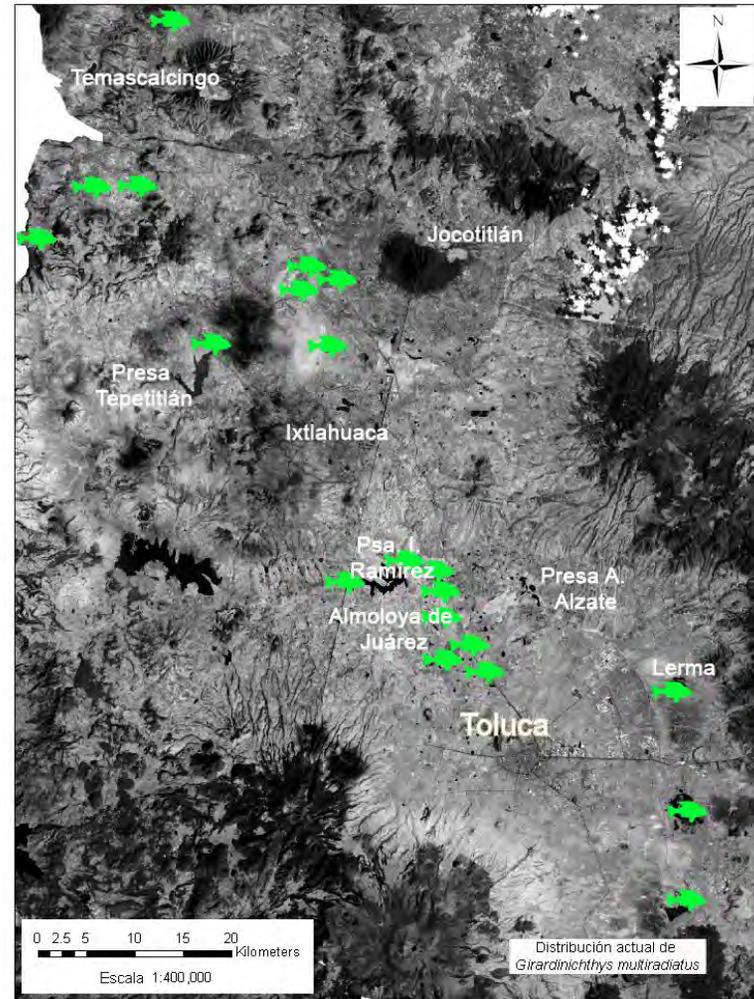
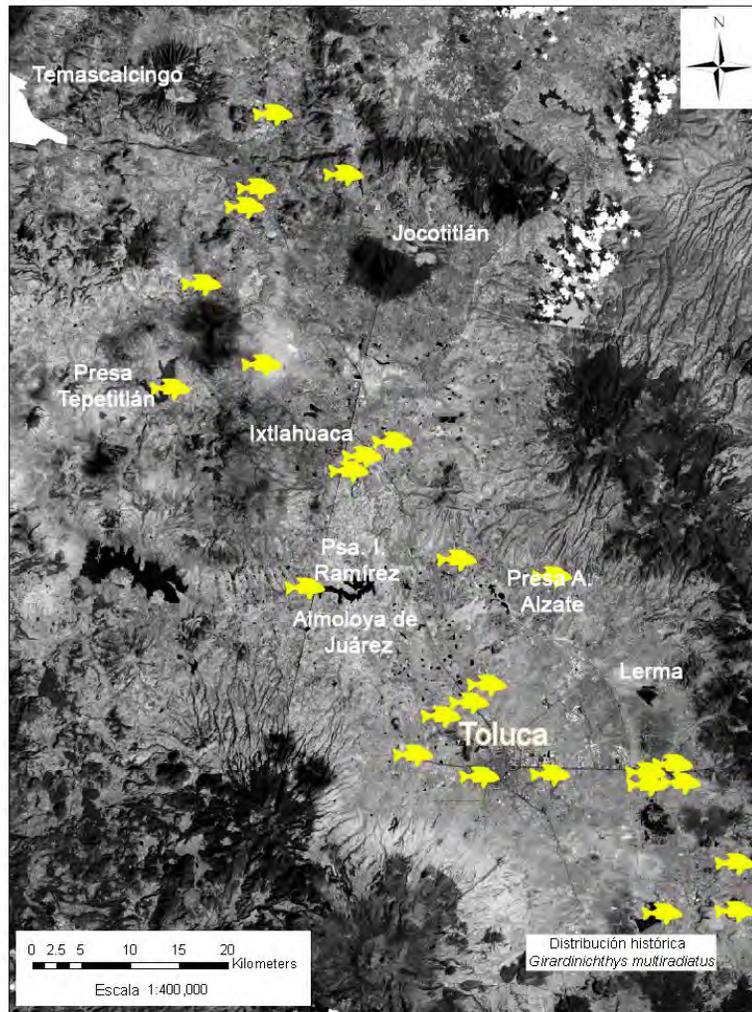


Fig. 17 Cambios de distribución de *Girardinichthys multiradiatus*.

