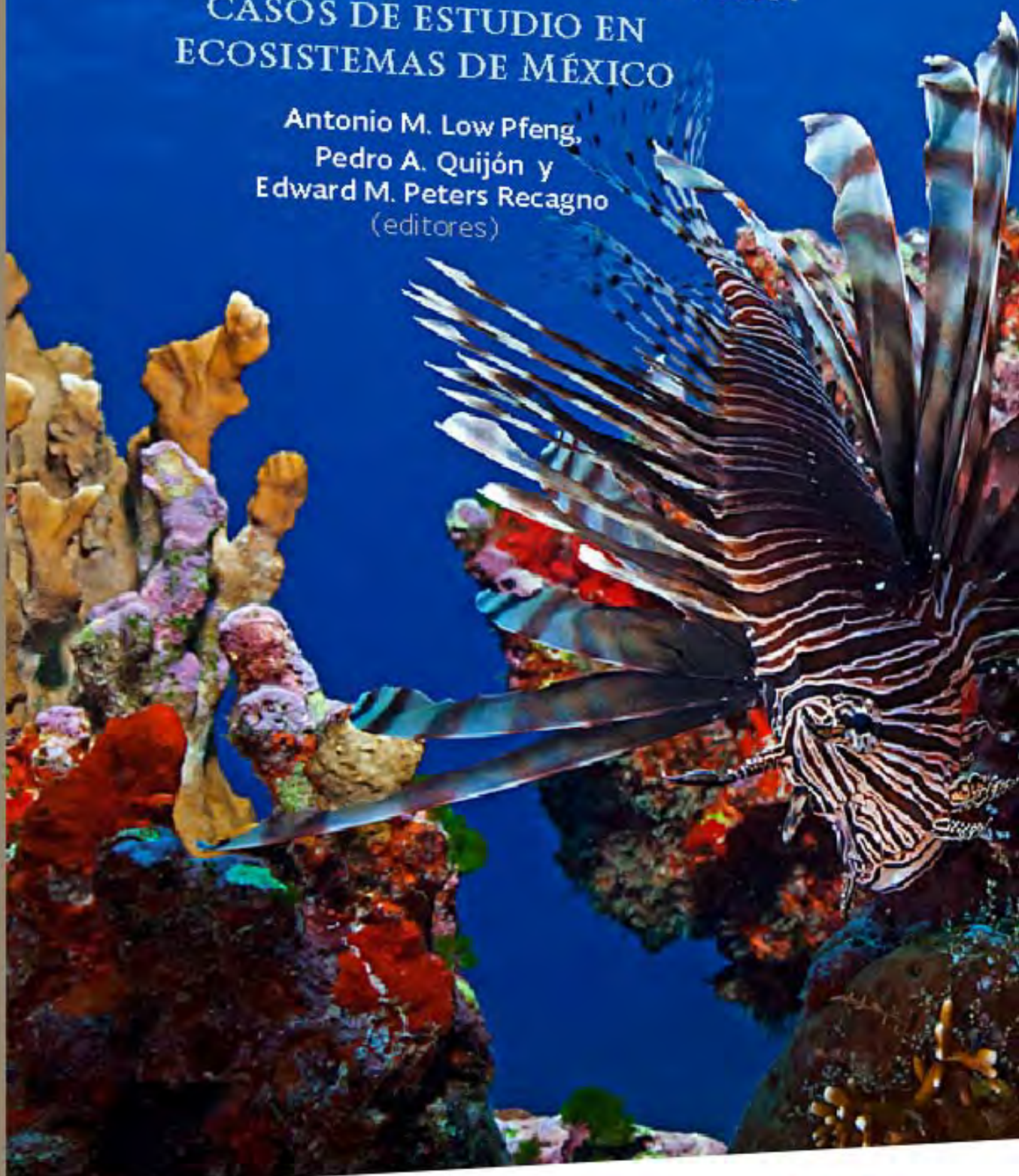


# ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS: CASOS DE ESTUDIO EN ECOSISTEMAS DE MÉXICO

Antonio M. Low Pfeng,  
Pedro A. Quijón y  
Edward M. Peters Recagno  
(editores)

ANTONIO M. LOW PFENG, PEDRO A. QUIJÓN  
EDWARD M. PETERS RECAGNO  
(EDITORES)

ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS:  
CASOS DE ESTUDIO EN ECOSISTEMAS DE MÉXICO



MÉXICO  
GOBIERNO DE LA FEDERACIÓN



SEMARNAT  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y ENERGÍA



INECC  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA Y CLIMA



## ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS



# ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS: CASOS DE ESTUDIO EN ECOSISTEMAS DE MÉXICO

**Antonio M. Low Pfeng  
Pedro A. Quijón  
Edward M. Peters Recagno  
(editores)**

**PRÓLOGO JAMES T. CARLTON**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)  
University of Prince Edward Island (UPEI)

Primera edición: 10 de noviembre de 2014

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines en la Montaña  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-SEMARNAT)  
Periférico Sur 5000. Col. Insurgentes Cuicuilco  
C.P. 04530. Delegación Coyoacán, México, D.F.  
[www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx)

University of Prince Edward Island (UPEI)  
Coastal Ecology Laboratory, Department of Biology  
550 University Avenue, Charlottetown  
Prince Edward Island, Canada C1A 4P3  
[www.upei.ca/](http://www.upei.ca/)

Foto de portada: D.R. © Claudio Contreras Koob

ISBN: 978-1-304-90189-7  
Impreso y hecho en México / Printed and made in Mexico

# Índice

Prólogo	1
Foreword	5
James T. Carlton	
Introducción	9
Introduction	11
Antonio M. Low Pfeng, Pedro A. Quijón, Edward M. Peters Recagno	
<b>PRIMERA PARTE. INVASIONES EN MÉXICO: REVISIONES</b>	
Las invasiones marinas a través del Pacífico oriental: una revisión desde los trópicos hasta los polos	15
Marine invasions throughout the eastern Pacific: a review from the tropics to the poles	
Mark E. Torchin y Gregory M. Ruiz	
Biota portuaria y taxonomía	33
Harbor biota and taxonomy	
Sergio I. Salazar-Vallejo, Luis F. Carrera-Parra, Norma Emilia González y S. Alejandro Salazar-González	

