

Informe final* del Proyecto LI006
Peces exóticos invasores en la región hidrológica prioritaria Río Amacuzac, Morelos*

Responsable: M en C. Humberto Mejía Mojica
Institución: Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Centro de Investigaciones Biológicas
Departamento de Biología Animal
Laboratorio de Ictiología
Dirección: Av. Universidad # 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Mor, 62210 , México
Correo electrónico: humberto@uaem.mx
Teléfono/Fax: 01 7773297029
Fecha de inicio: Marzo 13, 2015.
Fecha de término: Agosto 31, 2018.
Principales resultados: Base de datos, fotografías, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Mejía Mojica. H. 2018. Peces Exóticos Invasores en la Región Hidrológica Prioritaria Río Amacuzac, Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. **Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. LI006.** Ciudad de México.

Resumen:

El efecto de las especies invasoras sobre las especies nativas es uno de los temas centrales de la biología de la conservación actualmente, una de las principales causas del movimiento o traslado de las especies de peces a ha sido la intensificación de la acuicultura con especies de uso ornamental y de producción de carne, esto está ocasionando que un gran número de especies accidentalmente e intencionalmente se agreguen a los ecosistemas acuáticos naturales en el estado de Morelos, provocando alteraciones a la estructura de la comunidad íctica nativa de esta parte de la cuenca del río Balsas. En este proyecto se pretende evaluar las poblaciones de peces invasoras establecidas en la región hidrológica Amacuzac, con el fin de conocer la estructura poblacional de las especies exóticas establecidas, estado de invasión, proponer acciones de prevención y manejo, así como proporcionar una base de datos pormenorizada que dé cuenta de total de las especies invasoras establecidas en la región.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**Informe final del proyecto LI006 “Peces Exóticos Invasores en la Región
Hidrológica Prioritaria del Río Amacuzac, Morelos” CONABIO.**

Dr. Humberto Mejía Mojica
Laboratorio de Ictiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la
Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Responsable Institucional.

Índice

Resumen	2
Introducción	3
Objetivos	6
Descripción del área de estudio	7
Material y Métodos	8
Resultados	11
Conclusión	20
Referencias	24
Anexo de Tablas y Figuras	30

Resumen

La región hidrológica prioritaria río Amacuzac, se ha registrado la presencia de un número considerable de especies de peces no nativos, producto de actividades humanas como la acuicultura ornamental. De tal manera el principal objetivo de este proyecto es conocer el estado actual que mantienen las poblaciones de las especies de peces en cuestión, su identidad taxonómica mediante métodos merísticos y genéticos, algunos atributos poblacionales como ecológicos y la valoración que tiene cada una de las especies usando análisis especializados de riesgo de invasión (MERI y FISK); con la finalidad de proponer medidas de contención, erradicación y aprovechamiento. Mediante un monitoreo anual a través de los principales ambientes lóticos y lénticos de la región, empleando diversos tipos de artes de pesca, La base de datos en formato **Biótica 5.0** contiene 1271 registros 24 especies no nativas de peces recolectados en 28 localidades las cuales se monitorearon bimensualmente durante un ciclo. La elaboración de fichas técnicas de cada especie se espera sea de utilidad en programas de uso y erradicación de las especies invasoras.

Abstract

In Amacuzac river priority hydrological region has registered the presence the a great number non-native fish species, product of human activities as ornamental aquaculture. Thus, the main objective of this project is to know the current state of the fish species in question, their taxonomic identity through meristic and genetic methods, some population attributes such as ecological and the valuation of each species using specialized invasion risk analyzes (MERI and FISK) with the purpose of proposing containment, eradication and exploitation measures. Through an annual monitoring at the main lotic and lentic environments of the region, using different types of fishing gear The Database in Biotic 5.0 format contains 1271 records of 24 non-native fish species collected in 28 localities in a bi-monthly cycle. The datasheets developed of for each species will be useful in programs for the use and eradication of invasive species.