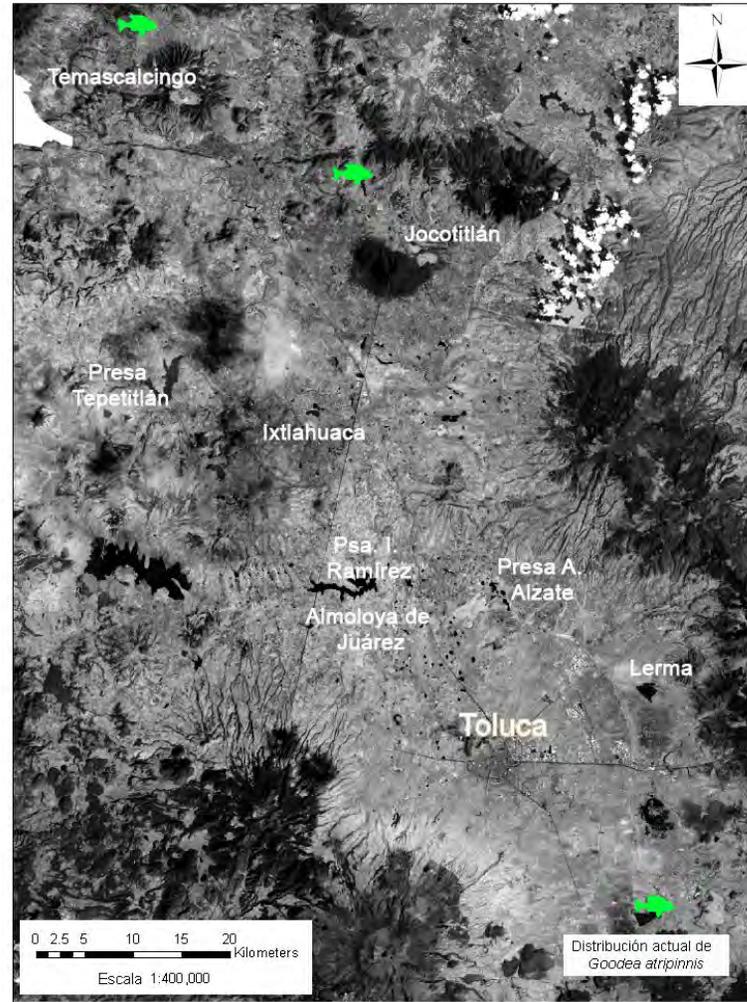
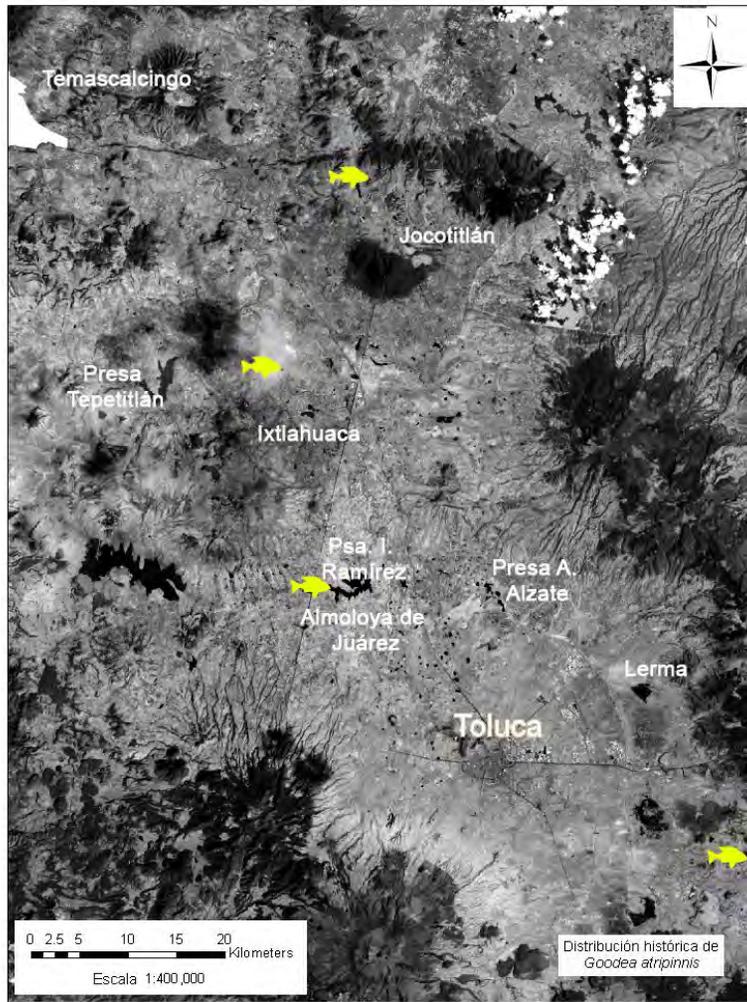


Fig. 18 Cambios de distribución de *Goodea atripinnis*.

FAMILIA POECILIIDAE

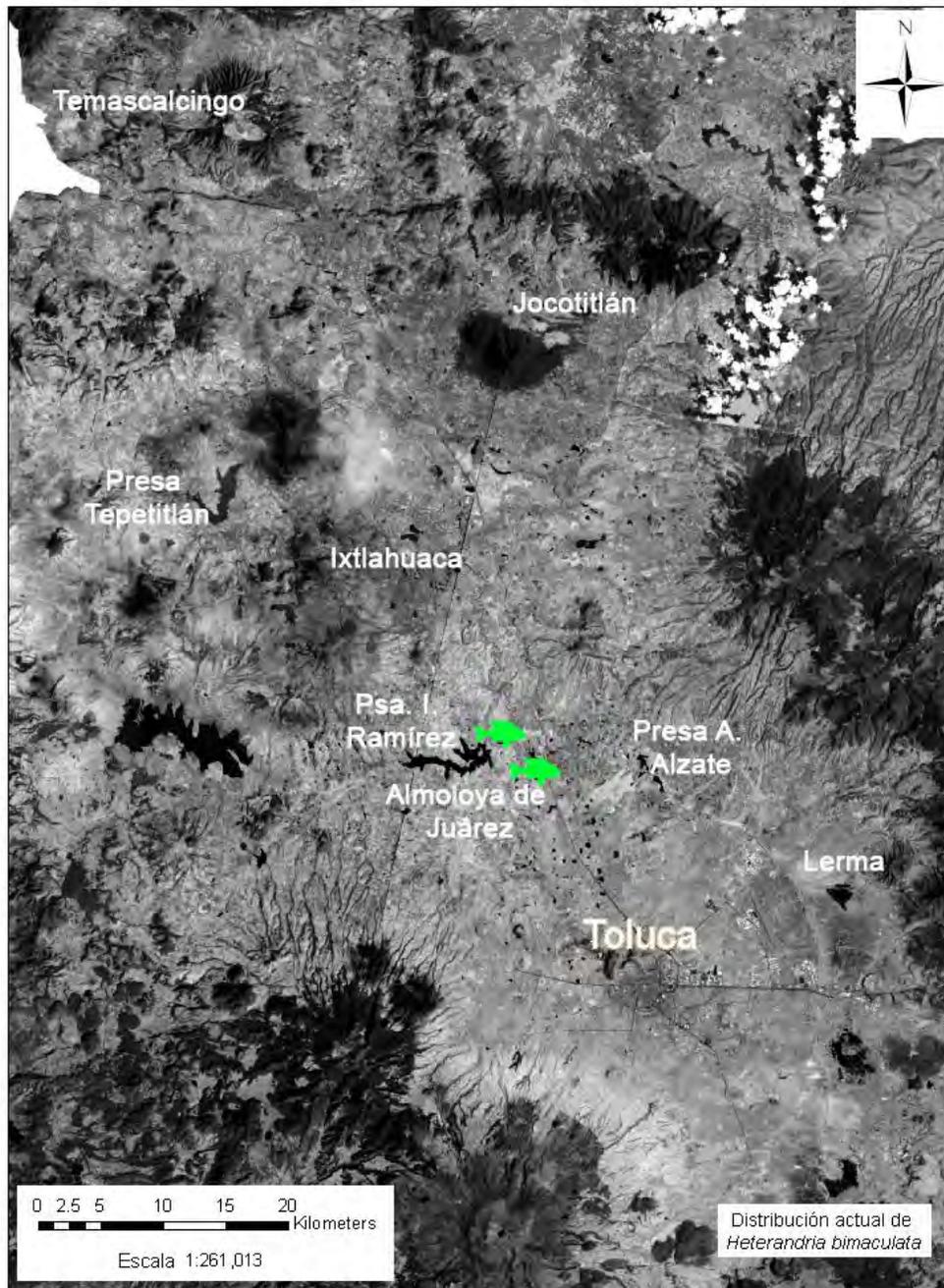


Fig. 19 Distribución actual de *Heterandria bimaculata*.