<p>Agua de lastre y transporte de los organismos incrustantes, leyes y acciones: perspectivas para México</p> <p>Ballast water and transport of fouling organisms, laws and actions: perspectives for Mexico</p> <p>Yuri B. Okolodkov y Héctor García-Escobar</p>	55
<p>Macroalgas marinas introducidas en la costa del Pacífico de México. Estado actual</p> <p>Marine macroalgae introduced to the Pacific coast of Mexico. Current status</p> <p>Luis E. Aguilar-Rosas, Francisco F. Pedroche, José A. Zertuche-González</p>	81
<p>Revisión sobre la invasión del pez león en el Sureste del Golfo de México</p> <p>A review of the lionfish invasion to the southeast of the Gulf of Mexico</p> <p>Alfonso Aguilar Perera y Evelyn Carrillo Flota</p>	119
<p>El impacto de los peces invasores sobre la comunicación entre los sexos ¿Una posible vía hacia la extinción? Una revisión</p> <p>Impact of invasive fish on communication between sexes: A possible pathway towards extinction? A review</p> <p>César Alberto González Zuarth y Adriana Vallarino</p>	143
<p>Especies acuáticas exóticas e invasoras del estado de Tabasco, México</p> <p>Exotic and invasive aquatic species of Tabasco state, Mexico</p> <p>Luis Enrique Amador-del Ángel y Armando T. Wakida-Kusunoki</p>	177
<p>La invasión silenciosa: contribuciones del derecho internacional al combate de las especies invasoras acuáticas</p> <p>The silent invasion: contributions of the international law to the combat against aquatic invasive species</p> <p>Juan Antonio Herrera Izaguirre, Ramiro Escobedo Carreón y Demetrio Reyes Monsivais</p>	199

## SEGUNDA PARTE. DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES INVASORAS: CASOS DE ESTUDIO

Nuevos registros de plecos (*Pterygoplichthy spardalis*) 233  
(Siluriformes: Loricariidae) en las cuencas del río Grijalva y Tonalá,  
Pajonal-Machona, Tabasco

New records of plecos (*Pterygoplichthy spardalis*) (Siluriformes:  
Loricariidae) in the río Grijalva and río Tonalá basins, Pajonal-Machona,  
Tabasco

Everardo Barba Macías, Juan Juárez-Flores y Mauricio Magaña-Vázquez

Análisis del nicho ecológico y la distribución geográfica del pez león 253  
*Pterois volitans/miles*, en el Atlántico occidental

An analysis of the ecological niche and the geographic distribution of the  
lionfish, *Pterois volitans/miles*, in the western Atlantic

Héctor Reyes Bonilla, David Petatán Ramírez, Sara M. Melo Merino y  
Horacio Pérez España

Colonización de la laguna de Chiricahueto (Sinaloa, México) 273  
por la especie invasora *Pterygoplichthys* spp.

Colonization of Chiricahueto lagoon (Sinaloa, Mexico) by the invasive  
*Pterygoplichthys* spp.

Felipe Amezcua Martínez

Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas 293  
lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán,  
Tabasco, México

Abundance of plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) in lagoon and riverine  
systems of the Usumacinta watershed, Balancan, Tabasco, Mexico

Everardo Barba Macías y Martha Patricia Cano-Salgado



El pez diablo ( <i>Pterygoplichthys</i> spp.) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche	313
The sailfin armoured catfish ( <i>Pterygoplichthys</i> spp.) in the estuarine headwaters of Laguna de Terminos, Campeche	
Luis Amado Ayala-Pérez, Alma Delia Pineda-Peralta, Hernán Álvarez-Guillen, Luis Enrique Amador-del Ángel	
Análisis ecosistémico de la introducción de especies exóticas en el Lago de Pátzcuaro	337
Ecosystemic analysis of the introduction of exotic species in Patzcuaro Lake	
Perla Alonso-EguíaLis y Sergio Vargas Velázquez	
Nuevos registros de los gasterópodos <i>Melanoides tuberculata</i> (Muller, 1974) y <i>Tarebia granifera</i> (Lamarck, 1822) en las cuencas Grijalva, Usumacinta y Tonalá, Pajonal-Machona, Tabasco	359
New records of the gastropods <i>Melanoides tuberculata</i> (Muller 1974) and <i>Tarebia granifera</i> (Lamarck, 1822) in the Grijalva, Usumacinta and Tonalá Pajonal-Machona watersheds, Tabasco	
Everardo Barba Macías, Mauricio Magaña-Vázquez y Juan Juárez- Flores	
Invertebrados marinos exóticos en el Golfo de California	381
Exotic marine invertebrates in the Gulf of California	
María Ana Tovar-Hernández, Beatriz Yáñez-Rivera, Tulio F. Villalobos-Guerrero, José María Aguilar-Camacho e Irving D. Ramírez-Santana	
Ecología alimentaria de la rana toro <i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802) en el noroeste de Chihuahua, México	411
Feeding ecology of the bullfrog <i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802) in northwestern Chihuahua, México	
Sandra Ramos-Guerra y Ana Gatica-Colima	

## TERCERA PARTE. IMPACTO Y MANEJO DE ESPECIES INVASORAS: CASOS DE ESTUDIO

Evaluación de la invasión de *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta) sobre la epifauna en Bahía de La Paz, B.C.S. 431

An assessment of the invasión of *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta) upon epifauna in Bahia de la Paz, B.C.S.