Introducción

El efecto que tienen las especies no nativas invasoras sobre los ecosistemas, es uno de los temas centrales en conservación biológica en todo el mundo, pues se le relaciona con la reducción del área natural de distribución de algunas especies nativas y la extinción o disminución de sus poblaciones (Welcomme, 1988; Williamson, 1996; Cooke y Cowx, 2004; Ricciardi, 2004; Canonico *et al.* 2005; Nishizawa *et al.* 2006; Gido y Franssen, 2007; Helfman, 2007; Gozlan, 2008; Rajeev *et al.* 2008; Andrew *et al.* 2009; Simberloff, 2010). Así mismo, la alteración de los ecosistemas acuáticos y el deterioro en la calidad del agua, tienen efectos determinantes en la extirpación de especies poco tolerantes y la oportunidad para aquellas con mayores rangos de tolerancia (Díaz-Pardo *et al.* 1993; Soto-Galera *et al.* 1998; Soto-Galera *et al.* 1999; Contreras-MacBeath, 2005; Domínguez- Domínguez *et al.* 2008; Darwall *et al.* 2009). La combinación de estos eventos en gradientes ambientes heterogéneos incrementa la similitud de las biotas por procesos de reemplazamiento de las especies nativas por elementos no nativos más tolerantes a condiciones de baja calidad ambiental, que finalmente conduce a la homogenización biótica de grandes regiones y la pérdida de la beta diversidad (Rahel, 2002; Cassey *et al.* 2008).

El cultivo de peces en México para uso ornamental, actividades deportivas y de consumo como alimento, ha propiciado la movilización de más de 115 especies, muchas de ellas ahora establecidas en un número importante de ecosistemas naturales en el país (Contreras-Balderas 1999; Mendoza y Koleff 2014).

La cuenca del río Balsas en el centro de México, corresponde a uno de los sistemas hidrológicos más grandes de la vertiente del pacífico, por si misma se define como una provincia biogeográfica y concentra un alto porcentaje de endemismos de la fauna de peces, aunque es relativamente pobre en riqueza especies, si la comparamos con otros sistemas hidrológicos de México (Miller, 1986; Miller *et al.* 2009). Esta aridez en el número de especies podría suponer una ventaja ecológica para los sucesos de colonización, en donde algunas especies introducidas, aprovechando su capacidad de colonización y de soportar o sobrevivir a nuevos factores bióticos y abióticos, utilizando los posibles nichos vacíos o compitiendo exitosamente sobre los mismos (Lockwood *et al.* 2007; Mark, 2009). Estos eventos de introducción de nuevas especies, producto de las actividades comerciales como la acuicultura y el comercio de peces de uso ornamental, están acelerado los proceso procesos de invasión en muchos ecosistemas nativos en México.

Dentro de este contexto, el estado de Morelos se ha convertido en uno de los principales centros de cultivo y comercio de peces ornamentales, actividad que provoca una enorme posibilidad de llevar a un número mayor de especies no nativas a los ambientes naturales y convertirse en un serio riesgo para las áreas de cuidado ecológico. En este sentido, los sucesos de invasión en el área han sido importantes y han generado cambios en la estructura poblacional de los peces (Contreras-MacBeath *et al.* 1998, Contreras *et al.* 2014, Mejía-Mojica *et al.* 2012, 2015).

De tal manera, en este proyecto se evalúan las poblaciones de peces invasores establecidas en la Región Hidrológica Prioritaria del Río Amacuzac, Morelos, con el fin de conocer el número de especies introducidas y/o con potencial de invasión, así como determinar el grado de dispersión que han alcanzado dentro del área examinada. Al mismo tiempo, se hace un análisis de la estructura poblacional de las especies, calculado a partir del número de individuos, un análisis de datos biológicos como la alimentación, con su posible traslape trófico y las etapas o estadios de reproducción. De igual manera, empleando técnicas moleculares, se revisan las variantes genéticas entre especies cercanas filogenéticamente, a fin de detectar posibles casos de hibridación. Finalmente se correlacionan los resultados de tal manera que nos permita proponer acciones de prevención de las especies establecidas en la región, aplicando análisis de riesgo de invasión para determinar su potencial como invasores y proponer acciones de prevención, alerta y aprovechamiento.

Objetivos

General: Evaluar el estado de invasión de las especies de peces exóticos en la región hidrológica prioritaria del río Amacuzac, en el estado de Morelos.

Particulares:

- Generar una base de datos en el formato BIOTICA 5.0, con las especies invasoras presentes en los ambientes lóticos y lénticos de la región.
- Reconocer los patrones de distribución de los peces exóticos invasores en los ambientes lóticos y lénticos de la región.
- Reconocer algunos atributos poblacionales de las especies invasoras de la región.
- Evaluar algunas variables de la alimentación y estados reproductivos de algunas de las especies invasora más abundantes.
- Detectar la posible hibridación entre algunas especies invasoras y especies nativas filogenéticamente relacionadas.
- Proponer planes y acciones de prevención, manejo y erradicación de las especies invasoras.