FAMILIA CENTRARCHIDAE

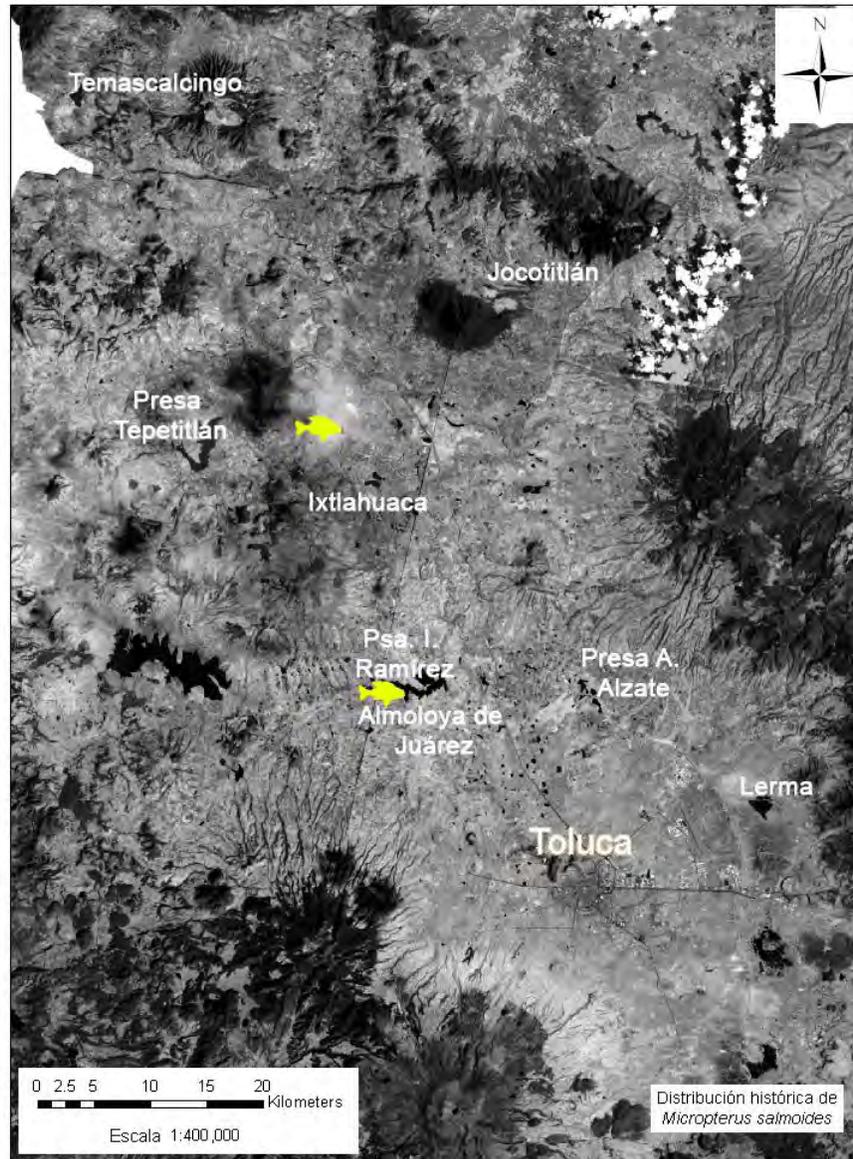


Fig. 20 Distribución histórica de *Micropterus salmoides*.

Las localidades con mayor número de especies fueron la Laguna de Chignahuapan (Loc. 2) con cuatro especies, la presa Ignacio Ramírez (Loc. 29) también con cuatro especies y el Parque Nacional Isla de las Aves (Loc. 64) con cinco especies.

Las localidades donde se encontró a la especie *Chiostoma riojai*, especie considerada en peligro de extinción por la NOM 059-ECOL-2001 fueron la cinco (Laguna Victoria o de Santiago Tilapa) y la 29 (Presa Ignacio Ramírez).

6.4 Análisis fisicoquímico del agua en la CARL

Oxígeno disuelto

De las localidades muestreadas (40), 21 se encontraron por debajo de los 5mg/L de oxígeno disuelto en el agua (Cuadros 7 y 8), que es el límite permisible por las normas nacionales e internacionales para asegurar el mantenimiento de la vida acuática.

Temperatura

La mayoría de las localidades (33) se encontraron por debajo de los 22°C que es la temperatura óptima para la reproducción de algunas de las especies nativas de la CARL siendo la media 18.34°C.

pH

En el muestreo, 15 de las localidades registraron un pH fuera del intervalo permisible por las normas nacionales e internacionales, siendo el promedio de 8.85, tendiendo en todos los casos a presentar una mayor alcalinidad (Cuadros 7 y 8).

Sólidos suspendidos

Para los sólidos suspendidos, 24 de las localidades muestreadas, presentan una mayor concentración que la establecida por los límites permisibles (Cuadros 7 y 8).

Amonio

En la CARL, 13 de las localidades muestreadas registran concentraciones superiores a los límites permisible por las normas nacionales e internacionales para asegurar el mantenimiento de la vida acuática para el amonio (Cuadros 7 y 8).

Para la conductividad, los sólidos totales disueltos, nitritos, nitratos y dureza las localidades mostraron valores dentro de los límites permisible por las normas nacionales e internacionales para asegurar el mantenimiento de la vida acuática (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Factores fisicoquímicos registrados en la CARL. Valores máximos ■ y mínimos ■.

Localidad	Altitud (msnm)	OD	T (C)	pH	CND (µs/cm)	Transp (cm)	STD (mg/L)	Nitritos (NO ₂ -N)	Nitratos (NO ₃ -N mg/L)	Fosfatos (PO ₄ ³⁻ mg/L)	SS (mg/L)	Dureza (CaCO ₃ mg/L)	Turbidez (FAU)	Amonio (NH ₃ -N mg/L)
2	2575	4.66	18.75		910	18	445	0.025	1.1	16.31	37	234.4	50	0.71
5	2702	7.67	15.8		164.6	total	78.6	0.018	0.2	4.13	7	94.8	-4	0.06
6	2703	1.65	9.7		150.6	total	71.8	0.008	0.2	2.5	24	63.2	26	0.25
7	2576	1.62	19.1		450	Total	227	0.002	0.8	4.41	44	122	37	0.86
15	2571	0.21	12.6		1053	Total		-0.006	2.7	3.56	56	424.4	74	4.64
18	2575	2.66	16.4		580	total	280	0.011	0.7	2.74	7	117.6	4	0.77
19	2631	2.4	17.6	7.8	416	20	199.3	0.047	-0.2	13.38	31	122	40	0.49
21	2620	2.07	22	8.6	447	Total	213	0.102	-0.2	10.43	11	147.2	8	1.96
22	2615	3.5	24.2	8.8	417	15	197.1	0.025	0	8.21	29	135.6	39	0.45
23	2630	2.26	13.4	10	225	total	107.7	0.023	0	1.13	37	71.2	17	0.22
24		3.1	17.5	10.2	215	Total	103.5	0.021	0.4	14.24	176	87.2	103	0.42
26	2609	6.98	17		155	10	122.3		3.3	1.24	37	97.2	80	0.9
27	2605	7.77	16.3		241	10	115.6	0.426	2.6	3.19	35	81.2	59	0.92
28	2580	2.6	15.6	7.72	186.2	Total	89	0.064	4.9	0.01	270	495	386	3.12
29	2550	8.15	22.4		231	36	112	0.011	0.4	2.43	18	131.2	3	0.34
29	2563	6.12	19.7		211	Total	100.9	0.006	0.4	2.14	12	113.6	5	0.3
30	2563	4.51	18.1		270	10	129.6	0.006	2.6	6.81	120	100.4	193	2.5
32	2561	10.2	20.3		380	15	183	0.612	2.1	2.04	27	115.2	66	1.41
38	2605	4.31	19.1	8.7	146.9	15	70	-0.007	1.1	7.45	60	121.2	53	0.6
40		6.05	23.8	9.7	3.41	Nula	1755	0.036	8.4	-0.78	menor a 750	105.6	2175	9.8
41	2587	9.47	26.6	10.6	385	30	186	0.086	2.3	5.25	75	175.6	13	0.26
42	2690	7.2	18.8	8.6	188.7	10	90.2	0.011	1.3	1.77	92	178	106	1.2
43	2709	5.38	15.1	8.5	173.3	30	83	0.005	0.9	3.63	11	69.2	5	0.15
44	2708	6.67	16.4	8.4	197	total	94.3	0.004	2.3	4.2	16	108	28	0.28
45	2697	5.83	15.7	8.8	147.7	19	70.7	-0.001	0.3	4.08	19	106	158	0.2
46	2686	5.33	19.8	8	208	25	99.7	-0.001	0.3	5.21	56	129.2	184	0.35
47	2705	3.57	16	8.4	142	5	68.8	-0.031	0.7	1.12	195	80.8	218	1.81
48	2715	8.84	22.3	10.2	134.7	total	64.2	0	0.1	3.4	9	107.2	-7	0.22
49	2540	3.32	21.7	7.9	546	total	265	0.019	0.3	3.9	6	146	5	0.21