María del Carmen Méndez-Trejo, Rafael Riosmena-Rodríguez,  
Enrique Ávila, Juan Manuel López-Vivas y Abel Sentíes

Desplazamiento de los charales nativos (género *Chirostoma*) por dos especies de centrárquidos exóticos invasores, la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la mojarra de agallas azules (*Lepomis macrochirus*): Un estudio de caso en la presa Valle de Bravo, Estado de México 457

Displacement of native charales (genus *Chirostoma*) by two species of exotic invasive centrarquidos, the largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and the bluegill mojarra (*Lepimis macrochirus*): A case study in the Valle de Bravo reservoir, State of Mexico

Alfredo Gallardo-Torres, Maribel Badillo-Alemán, Martín Merino-Ibarra,  
Xavier Chiappa-Carrara

La planta acuática *Ruppia maritima* en el noroeste de México: aumento de su presencia y efectos en la cadena trófica 471

The aquatic plant *Ruppia maritima* in the Northwest of Mexico: increased presence and effects on the trophic chain

Jorge M. López Calderón, Rafael Riosmena-Rodríguez,  
Juan M. Rodriguez-Baron, Gustavo Hinojosa Arango

Impacto de los peces exóticos sobre la condición somática del pez en peligro de extinción *Cyprinodon macularius* (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae) en la cuenca baja del río Colorado (México) 493

The impact of exotic fishes on body condition of the endangered *Cyprinodon macularis* (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae) in the río Colorado basin (Mexico)

Asunción Andreu Soler, Gorgonio Ruiz Campos, Alejandro Varela-Romero

Programa de control del pez león <i>Pterois volitans</i> (Linnaeus 1758) en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an	523
A control program for the lion fish, <i>Pterois volitans</i> (Linnaeus 1758) in the Sian Ka'an Biosphere Reserve	
Denisse Ángeles-Solís, Yadira Gómez-Hernández, A. Omar Ortiz-Moreno y Eloy Sosa-Cordero	
La invasión de los humedales costeros del sureste de México por la gramínea africana "zacate alemán" ( <i>Echinochloa pyramidalis</i> ): perspectivas para la restauración de estos ecosistemas	543
The southeast Mexico coastal wetlands' invasion by the African grass "zacate alemán" ( <i>Echinochloa pyramidalis</i> ): perspectives for the restoration of these ecosystems	
Hugo López Rosas, Verónica E. Espejel González, Patricia Moreno-Casasola	
Rentabilidad empresarial vs. protección contra especies exóticas invasoras: dilema para el desarrollo de la acuicultura, caso Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.	567
Private profitability versus protection against exotic invasive species: a dilemma for the development of aquaculture, the case of Bahia de la Paz, California Sur, Mexico	
Mario Monteforte Sánchez, Eduardo F. Balart, Juan Carlos Pérez-Urbiola y Alfredo Ortega-Rubio	
La presencia del acocil australiano <i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868) en México	603
The presence of the Australian crayfish <i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868) in Mexico	
Fernando Álvarez, José Luis Bortolini, José Luis Villalobos y Leonardo García	
Autores	623
Evaluadores	629

# Prólogo

Nuestra comprensión y valoración de la profundidad y amplitud de las invasiones de especies de agua dulce, estuarial y marina, desde aguas cálidas tropicales a templadas, se encuentra rezagada con respecto al trabajo realizado en latitudes más frías. Este libro, que presenta una visión amplia de las invasiones acuáticas desde medios salados a acídulos, resulta, por ello, una contribución bienvenida para nuestro conocimiento de la historia, diversidad y ecología de especies no nativas en regímenes climáticos de latitudes bajas.

Especies no nativas han llegado y colonizado los ambientes acuáticos mexicanos desde que los primeros barcos extranjeros comenzaron a llegar desde altamar hace 500 años. Estos pesados navíos de madera trajeron consigo especies exóticas de todas partes del mundo, como organismos incrustantes en sus cascos o, muy probablemente, como pasajeros dentro de barriles de agua potable o los volúmenes de lastre (arena, tierra o desechos) recogidos en playas y costas de todo el orbe y acarreados para mantener la estabilidad de los barcos.

Como casi en todas las regiones del mundo, tenemos un entendimiento limitado de la diversidad de los primeros invasores que llegaron en los siglos XVI, XVII y XVIII. Las bases de datos de diversidad acuática rigurosas comenzaron principalmente hacia el siglo XVIII, y a menudo ya bien entrado el siglo XIX. Como consecuencia, muchas de las primeras especies invasoras fueron

consideradas por un largo tiempo especies nativas. En el siglo XXI, la investigación avanzada en sistemática, biogeografía y genética molecular, junto con los registros históricos y arqueológicos, han comenzado a revelar la extensión real de estas primeras invasiones.

Para la opinión pública, la prensa, y el mundo político, es a menudo difícil entender por qué invasiones que ocurrieron hace siglos son aún causa de interés o preocupación para nosotros. Uno podría, lógicamente, preguntarse si estas primeras (antiguas) especies invasoras no están de hecho suficientemente integradas (“naturalizadas”) dentro de nuestras comunidades y ecosistemas, y por ello, carecer de importancia. Aún cuando las respuestas a estas preguntas son complejas, la solución más simple es que especies que llegaron en el siglo XVI o XIX son aún especies no nativas: 500 o 100 años no se pueden equiparar con una residencia de decenas, ciento o miles de años de una especie nativa. Estas últimas han evolucionado durante un muy largo plazo (en muchos casos, milenios) en respuesta a las condiciones climáticas locales, y coevolucionaron con una comunidad de depredadores o presas nativas. Más aun, las invasiones nos impiden estudiar la dinámica ecológica y evolutiva natural de nuestras comunidades. Esto es particularmente cierto cuando nos vemos forzados a asumir que la mayoría de las especies que estaban presentes durante los primeros muestreos de diversidad eran nativas. El último ejemplo, ya clásico, es lo que hoy conocemos como el síndrome de la línea base cambiante.

En tiempos modernos, diversas especies han llegado a México como producto de una creciente variedad de vectores de transporte mediados por la humanidad. De estos, uno importante ha sido la conversión del lastre usado en las embarcaciones de material sólido a agua. Otros factores incluyen la expansión de actividades como la acuicultura, la maricultura y el mercado de mascotas (además de nuestra creciente habilidad para transportar seres vivos a cualquier parte del mundo en menos de 24 horas), y la liberación intencional de especies no nativas. Así, la profunda expansión de la globalización que ha ocurrido desde fines del siglo XX y comienzos del XXI, ha conllevado un fuerte incremento en el número de nuevas invasiones de especies exóticas asociadas, a menudo, a preocupaciones de índole económica. Como contraparte, estas invasiones han promovido la formulación y aplicación de nuevos marcos regulatorios para reducir el número de nuevas invasiones y para manejar las ya establecidas cuando resulta posible.