Descripción del área de estudio

El sistema hidrológico Amacuzac comprende a uno de los grandes tributarios de la cuenca del río Balsas, el cual drena gran parte de los escurrimiento de la orografía del estado de Morelos, en donde la corriente principal del río Amacuzac transcurre aproximadamente 80 km en la entidad y recibe los aportes de cuatro de sus ríos tributarios mayores, Río Chalma, Apatlaco, Yautepec y Cuautla, los cuales fluyen a través de gran parte del territorio morelense. El área analizada aquí, comprende la región hidrológica prioritaria río Amacuzac, enmarcada geográficamente entre los polígonos de Latitud 19°13'12" - 17°53'24" N y de Longitud 99°42'36" - 98°37'48" W, con una extensión de aproximadamente 7 924.72 km². Los principales ecosistemas acuáticos en la región, además de los ríos tributarios mayores, lo componen diversos manantiales, lagos y embalses, entre los que se destacan por su volumen los lagos de Tequesquitengo, El Rodeo, Coatetelco, y Zempoala. Dichos ecosistemas acuáticos transcurren por las Áreas Naturales Protegidas; Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa y el Corredor Biológico Chichinautzin. Para el análisis de la fauna de peces de esta región, se ubicaron 28 localidades de recolecta, repartidas de tal manera que abarcan el total de la hidrología de la región y que correspondieron a 24 sitios para los principales ríos, más cuatro localidades en los lagos de la misma región hidrológica (*Tabla 1*).

Material y Métodos

Para los resultados de este proyecto se ejecutaron seis campañas de recolecta, ejecutadas bimensualmente, en los 28 sitios que comprenden a la Región Hidrológica Prioritaria del Río Amacuzac, Morelos, abarcando el cauce principal o río Amacuzac y cuatro de sus principales tributarios; río Chalma, río Apatlaco, río Yautepec y río Cuautla, más cuatro ambientes lénticos de la misma cuenca; lago de Zempoala, lago El Rodeo, lago de Coatetelco y lago de Tequesquitengo. En cada uno de estos sitios realizamos la recolecta de los peces exóticos presentes, para los cual se emplearon técnicas convencionales para la captura de peces, entre las que se sobresalen las redes tipo chinchorro de 3 y 6 m de longitud, con luz de malla de 10 y 20 mm respectivamente, estas artes de pesca se utilizaron en los ambientes lénticos, así como en remansos y en pozas en medios lóticos; redes tipo agallera o trasmallos de 10 y 20 m de longitud, con luz de malla de 600 mm, este tipo de redes se implementaron en medios lénticos y en grandes pozas y remansos de ambientes lóticos. Redes tipo atarraya de 2 m de diámetro y 20 mm de luz de malla, mismas que se emplearon en las zonas de corriente en los medios lóticos. Equipos de pesca eléctrica, que fueron utilizados principalmente en zonas de corriente de los ambientes lóticos con el fin de detectar especies que pudieran evadir las redes. Las recolectas se llevaron a cabo durante los meses de abril-mayo (primera campaña), junio-julio (segunda campaña), septiembre (tercer campaña) y diciembre de 2015 (cuarta campaña) y en los meses de marzo de 2016 (quinta campaña) y mayo del mismo año (Sexta y última campaña). Se estandarizó el uso de los artes de pesca por unidades de esfuerzo de captura, de

esta manera se repitió el mismo número de arrastres de redes, lances de atarraya y el tiempo de uso del equipo de pesca eléctrica para cada uno de los hábitats seleccionados durante todas las campañas de muestreo.

Los organismos recolectados y reconocidos como especies no nativas o exóticas para el área de estudio fueron fijados en formalina al 10% y transportados al laboratorio de Ictiología, en donde se identificaron plenamente a nivel de especie usando las claves taxonómicas pertinentes y se depositaron en la Colección Ictiológica “Dr. Edmundo Díaz Pardo” del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, para su posterior estudio biológico. Del inventario de las especies exóticas curadas, se elaboró una base de datos generada en el programa **Biótica 5.0** que contiene los módulos: nombres comunes, directorio, nomenclatura, ejemplar, geográfico y bibliográfico para cada registro, además de las características asociadas a las especies invasoras y al ecosistema. En esta base de datos se incluyen 1271 registros, de los cuales 442 corresponden a especies exóticas provenientes de los antecedentes de colecciones, más 829 registros producto de las seis campañas de recolecta.