51	2529	3.6	22.7	8.1	383	Total	184.6	0.057	0.4	5.19	2	146.4	1	0.32
52	2544	4.6	18.3	10	233	total	112.1	0.065	0.4	0.92	8	104.4	5	0.31
53	2524	6.23	17.2	8.5	533	Total	259	-0.033	0.5	8.03	45	165.2	15	0.49
54	2915	5.49	20.6	9	121.5	total	57.8	0.007	-0.3	0.05	47	158	27	0.14
57	2585	5.44	16.6	8.3	175	10	83.6	-0.02	1.2	5.92	91	130.8	122	2.48
59	2589	7.2	13.9	9	147.4	25	70.4	0.012	1.2	2.38	21	139.2	22	0.28
60	2680	2.6	18.2	8.5	406	total	195.7	0.058	0.5	4.2	58	198.8	6	3.22
61	2561	5.22	20.6	9.7	113.2	15	54	-0.011	1.1	3.82	122	118	81	0.43
62	2567	4.74	17	8.5	87.2	5	41.4	-0.048	0.9	0.94	346	158.4	348	2.98
63	2577	4.25	19	8.9	122.4	15	58.2	-0.001	0.6	2.87	94	130.8	96	1.29
68	2383	4.04	20.5	8.4	249	8	119.5	-0.022	1.3	2.76	110	185.2	194	1.89
PROM	2613.82	4.94	18.41	8.85	288.65	16.48	175.86	0.041	1.20	4.38	63.10	142.89	126.03	1.23

Cuadro 8. Límites permisibles de los factores fisicoquímicos establecidos en normas nacionales e internacionales.

Factor fisicoquímico	Límite permisible	Uso	Referencia
°C	22	Vida acuática	Hernández, M. y Valadez, R.1999
pH	6.5-8.5	Vida acuática	DOF, 2006. Ley Federal de Derechos
Oxígeno disuelto mg/L	5	Vida acuática	DOF, 2006. Ley Federal de Derechos
Sólidos disueltos totales mg/L	5, 000 a 10, 000	Vida acuática	OMS, 1996
Sólidos suspendidos	30	Vida acuática	DOF, 2006. Ley Federal de Derechos
Conductividad eléctrica µS/cm	2, 000	Vida acuática	OMS, 2004.
Dureza Total (CaCO ₃) mg/L	500	Uso doméstico	OMS, 2004.
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)mg/L	0.001-1	Vida acuática	OMS, 2004.
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) mg/L	11	Vida acuática	OMS, 2004.
Amonio NH ₃ -N (nitrógeno amoniacal total) mg/L	1	Vida acuática	OMS, 1996

7. DISCUSIÓN

7.1 Localidades históricas

La desecación de la cuenca ha afectado notablemente el paisaje natural, así como las actividades económicas de la región, especialmente las labores agrícolas pues se han incorporado al cultivo tierras anteriormente inundadas (Maderey y Jiménez, 2000). Los centros urbanos de la zona y las actividades industriales también han afectado el paisaje natural que además contaminan en gran medida el agua del Río Lerma. Los resultados reflejan las consecuencias de la desecación y contaminación de la cuenca en la pérdida de localidades donde puede desarrollarse la fauna acuática que ha sido grande; el 80% de las localidades históricas se han perdido en un lapso de 62 años, sobreviviendo sólo siete localidades históricas aptas para la vida de los peces. Aunque se visitaron localidades nuevas, la mayoría de éstas son bordos en donde la riqueza de especies es menor comparándola con las históricas por lo que en cuanto a conservación es muy importante poner especial atención sobre todo en las localidades históricas que aun subsisten ya que cuentan con mayor diversidad que las nuevas además de albergar especies amenazadas o en epligro de extinción. En este sentido, las localidades de mayor interés son: el Parque Nacional Isla de las Aves (Loc. 64) con 5 especies, la Laguna de Chignahuapan (Loc. No.2) y la Presa Ignacio Ramírez (Loc. 29) ambas con 4 especies.

7.2 Especies en riesgo

Más del 20% de las aproximadamente 10,000 especies de peces de agua dulce que existen en el mundo, se encuentran extintos, en peligro o amenazados en las décadas más recientes debido a las diversas presiones que sufren los sistemas de aguas
epicontinentales
(http://earthtrends.wri.org/features/view_feature.php?theme=2&fid=9, Moyle and Leidy 1992:130). Es por ello que es de suma importancia conservar localidades como las que alojan a especies como *Chirostoma riojai*, considerada en peligro de extinción por la NOM 059-ECOL-2001, que ha disminuido drásticamente su

distribución y que además es una especie endémica de la CARL. Las localidades en donde se encuentra son la Laguna Victoria o de Santiago Tilapa (Loc. 5) que es una pequeña laguna y la Presa Ignacio Ramírez (Loc. 29). Esta especie, endémica de la CARL, se encontraba en ocho localidades mientras que ahora sólo se registró en dos. Es una especie considerada como de tolerancia intermedia por Díaz Pardo, *et al.* (1993).

Otra especie importante es *Girardinichthys multiradiatus* (Fam. *Goodeidae*) que es endémica de la CARL, además de ser la especie indicadora de esta cuenca y de estar considerada como especie vulnerable por la UICL, está ampliamente distribuida en el Alto Lerma pero no tiene ningún tipo de protección ni manejo especial pues no está incluida dentro de la NOM-ECOL-059-2001. En el caso de la familia *Goodeidae*, la desaparición o extinción sería irreparable, ya que es endémica en México, y está conformada por un grupo de especies distribuidas solo en la cuenca del Lerma, de las que poco se conoce en cuanto a su biología y estado de conservación (Espinosa, 1993).

7.3 Especies exóticas

Además de la amenaza por desecación o pérdida de cuerpos de agua que las especies nativas del Alto Lerma enfrentan, existe otra amenaza importante: la introducción de especies exóticas. Sabemos que la introducción, intencional o accidental de éstas, puede causar graves daños provocando desequilibrios ecológicos entre las poblaciones silvestres, cambios en la composición de especies y en la estructura trófica, desplazamiento de especies nativas, pérdida de biodiversidad, reducción de la diversidad genética y transmisión de una gran variedad de enfermedades (Conabio, 2000).