Este libro se enfoca en estos problemas y desafíos multifacéticos. Se revisa

una variedad de invasiones, junto con sus problemas taxonómicos relacionados, preparando un escenario riguroso para la investigación a desarrollarse en el futuro. Se consideran y presentan de manera resumida problemas de manejo, incluyendo perspectivas internacionales y potenciales programas de control de invasiones.

Y junto con estos temas, se revisan a profundidad la ecología, el impacto y la distribución de una amplia gama de especies, desde invertebrados a cordados a algas y plantas, incluyendo invasoras tan impresionantes como el pez diablo y el pez león. Por ello este libro de casos de estudio debería inspirar a una nueva generación de investigadores a continuar explorando la historia y ecología de las especies invasoras acuáticas de México. Y, al mismo tiempo, esta generación debería buscar vías novedosas y efectivas para prevenir futuras invasiones, las cuales pueden dar como resultado serios impactos ecológicos y económicos, y en consecuencia, reducir la calidad y cantidad de los valiosos servicios que proveen los ecosistemas.

James T. Carlton Ph.D.

Mystic, Connecticut

Marzo de 2014

## **Desplazamiento de los charales nativos (género *Chirostoma*) por dos especies de centráridos exóticos invasores, la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la mojarra de agallas azules (*Lepomis macrochirus*): Un estudio de caso en la presa Valle de Bravo, Estado de México**

### **Displacement of native charales (genus *Chirostoma*) by two species of exotic invasive centrarchids, the largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and the bluegill mojarra (*Lepomis macrochirus*): A case study in the Valle de Bravo reservoir, State of Mexico**

Alfredo Gallardo-Torres, Maribel Badillo-Alemán,  
Martín Merino-Ibarra, Xavier Chiappa-Carrara

#### **RESUMEN**

Se describen los efectos potenciales de la introducción de especies exóticas como la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la mojarrita de agallas azules (*Lepomis macrochirus*) sobre las poblaciones de charales nativos de México del género *Chirostoma*, en este caso particular, sobre *C. humboldtianum*. A través de análisis tróficos y morfométricos se determinó que la lobina negra ejerce una presión significativa sobre la población de charales, ya sea a través de depredación o de exclusión competitiva por recursos alimenticios. Cuando la lobina negra alcanza una talla de 120 mm depreda exclusivamente sobre los charales nativos. En el embalse de Valle de Bravo, los individuos de tallas pequeñas consumen los mismos recursos que los charales y, a medida que la lobina crece, los charales se vuelven su principal fuente de alimento. Por su parte, la mojarrita de agallas azules en ciertas tallas, también podría excluir a los charales puesto que utiliza los mismos recursos alimenticios. A pesar de que en su ámbito de distribución natural la lobina negra y la mojarrita de agallas azules forman un binomio presa-depredador, fuera de éste, la lobina negra prefiere a otras especies que no están preparadas para hacerle frente, como es el caso de los charales.

**PALABRAS CLAVE:** desplazamiento, depredación, *Chirostoma*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, traslape de la dieta.

#### **ABSTRACT**

We describe the effects of two introduced species, the largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and bluegill mojarra (*Lepomis macrochirus*) on populations of the Mexican native minnows of the genus *Chirostoma*, focusing in particular *C. humboldtianum* that inhabits the Valle de Bravo reservoir. Through trophic and morphometric analyses it could be established that the largemouth bass can potentially exert strong predation and competition pressure on minnows. When the size of 120 mm is attained, largemouth bass predate exclusively on minnows. Furthermore, the bluegill mojarra may also be displacing the minnows since they use the same food resources. Finally, it is noted that although in their natural distribution range largemouth bass and bluegill mojarra are part of a prey-predator system, in new distribution areas the largemouth bass prey on other species that are not prepared to cope with its predatory abilities, as is the case of the Mexican native minnows.

**KEYWORDS:** displacement, predation, *Chirostoma*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, diet overlap.



## **INTRODUCCIÓN**

Los ecosistemas dulceacuícolas poseen una enorme riqueza tanto en plantas como en animales en relación con la extensión del hábitat. Debido a esto, pueden ser considerados como los más amenazados en el mundo debido a que la velocidad a la que se pierde biodiversidad es mucho más rápida que la que se registra en los ecosistemas terrestres (Dudgeon *et al.* 2006). En los sistemas de agua dulce viven, por ejemplo, unas 12,000 especies de peces, cifra que corresponde a más del 40% del total de las especies de peces y representa cerca de una cuarta parte de la diversidad total de vertebrados. En contraste, en tér-



minos de tamaño los hábitats dulceacuícolas contienen sólo el 0.01% del agua del planeta y abarcan apenas el 0.8% de la superficie terrestre (Berra 1997).

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera (D.O.F. 2006), México cuenta con 13 936 cuerpos de agua en los que se encuentra una amplia diversidad de especies ícticas dulceacuícolas. De acuerdo con Miller (2009) existen más de 540 especies registradas para las aguas continentales de México, agrupadas en 155 géneros y 50 familias, incluyendo a la familia *quasi*-endémica Goodeidae, (40 especies) y Lacantunidae (1 especie). Además, en México existe un elevado número de endemismos en algunas familias como en Cyprinidae (40 especies), Poeciliidae (39 especies), Cyprinodontidae (19 especies) y Cichlidae (23 especies) (Vega-Salazar 2003). Por lo tanto, la ictiofauna dulceacuícola de México destaca no sólo por la riqueza de especies, sino también por el alto número de endemismos.