Los atributos poblacionales analizados para el conjunto de la muestra y para cada una de las especies exóticas invasoras fueron: abundancia absoluta reconocida por el número total de individuos capturados de cada especie, mientras que la abundancia relativa da cuenta de la proporción de cada especie dentro del volumen total de la muestra, ambas medidas fueron analizadas para cada una de

las campañas de recolecta así como el análisis del total de las campañas del proyecto.

Por otro lado, se analizaron los contenidos estomacales y los órganos reproductivos de las especies exóticas, esto con el fin de determinar preferencia de dietas entre las especies y reconocer las temporadas reproductivas de las mismas. Para la identificación de los contenidos estomacales y el análisis gonádico, se seleccionó una sub-muestra de entre 25 a 30 ejemplares de cada especie (cuando el número de ejemplares capturados fue suficiente), por cada una de las campañas de recolecta, los cuales fueron diseccionados en su cavidad visceral y extraídos los órganos internos, estómago y gónadas de cada especie, a fin de reconocer entre estos los cambios en la dieta por temporada, así como las etapas del desarrollo reproductivo (estadios gonádicos), peso de la gónada y número de ovocitos o embriones y el índice gonadosomático. Para este último se utilizará la clasificación de Nikolsky, 1976.

De cada una de las especies exóticas identificadas morfológicamente, se tomó una muestra de tejido que consistió en una pequeña porción de la aleta pectoral derecha de cinco organismos de todas las especies no nativas, el tejido se conservó en alcohol absoluto y se congeló en Nitrógeno líquido para evitar la degradación del ADN. Se ejecutaron dos métodos distintos de extracción del material genético: extracción bajo el método Fenol/Cloroformo de Hillis *et al.* (1996), y con el kit de extracción DNeasy Tissue & Blood (Qiagen, Valencia, CA, USA).

De cada una de las especies encontradas durante el proyecto, sean estas establecidas o no, se elaboró una ficha técnica, misma que contiene; la imagen fotográfica del la especie, su posición taxonómica, origen biogeográfico y una breve descripción de la especie. Con esta información, junto con la recabada en la bibliografía especializada, se elaboró un catálogo ilustrado que contiene las 10 preguntas necesarias para la aplicación del Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI). (Golubov *et al.* 2014), el cual fue ejecutado para cada especie y comparado los resultados con los aplicados a las respuestas de la misma índole del métodos FISK (Fish Invasiveness Scoring Kit).

Resultados

Inventario de las especies invasoras en el área

Se completaron satisfactoriamente las seis campañas de muestreo que representan el total de las recolectas programadas, iniciando la primera en los meses de abril y mayo de 2015, que corresponden a los meses más secos y por lo tanto a un menor caudal en el flujo de agua; mientras que los muestreos de las campañas de junio y septiembre corresponden a la temporada mas húmeda en la región, concluyendo con la última campaña ejecutada el mes de mayo de 2016 con lo que se completó un ciclo anual de registro. Durante esta fase, 28 sitios fueron analizados en su composición faunística de manera bimensual, completaron de esta manera un total de 168 puntos de recolecta durante el ciclo. (*Tabla 1*). Del total de la muestra recogida, se identificaron plenamente un total de 24 especies exóticas (ver tabla), las cuales pertenecen a 23 géneros y nueve familias. La familia con la mayor diversidad correspondió al grupo de los Cíclidos con ocho

especies, seguido de los Ciprínidos y los Poecílidos, con cuatro especies por cada familia, mientras que las familias con una única especie son: Clupeidae, Ictaluridae, Salmonidae y Osphronemidae (*Tabla 22*).

Listado de las especies de peces no nativos capturadas en los ecosistemas acuáticos de la región hidrológica cuenca del Río Amacuzac en el Estado de Morelos. Correspondiente al inventario de las especies invasoras del proyecto LI006 CONABIO "*Peces Exóticos invasores en la región hidrológica prioritaria río Amacuzac, Morelos*".