En el presente estudio se detectó que la presencia de *Cyprinus carpio* ha aumentado pasando a ser de una especie común a una ampliamente distribuida. También se detectó la presencia de una nueva especie para esta zona, *Heterandria bimaculata* que ya ha alcanzado una distribución media en la CARL y que se considera como neotropical. Ambas especies están consideradas por la CONABIO como especies invasoras y han ido ganando terreno a las especies

nativas como *Notropis sallei* y *Chirostoma riojai* que son especies más sensibles a los cambios en las condiciones ambientales y que han disminuido su área de distribución (Díaz-Pardo, *et al.* 1993).

Cyprinus carpio fue introducida con fines de acuicultura y acuarismo mientras que *Heterandria bimaculata* (Guatopote manchado) se utiliza en la acuicultura. Zambrano *et al.* (1999) menciona en su estudio hecho en Acambay (Alto Lerma), que la introducción de peces bentívoros no nativos (carpas) en los estanques estudiados provocaron un impacto ecológico negativo en cuanto al mayor enriquecimiento de nutrientes. Por una parte, la pérdida de macrofitas enraizadas debido al forrajeo de las carpas, provocaría intuitivamente una disminución en la diversidad biológica en los estanques de esta área, particularmente en los peces, anfibios y reptiles endémicos. Por otra parte, la ausencia de un impacto detectable sobre *Girardinichthys multiradiatus* sugiere otra cosa; aparentemente este pez nativo no es afectado por los cambios en la interacción con las macrofitas. Sin embargo, el efecto sobre la explotación de otras fuentes de alimento como el acocil nativo (*Cambarellus montezumae*) y otras especies de peces endémicas de zonas cercanas, aun es desconocido. Estas especies son consumidas por la gente más pobre de la zona, de manera que habría también implicaciones sociológicas además de una pérdida de los usos culturales tradicionales de los recursos naturales.

La CONABIO propone evitar nuevas invasiones biológicas, establecer un control y vigilancia eficientes de tales especies, evaluar los riesgos ecológicos y genéticos y establecer una mejor integración y cooperación entre sectores e instituciones para asegurar una mejor planificación estratégica, una mayor participación y compromiso de las partes interesadas y un mejor uso de los recursos, instrumentos y procedimientos generales de gestión ambiental existentes.

7.4 Factores Físicoquímicos

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto es indispensable para la mayoría de las formas de vida acuática en aguas naturales y varía con la temperatura, salinidad,

turbidez y actividad fotosintética (Lima, 2007). Según las normas nacionales e internacionales, el límite permisible para asegurar el mantenimiento de las condiciones de vida de los peces es de 5 mg/L. El poco suministro de oxígeno provoca un incremento en el reflejo respiratorio, mal funcionamiento de los órganos en general que puede causar un daño severo al hígado, disminución en la ingesta de alimento, pérdida de peso, estado de salud deteriorado en general, aumentando también la posibilidad de infecciones por parásitos ya que muchos de ellos se desarrollan mejor en condiciones de hipoxia además, la capacidad de producir anticuerpos disminuye. Al menos 21 de las localidades muestreadas reflejan en el momento del estudio, estar por debajo del límite permisible de Oxígeno disuelto que es de 5 mg/L (Cuadros 7 y 8); en 4 de estas localidades no se encontraron peces. La concentración de oxígeno disuelto es un buen indicador de la calidad de agua ya que da indicios de cuan alterado esta el sistema y cuán bien puede dar soporte a los organismos presentes (Wetzel, 2001). La localidad que menor concentración de oxígeno presentó, fue una zona de las Ciénega del Lerma (Loc. 15), esta localidad es importante ecológicamente ya que actualmente las Ciénegas del Lerma son el humedal natural remanente más importante del Estado de México. Las cerca de 3,000 hectáreas de tulares, espejos de agua y árboles de ribera como el sauce llorón, el ahuejote y el ahuehuate, son todavía el refugio de importantes concentraciones de aves acuáticas, anfibios y peces. Las Ciénegas del Lerma son el último reducto de varias especies endémicas de México, críticamente amenazadas con la extinción. (http://www.elclima.com.mx/clima_y_orografia_del_estado_de_mexico.htm, DOF, 2002).

En las localidades estudiadas, no se encontraron especies consideradas por Díaz-Pardo *et al.* (1993) como poco tolerantes, es decir se encontraron especies de tolerancia intermedia o ampliamente tolerantes. Díaz-Pardo, *et al.* (1993) reportan intervalos de tolerancia de entre 0.8 a 15 mg/L de oxígeno para las especies de amplia tolerancia; las especies de tolerancia intermedia pueden verse afectadas por la falta de oxígeno mientras que las especies que han

desaparecido de la CARL como *Algansea barbata*, seguramente eran poco tolerantes y este ambiente ya no les era propicio.

La temperatura del agua es un parámetro importante por su efecto en la vida acuática pues regula los procesos químicos y biológicos de ésta. Los peces son organismos poiquiloterms y su temperatura corporal se ajusta, mas o menos, a la del agua. En la mayoría de las especies, la temperatura interna es solo 0.6-1.0°C mayor que la del agua. Debido a las variaciones estacionales de la temperatura en los sistemas acuáticos, los peces se ven obligados a variar sus temperaturas internas, pero siempre dentro de un rango de tolerancia más o menos amplio, dependiendo de la historia evolutiva de cada taxón (Granado, 1996). Sin embargo, existe una temperatura preferente en la cual el pez es capaz de reproducirse. La mayoría de las localidades (33) se encuentran por debajo de los 22° que es la temperatura óptima para algunas de las especies nativas de la CARL.

El pH promedio registrado fue de 8.83. En todas las localidades tendió a ser más alcalino, saliéndose del rango para asegurar la vida acuática en 15 de ellas (Cuadros 7 y 8) y en 4 de éstas no se encontraron peces. La mortandad de peces debida a valores de pH altos es menos común que la debida a pH bajos. Los peces pueden sufrir una descalcificación así como desgaste de las aletas, piel y branquias. El pH puede incrementarse debido al metabolismo de algas y plantas. Los peces pueden tolerar valores de pH de hasta 11 pero no por mucho tiempo. Valores de entre 9-10 durante algún tiempo produce los efectos antes mencionados. Además, el balance de las sustancias nitrogenadas (NH₃-NH₄) depende de la estabilidad y valor del pH. Un valor superior a 7.0 favorece la presencia de compuestos nitrogenados no ionizados que son tóxicos (Arredondo, 1994).