Mención especial merecen los peces de la familia Atherinopsidae y, en particular, los del género *Chirostoma* que son conocidos como charales y peces blancos. Los primeros suelen ser de tallas pequeñas mientras que los segundos de tallas más grandes (mayores a 20 cm). Todos los miembros del género *Chirostoma* son endémicos del altiplano mexicano y netamente dulceacuícolas pero presentan similitudes con algunos atherínidos marinos puesto que poseen ancestros marinos comunes (Barbour 1973). Existen dificultades de orden taxonómico para establecer los caracteres críticos que permiten separar a las especies de este género y a éste de otros géneros de la familia (particularmente *Menidia* y *Poblana*), pero se calcula que existen aproximadamente de 18 a 20 especies y varias subespecies confinadas todas en la mesa central de México (Bloom *et al.* 2009). Durante algún tiempo los charales y peces blancos se consideraron dentro del género *Menidia* (Echelle y Echelle 1984, Miller 2009) pero análisis genéticos recientes permiten considerar como válido al género *Chirostoma* (Bloom *et al.* 2009).

Los charales y los peces blancos se han consumido desde tiempos prehispánicos, por lo que no sólo tienen importancia económica sino también cultural y ambiental (Rojas-Carrillo y Sasso-Yada 2005). Actualmente estas especies se encuentran en peligro de extinción por una conjunción de factores entre los que se encuentran los siguientes: degradación del hábitat (desde 1900 se ha reducido notablemente la extensión de varios lagos de la parte central de México; Alcocer y Escobar 1996), sobrepesca, debida en parte a la demanda que tienen estos organismos por lo que se realiza una explotación desmedida.

da enfocada a todas las clases de tallas (lo que causa reducciones notables de los tamaños poblacionales de los charales; Martínez-Palacios 2002), y la presión que ejercen las especies que han sido introducidas en los sistemas dulceacuícolas mexicanos, cuyo número puede ser tan alto como 115 especies (Contreras-Balderas et al. 2008).

Las poblaciones de especies nativas pueden ser desplazadas ya sea por competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades, modificación del hábitat o alteraciones tróficas de las comunidades (Torres-Orozco y Pérez-Hernández 2011). Dentro de estas especies invasoras se encuentran la lobina negra *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) y la mojarrita de agallas azules (*Lepomis machrochirus*, Rafinesque, 1819). La primera es considerada como una de las 100 especies invasoras más dañinas, ya que usualmente afecta a las especies nativas de peces pequeños sobre los que ejerce una importante presión de depredación lo que resulta en el declive de las poblaciones o inclusive en su extinción (Kerr y Grant, 1999). Se ha reportado que la lobina negra es capaz de desplazar también a otras especies depredadoras, como algunos percidos (GISD 2012). La lobina negra y la mojarrita de agallas azules coexisten en su ámbito de distribución natural como depredador y presa y, en México, ambas han sido introducidas en los cuerpos de agua en los que habitan las especies nativas del género *Chirostoma*.

Maezono y Miyashita (2003) señalaron que son escasos los estudios que muestran los efectos combinados o sinérgicos de ambas especies sobre las poblaciones de peces nativos, a pesar de que la lobina negra y la mojarrita de agallas azules han sido ampliamente introducidas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar, usando análisis morfométricos, tróficos y de traslape de las dietas, el impacto potencial que estas dos especies invasoras pueden tener sobre las especies nativas del género *Chirostoma*. Estos impactos incluyen la presión directa de depredación que ejerce la lobina o los mecanismos de competencia que pueden desplegarse debido al uso común que hacen de los recursos alimentarios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Valle de Bravo está ubicado en el Estado de México, geográficamente se encuentra ubicado a 19°21'30" de latitud Norte y a 100°11'00"

de longitud Oeste, a una altura de 1 830 msnm (Acereto-González y Antillón-Guerrero 1983). Los principales cuerpos de agua de la cuenca de Valle de Bravo son el río Amanalco y la Presa Valle de Bravo (Pulido-Valdovinos 1997, CONABIO 1999). En particular, el embalse Valle de Bravo es un cuerpo de agua perenne con una cuenca de 547 km<sup>2</sup>, construida en 1949 por la Comisión Federal de Electricidad. Forma parte del sistema eléctrico Miguel Alemán que constituye una de las áreas hidroeléctricas de la cuenca del río Balsas. Recibe el agua de los ríos Amanalco y Molinos que nacen en la vertiente occidental del Nevado de Toluca. El embalse ocupa un área aproximada de 1,730 ha con una profundidad media de 19.4 m (Acereto-González y Antillón-Guerrero 1983, Ramírez-García *et al.* 2002) (Figura 1). La presa es templada y monomítica, con un período de estratificación de aproximadamente nueve meses y un cambio en las capas en diciembre. Durante la fase estratificada se presenta un período de anoxia en el fondo. El estado trófico del reservorio cambió de oligotrófico en 1980 a mesotrófico en 1987 y actualmente tiene una tendencia hacia la eutrofización (Olvera-Viascan *et al.* 1998).

Las principales actividades que se desarrollan dentro del embalse son la pesca deportiva y los deportes acuáticos. En el lago habitan algunas especies introducidas de importancia comercial: *Cyprinus carpio* (carpa común), *Oreochromis aureus* (tilapia), *L. macrochirus* (mojarra agalla azul), *M. salmoides* (lobina negra) y *C. humboldtianum* (charal).

#### MUESTREO Y TRABAJO DE LABORATORIO

Se efectuaron muestreos mensuales en la Presa de Valle de Bravo desde junio de 2003 hasta diciembre de 2004. Los organismos fueron capturados utilizando una red agallera experimental con aberturas de malla de 1, 2, 4 1/2 y 5 pulgadas. Los organismos recolectados fueron determinados a nivel de especie utilizando las claves pertinentes. Posteriormente se registraron los siguientes datos morfométricos: con un ictiómetro se obtuvieron la longitud total (LT ± 1 mm), la longitud patrón (LP ± 1 mm) y la altura máxima (A ± 1 mm). El peso total de los organismos (P ± 0.1 g) se obtuvo mediante una balanza semi-analítica. Además, para la lobina negra se midió la amplitud y abertura de la boca con un calibrador digital (± 0.01 mm) como un indicador de la talla máxima de las presas que pueden consumir. La amplitud de la boca se midió como la distancia entre las comisuras mientras que la abertura de la boca se midió como la distancia entre la punta de la premaxila y la

punta de los huesos dentarios (Huskey y Turingan 2001). La amplitud y abertura de la boca se relacionaron con la talla del organismo (LP).