El amoniaco se forma en el agua como primer producto de descomposición de las proteínas (descomposición de materia orgánica y productos metabólicos de

los peces) o por la descomposición de fertilizantes, aguas de desecho, etc. El efecto tóxico del amoníaco es el mayor de todos los componentes del nitrógeno y el más común por lo que debe monitorearse constantemente. Las concentraciones de amoníaco se relacionan directamente con el pH y mientras mayor sea éste, mayor será la concentración de amoníaco. Las altas concentraciones de amoníaco se vuelven críticas a pH mayores a 8-8.5. El pH promedio registrado en las localidades fue de 8.83 y 13 de las localidades superan el límite permisible de amoníaco (Cuadros 7 y 8). El amoníaco causa daño a los órganos respiratorios, la sangre, el tejido nervioso, hígado, riñón y bazo. Las condiciones de estrés, altas temperaturas y alimentos ricos en proteínas acentúan el daño causado por el amoníaco. Las concentraciones de amoníaco disminuirán si disminuye el pH y la eutroficación del cuerpo de agua además la oxigenación facilita la descomposición del amoníaco. Altas concentraciones de amoníaco y sus derivados, son un indicador de contaminación orgánica proveniente de drenajes, desechos industriales y zonas agrícolas. También podemos encontrar altas concentraciones de amoníaco en el fondo de los cuerpos de agua que han llegado a ser anóxicos como resultado de la muerte de organismos acuáticos como el fitoplancton y las bacterias en aguas ricas en nutrientes (OMS, 1996).

Para los sólidos suspendidos, 24 de las localidades muestreadas, presentan una mayor concentración que la establecida por los límites permisibles. Los sólidos suspendidos provocan la poca penetración de la luz en aguas turbias, lo que afecta el desarrollo de algas y finalmente a los peces.

Con respecto a conductividad, los sólidos totales disueltos, nitritos, nitratos y dureza, las localidades mostraron valores dentro de los límites permisibles por las normas nacionales e internacionales para asegurar el mantenimiento de la vida acuática (Cuadros 7 y 8). Los nitratos se consideran como relativamente no tóxicos para los peces sin embargo, este componente contribuye a la eutroficación de los cuerpos de agua. Los nitritos son mucho más tóxicos que los nitratos. En comparación con los nitratos, sus concentraciones deben ser mucho menores y

dependen del pH, temperatura y dureza del agua. La toxicidad del HNO_2 (producto de la disociación de nitritos) conduce a la metamoglobinemia que provoca una deficiencia fisiológica de oxígeno. El daño provocado se manifiesta por un color violeta en las branquias, hipertrofia de su epitelio y alcalosis metabólica. Puede prevenirse por una menor descarga de los componentes nitrogenados en los cuerpos de agua.

El hecho de que se hayan registrado menos especies en los sitios donde los rangos se salen de la norma, indica que la alteración de los ríos está afectando negativamente a la ictiofauna por lo que la recuperación de ésta, requiere del control de las fuentes de alteración. Cotler, Mazari y Sánchez (2006) en los estudios que realizaron en la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), identifican que los cuerpos de agua con estaciones de monitoreo con DBO entre 30 y 120 mg/L se encuentran en la CARL lo que indicaría eutrofización de esos cuerpos de agua, además de que la Laguna Almoloya del Río se reportó altamente contaminada (DBO mayor a 120 mg/L). Los DQO de la CARL se encuentran por encima de los 200 mg/L los que es indicativo de descargas de contaminación no solo de tipo municipal sino también industrial y concluyen que el Río Lerma se encuentra fuertemente contaminado en la parte alta, mejorando su calidad hacia la parte media y baja. También mencionan que en general en todo el Río Lerma, la concentración de coliformes fecales supera los límites permisibles por las normas oficiales para aguas de riego agrícola y protección de la vida acuática.

8. CONCLUSIONES

En un lapso de 62 años, el 80 por ciento de las localidades históricas han desaparecido por causa del cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, centros urbanos y actividades industriales lo que indica que la CARL se ha deteriorado ecológicamente a pasos agigantados.

Es importante poner especial interés en conservar localidades como el Parque Nacional Isla de las Aves (Loc. 64), la Laguna de Chignahuapan (Loc. No.2) y la Presa Ignacio Ramírez (Loc. 29) por la cantidad de especies que allí se encontraron pero es indudable que la CARL en su totalidad requiere de atención urgente para mejorar su situación ecológica ya que otros autores también la reportan como fuertemente contaminada.

En cuanto a las especies de peces, solo se registraron en el 2004 seis nativas y dos introducidas. Una de ellas, *Heterandria bimaculata* considerada como *neotropical*, es nueva para la zona pero ya es de distribución media en la CARL mientras que la otra, *Cyprinus carpio* ha aumentado pasando a ser de una especie común a una ampliamente distribuida. Ambas especies están consideradas por la CONABIO como especies invasoras contribuyendo claramente a la pérdida de riqueza biológica de la zona. Además, las autoridades han contribuido a incentivar el cultivo de la carpa con el propósito de mejorar la calidad de vida de los lugareños, sin embargo estas prácticas deben revalorarse o sustituirse incentivando preferentemente el cultivo de especies nativas como *Chirostoma jordani* o *Chirostoma riojai* que son charales que tienen una gran importancia económica y cultural en la CARL desde tiempos prehispánicos. Además *Ch. riojai* endémica de la CARL, actualmente se encuentra en peligro de extinción y ha disminuido su distribución a solo dos localidades (la Laguna Victoria o de Santiago Tilapa y la Presa Ignacio Ramírez) por lo que sería de suma importancia conservarlas.

Otra especie importante es *Girardinichthys multiradiatus* (Fam. *Goodeidae*), endémica de la CARL, además de ser la especie indicadora de esta cuenca y esta considerada como especie vulnerable por la UICL, está ampliamente distribuida en el Alto Lerma pero no tiene ningún tipo de protección ni manejo especial pues no está incluida dentro de la NOM-ECOL-059-2001.

Veintiuna de las localidades muestreadas (54%) reflejan en el momento del estudio, estar por debajo del límite permisible de oxígeno disuelto para mantener la vida acuática. La concentración de oxígeno disuelto es un buen indicador de la calidad de agua ya que da indicios de cuan alterado esta el sistema y cuán bien puede dar soporte a los organismos presentes (Wetzel, 2001). Otros parámetros como el amonio, el pH y los sólidos suspendidos también excedieron los límites permisibles para el mantenimiento de la vida acuática en algunas de las localidades. Todo esto puede reflejar que las descargas de agua provenientes de los municipios, de las industrias y de las zonas agrícolas, no estan siendo manejadas adecuadamente. El problema del abastecimiento y tratamiento del agua en esta zona es muy complejo ya que el recurso hídrico tiene una sobredemanda para diversos usos tanto urbano, como agrícola e industrial. Los problemas que ha enfrentado la Cuenca Lerma-Chapala en materia de abastecimiento de agua son entre otros, un alto nivel de contaminación, deficiente distribución de las aguas superficiales, alta ineficiencia de los usos agrícola y urbano, así como importantes procesos de degradación de suelos y pérdida de la cubierta vegetal (Cotler, Mazari y Sánchez, 2006). En 1989 se firma el primer acuerdo entre los cinco estados por los que atraviesa la cuenca para mejorar las condiciones ecológicas, sanitarias y de aprovechamiento del agua y a partir de este momento los esfuerzos han sido constantes. Sin embargo intereses personales, partidistas, la poca participación de la ciudadanía y una legislación ineficaz, dificultan el progreso en el mejoramiento de la zona.

ANEXO I

Estado de conservación, tolerancia, endemismo y distribución de los peces de la CARL.