Se extrajeron los estómagos que fueron fijados en formol al 10% y trasladados al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, para su análisis. El contenido estomacal fue examinado con un microscopio estereoscópico. Las diferentes presas o componentes alimenticios fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible, para ser posteriormente separados en categorías funcionales, contados y pesados ( $\pm 0.01$  g). El porcentaje gravimétrico que cada una de las presas aporta a la dieta de las tres especies fue calculado de acuerdo a Tirsin y Jørgensen (1999).

Con los valores del porcentaje gravimétrico se estimó el índice de Schoener ( $\alpha$ ) (Wallace 1981) que se utilizó como una medida para evaluar el traslape de la dieta para clases de tallas similares de charales, de mojarritas y de lobinas. Este índice adquiere valores desde 0 (no traslape) hasta 1 (traslape completo) y el traslape suele considerarse significativo cuando el índice tiene valores mayores a 0.6 (Zaret y Rand 1971). Para fines de análisis, los organismos se clasificaron como “pequeños” (de 76 a 100 mm para *C. humboldtianum*, de 55 a 90 mm para *L. macrochirus* y de 80 a 120 mm para *M. salmoides*) y “grandes” (de 101 a 140 mm para *C. humboldtianum*, de 91 a 148 mm para *L. macrochirus* y de 121 a 380 mm para *M. salmoides*).

## RESULTADOS

Se capturó un total de 806 ejemplares de las especies estudiadas, distribuidos de acuerdo a los datos que se presentan en la Tabla 1.

En los contenidos estomacales de la lobina negra se encontraron nueve tipos diferentes de presas, destacando los charales que constituyen más del 90% del

**Tabla 1.** Número de organismos (N) por especie e intervalos de tamaño (longitud total, LT; altura del cuerpo, A) y peso (P) de los peces analizados.

Especie	N	LT (mm)	A (mm)	P (g)
<i>Micropterus salmoides</i>	225	80 – 545	16.72 – 192.00	6.57 – 3 400.00
<i>Lepomis macrochirus</i>	297	67 – 183	19.04 – 72.00	4.68 - 148.06
<i>Chirostoma humboldtianum</i>	284	89 – 171	12.00 - 27.36	6.24 - 39.77

**Tabla 2. Porcentajes gravimétricos de las presas encontradas en los estómagos de la lobina negra (*M. salmoides*), de la mojarrita agallas azules (*L. macrochirus*) y del charal (*C. humboldtianum*), considerando diferentes clases de talla.**

Presa	<i>M. salmoides</i>		<i>L. macrochirus</i>		<i>C. humboldtianum</i>	
	≤120 mm	>120 mm	≤90 mm	>90 mm	≤100 mm	>100 mm
Cladocera	0.1	<0.1	2.6	12.3	69.3	14.4
Copepoda	<0.1		0.6	0.3	24.2	9.0
Amfípoda	0.1	<0.1	85.5	4.2	4.7	<0.1
Ostracoda	<0.1			0.9	<0.1	
<i>Cambarellus</i> sp.		1.0				
Rotifera					<0.1	
Gastropoda			1.4	3.2		
Hydracarina			0.1	<0.1		
Nematoda		<0.1		0.2		
Hirudinea				1.1		
Diptera	99.6	1.0	8.9	56.5	1.8	73.0
Odonata	0.2	<0.1	0.7	2.7		
Otros artrópodos				0.6		
Huevos de pez			0.2	18.0		3.6
Restos de pez						<0.1
<i>Chirostoma humboldtianum</i>		95.6				
<i>Lepomis macrochirus</i>		2.3				

aporte en peso a la dieta en las tallas grandes y las larvas de dípteros en las tallas pequeñas (Tabla 2). En el caso de la mojarrita se encontraron 13 diferentes tipos de presa, siendo la más importante el grupo de las larvas de dípteros que aportan más del 60% en peso a la dieta (Tabla 2). En los contenidos estomacales del charal se encontraron ocho diferentes tipos de presa entre las que destacan los cladóceros, que aportan más del 50% en peso a la dieta en tallas pequeñas y las larvas de dípteros en las tallas más grandes (Tabla 2).

El valor del índice de Schoener ( $\alpha = 0.10$ ) indica que no existe un traslape estadísticamente significativo en la dieta de las mojarritas y de los charales de talla “pequeña” ( $LT \leq 90$  mm y  $LT \leq 100$  mm, respectivamente). Sin embargo, en las tallas mayores de la mojarrita ( $LT > 91$  mm) y del charal ( $LT > 101$  mm), las dietas de las dos especies presentan un traslape estadísticamente significativo ( $\alpha = 0.73$ ). Asimismo, se encontró evidencia de traslape ( $\alpha = 0.73$ ) de la dieta entre tallas comparables de charal y lobina negra (charales:  $LT > 101$  mm; lobinas  $LT \leq 120$  mm). Las relaciones entre LP (mm), abertura (mm) y amplitud de la boca (mm) de la lobina negra (Figura 2A y 2B), están descritas por las siguientes ecuaciones:

$$\text{Abertura de la boca} = 0.178 * LP + 0.90 \quad (R^2 = 0.95)$$

$$\text{Amplitud de la boca} = 0.195 * LP - 4.29 \quad (R^2 = 0.96)$$

## DISCUSIÓN

Los charales del género *Chirostoma* tienen importancia económica y cultural para los mexicanos. Sin embargo, en las cuencas en las que habitan estos organismos se ha permitido la sobreexplotación de los cuerpos acuáticos, la sobrepesca y la introducción de especies exóticas como lo son la lobina negra y la mojarrita de agallas azules (Vega-Salazar 2003). Diversas investigaciones han mostrado que la lobina negra es un depredador que tiene la capacidad de modificar su dieta con gran facilidad de acuerdo a la disponibilidad de las presas en el ambiente (Nunes-Godinho *et al.* 1997, Gratwicke y Marshall 2001, García-Berthou 2002). La lobina negra se considera no sólo como una especie exótica cosmopolita, sino que es una de las 100 más perniciosas, cuya presencia afecta a especies nativas que no están preparadas para hacerle frente (Kerr y Grant 1999). Los individuos de esta especie exhiben cambios en la dieta a lo largo del desarrollo ontogenético. De tener una dieta basada en zooplankton y macroinvertebrados, existe un punto en el que los hábitos alimentarios cambian y la dieta se torna completamente piscívora. La talla de los peces a la cual sucede este cambio varía en función de las presas disponibles. Azuma y Motomura (1998) mostraron que, en el lago Kawahara, el cambio ocurre cuando la lobina negra alcanza entre 30 y 40 mm de longitud total, mientras que Jang *et al.* (2006) encontraron que, en los ríos de Corea, sucede cuando la lobina negra alcanza tallas superiores a los 100 mm. Hickley *et al.* (1994)

encontraron que los peces dominan la dieta en individuos que han alcanzado tallas mayores a los 260 mm LP.

La talla a la que la población de lobina negra que habita en el embalse de Valle de Bravo muestra un cambio significativo en los hábitos alimentarios, corresponde a longitudes mayores a los 120 mm LT. A partir de este tamaño, los individuos se alimentan únicamente de los charales endémicos.

La lobina negra es un depredador que selecciona a la presas de acuerdo con el tamaño, especialmente cuando se alimenta en el ambiente pelágico. Hambright (1991) señala que la abertura y la amplitud de la boca, así como la altura máxima del cuerpo de la presa son los parámetros que determinan el tamaño de los organismos que son seleccionados. En el caso de las especies analizadas en este trabajo se obtuvo que los charales alcanzan una altura de cuerpo máxima de 27 mm (el intervalo abarca de <12 a ~27 mm), mientras que las mojarritas alcanzan hasta 72 mm de altura del cuerpo (con valores mínimos <19 mm). Estas diferencias morfológicas brindan a las mojarritas una ventaja defensiva sobre los charales para enfrentar a la lobina negra: en igualdad de circunstancias, una lobina negra preferirá iniciar un ataque sobre un charal –cuya forma es fusiforme– antes que a una mojarrita –más alta y menos alargada– ya que el resultado puede implicar un menor gasto de energía relacionado con el manejo de la presa. Cuando las lobinas que habitan en Valle de Bravo se vuelven completamente piscívoras tienen una abertura de boca promedio de 22.2 mm, lo que les permite acceder a la mayor parte de la población de charales. Las mojarritas, por su parte, están conductualmente adaptadas para evadir a la lobina negra ya sea formando densos cardúmenes, manteniendo una mayor distancia del depredador en aguas abiertas y ocultándose entre la vegetación de las orillas (Chippis et al. 2004).

Maezono y Miyashita (2003) demostraron que la presencia de la lobina negra y la mojarrita puede incluso ocasionar la desaparición de especies nativas en pequeños embalses de Japón no sólo por los efectos directos como la depredación y la competencia por los mismos recursos, sino también por los efectos en cascada que modifican la trama trófica y favorecen una mayor abundancia de cierta especie sobre otra. Los charales y las mojarritas de tallas grandes presentan dietas que se traslapan significativamente con la dieta de las lobinas de tallas pequeñas. En estas fases de desarrollo, los individuos de estas especies se alimentan principalmente de macroinvertebrados por lo que

cualquier disminución en la abundancia de este conjunto de presas puede ocasionar que entran en competencia por los mismos recursos.

Se ha mostrado que la mojarrita, en su ámbito de distribución natural, se comporta como omnívoro e incluye en su dieta restos de vegetales, huevos y juveniles de otras especies de peces (Bain y Helfrich 1983). Por lo tanto, existe la posibilidad de que se convierta en un depredador más de las primeras fases de desarrollo de los charales. El impacto sobre la población de la especie nativa sería aún mayor que el que provoca la lobina negra.

De acuerdo con lo señalado por Helfman *et al.* (2009), para determinar si existe un efecto real de la competencia interespecífica entre estas tres especies son necesarios estudios en los que se manipule experimentalmente la densidad o la distribución de los recursos alimentarios. Sólo así será posible determinar en qué condiciones se modifica la amplitud del nicho trófico de cada especie, ocurre el cambio de los hábitos alimentarios o aumenta el tamaño de poblacional.

En su ámbito de distribución natural, la lobina negra y la mojarrita de agallas azules forman una asociación de depredador-presa puesto que la mojarrita es una de las presas preferidas de la lobina negra (Turner y Mittelbach 1990, García-Berthou 2002). Por esa razón, en muchos sitios se han introducido ambas especies simultáneamente aunque esto ha resultado ser contraproducente. Al menos éste es el caso de México, en los sitios en los que están presentes los charales del género *Chirostoma*, como en Valle de Bravo. Ahí, las especies nativas están ahora sujetas a una intensa depredación por parte de la lobina negra y, además, tienen que hacer frente a las ventajas competitivas que presentan otras especies como la mojarrita de agallas azules para acceder a un conjunto similar de recursos alimentarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acereto-González, N., y G. F. Antillon-Guerrero. 1983. Contribución al conocimiento de la pesquería de *Sarotherodon niloticus* en el embalse Valle de Bravo. ENEP Iztacala UNAM, México. 60 pp.
- Alcocer, J. y E. Escobar. 1996. Limnological regionalization of Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2: 55-69.
- Azuma, M. y Y. Motomura. 1998. Feeding habits of largemouth bass in a non-native environment: the case of a small lake with bluegill in Japan. *Environmental Biology of Fishes* 52: 379-389.