Nombre común	Familia/especie	Edo. de conservación	Tolerancia	Endemismo Méndez-Sánchez et al 2001	Distribución histórica	Distribución para el Lerma
	Ciprinidae					
Sardinita o carpa azteca	<i>Notropis sallei</i>	Distribución disminuida* (No aparece en lista UICN)	Tolerancia intermedia	Lerma	Balsas, Lerma, Pánuco, Cuitzeo y México	Alto y Medio Lerma
Juil o pupo del Lerma	<i>Algansea barbata</i>	En peligro de extinción (NOM). Posiblemente extinta* (No aparece en lista UICN)		Alto Lerma	Lerma	Alto Lerma
	Goodeidae					
Chegua	<i>Allophorus robustus</i>	Extirpado del Edo. Méx.*	Tolerancia intermedia	Lerma y Pánuco	Lerma, Balsas, Cuitzeo, Pátzcuaro, Yuriria y Zirahuén	Medio y Bajo Lerma
Mexcalpique de Zempoala	<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	Vulnerable (UICN). Distribución disminuida*	Tolerancia intermedia	Alto Lerma	Balsas, Lerma y Pánuco	Alto Lerma
Tiro	<i>Goodea atripinnis</i>	Mantiene su distribución* (No aparece en lista UICN)	Amplia tolerancia	Lerma	Balsas, Lerma, Armería, Ameca, Cuitzeo, Huicicila, Pátzcuaro, Santiago, Sayula, Yuriria, Zirahuén, Pánuco	Alto, Medio y Bajo Lerma
	Atherinidae					

Charal	<i>Chirostoma jordani</i>	Mantiene su distribución* (No aparece en lista UICN) En peligro de extinción (NOM).	Amplia tolerancia	México	México	Alto, Medio y Bajo Lerma
Charal del Valle de toluca, ahuilote ó salmiche	<i>Chirostoma riojai</i>	Distribución disminuida* (No aparece en lista UICN)	Tolerancia intermedia	Alto Lerma	Alto Lerma	Alto Lerma
Charal de Xochimilco o de aleta corta o shortfin silverside	<i>Chirostoma humboldtianum</i>	(No aparece en lista UICN)	Tolerancia intermedia	Cuenca del Valle de México	Balsas, Lerma y Pánuco	Alto, Medio y Bajo Lerma
	Introducidos					
Carpa dorada	<i>Carassius auratus</i>		Amplia tolerancia		Lerma y Pánuco	Alto, Medio y Bajo Lerma
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>		Amplia tolerancia			Alto, Medio y Bajo Lerma
Guatopote manchado	<i>Heteranadria bimaculata</i>		Amplia tolerancia		Centroamérica	
Lobina negra	<i>Micropterus salmoides</i>		Poca tolerancia		Balsas, Lerma y Pánuco	
Guatopote jarocho	<i>Poecilopsis gracilis</i>		Amplia tolerancia		Sur de México hasta Honduras	

*Soto-Galera, 1991 y Díaz-Pardo et.al., 1993

*Soto-Galera, 1991 y Díaz-Pardo et.al., 1993

Gesundeith y Macias, 2005

Especies colectadas en el 2004

NOM=NOM-059-ECOL-2001

Según Díaz-Pardo et.al., 1993

ANEXO II

Ubicación en coordenadas UTM de las localidades estudiadas.

Núm. Final	LOCALIDAD	
1	Carretera federal 15 México Guadalajara via Morelia kilómetro 97-98 en un canal que comunica al río a un lado del puente	HD
2	Laguna de Chignahuapan, Almoloya del Río (UMA)	HND
3	5 Km al S de Xalatlaco	HD
4	Laguna de Guadalupe Victoria	HD
5	Laguna San Miguel Almaya	HND
6	Guadalupe Victoria o Santiago Tilapa	N
7	Laguna del Lerma	N
8	Almoloya del Río, Río Lerma	HD
9	Río Lerma, 12.5 millas al NO de Toluca	HD
10	Río Lerma, 1.5 millas al O del poblado de Lerma	HD
11	Estanques, San Jeronimo	HD
12	Rancho El Cerrillo	HD
13	Río Lerma, a la altura de la carretera México- Toluca	HD
14	Parque Sierra Morelos, 2.7 Km al E de Toluca	HND
15	Ciénega de Lerma	HND
16	El Cerrillo	HD
17	Tributario del Río Lerma, carretera 15, Km 100, a 19 millas al NO de Toluca	HD
18	Sta. Ma. Atarasquillo	N
19	Bordo Eduviges, Bordo 3	N
20	Ejido San Pablo Actopan	HD
21	Bordo San Jerónimo, Bordo 4	N
22	Bordo San Mateo, Bordo 5	N
23	Bordo Dolores, Bordo 1	N
24	Bordo Guadalupe, Bordo 2	N
25	Almoloya de Juarez	HD
26	Bordo 5 Limbert	N
27	Bordo 4, El Aguaje	N

28	Bordo 3. P. Vieja	N
29	Presa Ignacio Ramírez	HND
30	Bordo El Grande, cerca de Mayorago de León, Almoloya	N
31	Puente San Bernardo	HD
32	Bordo Alegre, Mayorazgo de León	N
	Parque Sierra Morelos; carretera federal 15 Toluca-Zitácuaro,	HD
33	kilómetro 2.7. Antonio Alzate	
		HD
34	Lagunetas de Tepexpan	
		HD
35	Río a 8 Km de Ixtlahuaca	
36	Santo Domingo	HD
37	Santo Domingo de Guzman	HD
		HND
38	Presa Tepetitlán	
		HD
39	Río Lerma. 16 Km. al SO de San Felipe del Progreso	
40	Laguna de los Baños	HND
41	Río	N
42	Bordo	N
43	San José del Rincón	N
44	Río Hoyos	N
45	Río Tlalchacaipo	N
46	A San Felipe La Purísima	N
47	Sn. Fco. Tlalchacaipo	N
	San Pablo Tlalchichilpan. Laguna Santa Ana. Delante de	N
48	Mayorazgo	
49	Presa	N
	Laguna o represa; 2 Km N, 2 Km E de San Felipe del Progreso, en	HD
50	la carretera estatal 5 San Felipe del Progreso-Atlacomulco	
51	Bordo 2, Ojo de Agua	N
52	Bordo 1	N
		N
53	Arroyo 1 (por Zacualpan)	
54	Presa Brokman	N
55	Canal de riego, 4.5 Km al SE de Atlacomulco	HD
56	Bordo de los Árboles	HD
57	Río Tapaxco	N
58	Río Lerma, 1.6 millas al O de Atlacomulco	HD

59	Río Agua Caliente	N
60	Presa el Mortero	N
61	Presa Santa Ana	N
62	Presa el Arenal	N
63	Presa Agua Caliente	N
	Presa Fco. Trinidad Fabela; Parque Nacional "Isla de las Aves"; 3.2 Km N, 9 Km E de Atlacomulco. Desviación a la altura del Km 9 de	HND
64	la carretera estatal 5 Atlacomulco-Villa del Carbón	
65	Jagüey Km 81.5 de la carretra Toluca- Palmillas	HD
66	Río Lerma	HD
67	Dirección de Pesca	HD
68	Presa San Fernando Calderas	N

HD Localidades históricas desaparecidas

N Localidades nuevas en el 2004

HND Localidades históricas no desaparecidas muestreadas en el 2004

Referencias

Álvarez, J. 1970. Peces mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras. México. Est. No. 1-166 pp.

Álvarez, T. & F. de Lachica. 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. Pp. 221-295. *In*: D. A. Flores, L. G. Quintero, T. Álvarez & F. de Lachica. (Eds.). *El escenario geográfico*. Recursos Naturales. Sep-INAH. México, D. F.