- Bain, M. B., y L.A. Helfrich. 1983. Role of male parental care in survival of larval bluegills. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 47-52.
- Barbour, C. D. 1973. A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): a species flock from the Mexican plateau. *Copeia* 1973: 533-566.
- Berra, T. 1997. Some 20th century fish discoveries *Environmental Biology of Fishes* 50: 1-12.
- Bloom, D., K. Piller, J. Lyons, N. Mercado-Silva y M. Medina-Nava. 2009. Systematics and biogeography of the silverside Tribe Menidiini (Teleostomi: Atherinopsidae) based on the mitochondrial ND2 gene. *Copeia* 2009: 408-417.
- Chippis, S., J. Dunbar y D. Wahl. 2004. Phenotypic variation and vulnerability to predation in juvenile bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Oecologia* 138: 32-38.
- CONABIO. 1999. Monitoreo de ecosistemas mediante técnicas de percepción remota. Caso Valle de Bravo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios\\_veg/doc-tos/cambios\\_valle.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/doc-tos/cambios_valle.html). Consultado el 6 de junio de 2006.
- Contreras-Balderas, S., G. Ruiz-Campos, J. J. Schmitter-Soto, E. Díaz-Pardo, T. Contreras-McBeath, M. Medina-Soto, L. Zambrano-González, A. Varela-Romero, R. Mendoza-Alfaro, C. Ramírez-Martínez, M. A. Leija-Tristán, P. Almada-Villela, D.A. Hendrickson, y J. Lyons. 2008. Freshwater fishes and water status in Mexico: a country-wide appraisal. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 11(3): 246-256.
- Dudgeon, D., A. Arthington, M. Gessner, Z. Kawabata, D. Knowler, C. Lévêque, R. Naiman, A. Prieur-Richard, D. Soto, M. Stiassny y C. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163-182.
- D.O.F. 2006. Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Diario Oficial de la Federación*, viernes 25 de agosto.
- Echelle, A. A., y A. F. Echelle. 1984. Evolutionary genetics of a "species flock:" atherinid fishes on the mesa central of México. En: A. A. Echelle e I. Kornfield (eds.). *Evolution of fish species flocks*. University of Maine Press, EE.UU., pp. 94-109.
- García-Berthou, E. 2002. Ontogenetic diet shifts and interrupted piscivory in introduced largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *International Review of Hydrobiology* 87(4): 353-363.
- Global Invasive Species Database (GISD). 2012 *Micropterus salmoides*. Disponible en: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=19&fr=1&sts=sss>. Consultado: 10 de julio de 2012].

- Gratwicke, B. y B. E. Marshall. 2001. The relationship between the exotic predators *Micropterus salmoides* and *Serranochromis robustus* and native stream fishes in Zimbabwe. *Journal of Fish Biology* 58: 68-75.
- Hambright, D. 1991. Experimental analysis of prey selection by largemouth bass: role of predator mouth width and prey body depth. *Transactions of the American Fisheries Society* 120: 500-508.
- Helfman, G., B. Collette, D. Facey y B. Bowen. 2009. *The diversity of fishes: Biology, evolution and ecology*. Segunda edición. Wiley-Blackwell. 736 pp.
- Hickley, P., R. North, M. Muchiri y M. Harper. 1994. The diet of largemouth bass, *Micropterus salmoides* in Lake Naivasha, Kenya. *Journal of Fish Biology* 44: 607-619.
- Huskey, S. y R. Turingan. 2001. Variation in prey-resource utilization and oral jaw gape between two populations of large mouth bass, *Micropterus salmoides*. *Environmental Biology of Fishes* 61: 185-194.
- Jang, M. H., G. J. Joo y M. C. Lucas. 2006. Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 315-320.
- Kerr, S. J. y R. E. Grant. 1999. *Ecological Impacts of Fish Introductions: Evaluating the Risk*. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, Canadá.
- Maezono, Y. y T. Miyashita. 2003. Community-level impacts induced by introduced largemouth bass and bluegill in farm ponds in Japan. *Biol. Cons.* 109: 111-121.
- Martínez-Palacios, C. A. D. 2002. Avances en el cultivo del pescado blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*. En: L. E. Cruz-Suárez, M. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. G. Gaxiola-Cortés y N. Simoes (eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI*. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de septiembre de 2002. Cancún, México, pp. 336-351.
- Miller, R. R. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO, México, 180 pp.
- Nunes-Godinho, F., M. T. Ferreira, y R. V. Cortes. 1997. The environmental basis of diet variation in pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibbosus*, and largemouth bass, *Micropterus salmoides*, along an Iberian river basin. *Environmental Biology of Fishes* 50: 105-115.
- Olvera-Viascan, V. L., L. Bravo-Inclán y J. Sánchez-Chávez. 1998. Aquatic ecology and management assessment in Valle de Bravo reservoir and its watershed. *Aquatic Ecosystem and Health Management*, 1(3-4): 277-290.
- Pulido-Valdovinos, M. 1997. Aislamiento e identificación de *Vibrio cholerae* en pescados de agua dulce, en Valle de Bravo, Estado de México. ENEP Iztacala UNAM, México. 75 pp.
- Ramírez-García, P., S. Nandini, S.S.S. Sarma, E. Robles-Valderrama, I. Cuesta y M. Hurtado. 2002. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (México). *Hydrobiologia*: 467: 99-108.

- Rojas-Carrillo, P. y L. F. Sasso-Yada. 2005. El pescado blanco. *Revista Digital Universitaria*, 6(8): 1-18.
- Tirasin, E. y T. Jørgensen. 1999. An evaluation of the precision of diet description. *Marine Ecology Progress Series* 182: 243-252.
- Torres-Orozco, R. y M. A. Pérez-Hernández. 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria* 12(1): 1-15.
- Turner, A. M. y G. G. Mittelbach. 1990. Predator avoidance and community structure: interactions among piscivores, planktivores, and plankton. *Ecology* 71:2241-2254
- Vega-Salazar, M. Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* 72: 20-30. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no72/CNS07204.pdf>.
- Wallace, R. 1981. An Assessment of diet-overlap indexes. *Transactions of the American Fisheries Society* 110: 72-76.
- Zaret, T. M. y A. S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology* 52: 336-342.