Arredondo-Figueroa JL, Lozano SD 1994. Water quality and yields in a polyculture of cyprinids in Mexico. *Hidrobiologica*; 4(1-2):1-6

Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. y Alcocer Durán. 2000. Aguas Continentales y diversidad biológica de México. Conabio. México.

Chávez-Toledo. 1987. Ictiofauna del Alto Lerma: Aspectos sistemáticos, zoogeográficos y ecológicos. Tesis Profesional. ENCB-IPN. México, D.F.

Chernoff, B. y Miller, R. 1986. Fishes of the *Notropis calientis* Complex with a Key to the Southern Shiner of Mexico. *Copeia*, 1: 170-183.

Conabio, 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO, 1998. Diversidad Biológica de México: Estudio de País. México.

Cordero, C. y E. Morales. 1998. *Panorama de la biodiversidad de México*. Conabio (manuscrito).

Cotler, H.; Mazari, M.; Anda, J. 2006. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, construyendo una visión conjunta. Instituto Nacional de Ecología. México. 198 pp.

Diario Oficial de la Federación. 1996. Norma Oficial Mexicana 001-Ecol-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma Oficial Mexicana 059-Ecol-2001. *Especies protegidas en Peligro, Amenazadas, o en Extinción*. Diario Oficial de la Federación, 6 de Marzo de 2001.

Diario Oficial de la Federación. 2002. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Ciénegas del Lerma, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac en el Estado de México, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas. Diario Oficial de la Federación, 27 de Noviembre de 2002.

Diario Oficial de la Federación. 2006. Ley Federal de derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales. 27 de diciembre, 2006. 70 pp.

Díaz-Pardo, E.; M. Godínez; E. López y E. Soto-Galera. 1993. Ecología de los Peces de la Cuenca del Río Lerma, México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 39:103-127. México D.F.

Doppelt, B.; M. Scurlock; Ch. Frissell; J. Karr. 1993. Entering the Watershed. Island Press. USA. 462 pp.

Espinoza H.; Gaspar, M. y Fuentes P. 1993. Listados faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas de México. Instituto de Biología, UNAM. 99 pp.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1995. Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. UNAM. México.

Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2006. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (03/2006).

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Quinta edición. Offset Larios. México.

Granado, C. 1996. Ecología de peces. Universidad de Sevilla. 353 pp

Groombridge, B. y Jenkins, M. 1998. Freshwater Biodiversity: a preliminary global assessment. WCMC Biodiversity series No. 8. World Conservation Press.

Hach Chemical Company. 2000. DR/2010 SPECTROPHOTOMETER, PROCEDURES MANUAL. USA. 874 pp.

Hernández, M. y Valadez, R. 1999. Estudio histológico de las gónadas de *Chirostoma riojai* (Solórzano y López, 1965) (Pisces: Atherinidae) durante un ciclo anual. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

Hubbs, C. y C. Turner. 1939. Studies of the Fishes of the Orden Cyprinodontes XVI. A Revision of the Goodeidae. Misc. Pub. Museum of Zoology, university of Michigan. 42: 1-80.

Lima, A. 2007. Evaluación bacteriológica de la calidad del agua del Río Lerma, México. Tesis Profesional. UNAM. México, D.F.

Llorente, J. y Morrone, J. 2005. Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines en Biogeografía Cladística de la familia goodeidae (Cyprinodontiformes), Gesundeith y Macías. UNAM-CONABIO. pp. 319-338.

Maderey, L. y Jiménez, A. 2001. Alteraciones del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma por la transferencia de agua a la Ciudad de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de geografía, UNAM. 45:24-38.

Méndez-Sánchez, F.; E. Soto-Galera; Maya, J. Y Hernández, M. 2001. Ictiofauna del Estado de México. Ciencia-ergo sum. 9-1, marzo-junio. México.

Miller, R. 1982. Pisces. En: Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies. S.H. Hilbert and A. Villalobos. Figueroa eds. San Diego State University. Sn. Diego Calif.

Miller, R. y M. Smith, 1986. Origin and geography of the Central México fish fauna in: The geography of North America freshwater fishes. C.R. Hocutt and E.O. Wiley. Interscience. N.Y

Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. Conabio. México. Recommendations. 3ª ed.

Moyle, P.B. and R.A. Leidy. 1992. "Loss of Biodiversity in Aquatic Ecosystems: Evidence from Fish Faunas," pp. 127-169 in Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation, Preservation and Management. P.L. Fiedler and S.K. Jain, eds. New York, New York: Chapman and Hall.

Nelson, J. S. 1994 (3d ed.). *Fishes of the World*. New York, New York: Wiley.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1996. *Water Quality Assessments- Aguide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2a ed. Universidad de Cambridge, Gran Bretaña. 609 pp.

OMS. 2006. *Guidelines for drinking-water quality*. 3a ed. Geneva, Switzerland. 595 pp.

Quiroz, J. 1993. *Atlas Ecológico de la Cuenca hidrográfica del Río Lerma*. Gobierno del Estado de México. México. 308 pp.

Romero, H. 1965. *Los Peces del Alto Lerma*. Tesis de Licenciatura en la ENCB-IPN. México, D.F.: 77 pp.

Romero, Q. 1993. *Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del Río Lerma*. México: Gobierno del Estado de México.

Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ª. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

Sarukhán, J., J. Soberón y J. Larson-Guerra. 1996. *Biological Conservations in a High Beta-diversity Country*.

En: Di Castri, F. y T. Younès (eds.). *Biodiversity Science and Development: Towards a New Partnership*.

CAB International.

Sarukhán, J., J. Soberón y J. Larson-Guerra. 1996. Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews* 5: 81-107.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (S.R.H.). 1968. *Información Regional. Plan Lerma. Asistencia Técnica*. Guadalajara, Jal., México. 91 pp.

Soto-Galera E., Barragán J. y López E. 1991. Efectos del deterioro ambiental en la distribución de la ictiofauna lermense. *Universidad: Ciencia y Tecnología*. 1(4): 61-68.

Soto-Galera, E.; Díaz-Pardo E.; E. López-López y J. Lyons. 1998. Fish as Indicators of Environmental Quality in the Río Lerma Basin, México. *Aquatic ecosystem Health and Management Society*. 1(1998)267-276. Elsevier.

Soto-Galera, E.; Díaz-Pardo E. y Guerra, M. 1990. Peces dulceacuícolas mexicanos III: *Allophorus robustus*. Zoología Informa. No. 19-20: 21-29.

Tamayo, J. L., 1990. Geografía moderna de México. Edición Trillas, México, 400 pp.

Zambrano, L; Perrow, M; Macías-García, C; Aguirre-Hidalgo, V. 1999. Impact of introduced carp (*Cyprinus Carpio*) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery 6: 281-288.

www.fishbase.org

http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17464_208&ID2=DO_TOPIC

<http://www.asambleadf.gob.mx/cm/40/p10.pdf>

<http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/lerma-chapala.html>

<http://www.cna.gob.mx/LermaWeb/grafslw/CuencaLerma2000.png>

http://earthtrends.wri.org/features/view_feature.php?theme=2&fid=9

http://www.elclima.com.mx/clima_y_orografia_del_estado_de_mexico.htm