Familia	Especie	Nombre común
Clupeidae	<i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867)	Platilla
Cyprinidae	<i>Danio rerio</i> (Hamilton, 1822)	Cebra
	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)	Carpa
	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	Carpa
	<i>Pethia conchonius</i> (Hamilton, 1822)	Barbo rosado, Sandía
Loricariidae	<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i> (Weber, 1991)	Limpia vidrios, Pez diablo
	<i>Pterygoplichthys pardalis</i> (Castelnau, 1855)	Limpia vidrios, Pez diablo
Ictaluridae	<i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818)	Cuatete
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Trucha
Poeciliidae	<i>Poeciliopsis gracilis</i> (Heckel, 1848)	Pintos
	<i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel, 1848)	Jarocho
	<i>Xiphophorus helleri</i> (Heckel, 1848)	Cola de Espada
	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)	Guppy
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802)	Lobina

	<i>Lepomis macrochirus</i> (Rafinesque, 1819)	Mojarra
Cichlidae	<i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Günther, 1867)	Convicto
	<i>Thorichthys maculipinnis</i> (Meek, 1904)	Boca de fuego
	<i>Andinoacara rivulatus</i> (Günther, 1860)	Terror verde
	<i>Herichthys cyanoguttatus</i> (Baird & Girard, 1854)	Texano
	<i>Hemichromis bimaculatus</i> (Gill, 1862)	Cíclido joya
	<i>Melanochromis auratus</i> (Boulenger, 1897)	Cíclido Caramelo
	<i>Pseudotropheus johannii</i> (Eccles, 1973)	Cobalto
	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)	Mojarra tilapia
Osphronemidae	<i>Trichogaster lalius</i> (Hamilton, 1822)	Colisa

Análisis de los atributos poblacionales

Los resultados referentes a los atributos poblacionales de las especies exóticas invasoras en la región hidrológica, indican que la abundancia absoluta del total de las especies en la muestra fue 47 263 ejemplares, de los cuales 27 444 corresponden a una sola especie, *Poeciliopsis gracilis*, seguidos de *Heterandria bimaculata* con 10 157 organismos, de tal manera que entre ambas especies de la familia Poeciliidae componen el 79.5% de la población total a lo largo de ciclo

analizado, mientras que las especies *Pethia conchonius*, *Ictalurus punctatus*, *Lepomis macrochirus*, *Melanochromis auratus* y *Pseudotropheus johannii*, aparecieron en la muestra con menos de 5 ejemplares por especie, por lo que este grupo representan apenas el 0.01% del total. Por otro lado, la muestra del mes de marzo de 2016 fue la de mayor abundancia con 13 451 organismos, el 28.5 % de la muestra, mientras que la campaña de muestreo con el menor número de organismos fue la del mes de abril de 2015, con 3 777 ejemplares, el 8% de la muestra (Tabla 21, Tablas de la 2 a la 19). De modo general, las especies con el mayor número de individuos siempre fueron los peces de la familia Poeciliidae, los cuales componen el 83% de todos los individuos capturado, seguido de los peces de la familia Cichlidae que componen el 14% de la muestra, por lo que entre ambos grupos de especies componen el 97.6% de todos los peces capturados. Probablemente las ventajas reproductivas hacia la viviparidad para los Poecílicos y el cuidado parental de las Cíclidos, les favorezcan en una alta tasa de sobrevivencia en el ambiente.

Del análisis parcial de los contenidos estomacales, 14 de las 24 especies exóticas de peces detectadas en la cuenca del río Amacuzac se colocaron dentro de gremios tróficos (Tabla 20), de tal manera que se ordeno en cinco gremios tróficos que integran a las especies analizadas. Los gremios tróficos que agrupan un mayor número de especies fueron "Insectívoro" y "Detritívoro", con cinco especies cada grupo; *O. mykiss*, *H. bimaculata*, *A. nigrofasciata*, *T. maculipinnis* y *A. rivulatus*, en el primer caso y *D. petenense*, *P. pardalis*, *P. disjunctivus*, *P. gracilis* y *X. helleri*, para en el segundo. En el gremio trófico "Omnívoro" se incluye

únicamente a dos especies; *I. punctatus* y *O. mossambicus*. Los gremios tróficos restantes poseen sólo una especie cada uno. "Piscívoro" (*M. salmoides*) y "Moluscívoro" (*H. cyanoguttatus*). Las especies exóticas restantes no fueron analizadas debido a diversas causas que se especifican en la tabla correspondiente. Pese a la posible existencia de variación temporal y espacial en la disponibilidad de recursos alimenticios dentro de la cuenca del río Amacuzac, no se detectaron fluctuaciones en los componentes alimenticios que integran la dieta de las especies exóticas de peces analizadas. El grado de identificación taxonómica al que se sometieron los componentes alimenticios durante el análisis cualitativo de los mismos, no permitió evidenciar la existencia de cambios en la dieta que se reflejaran en la agrupación de las especies en gremios tróficos diferentes a los que se realizó. Aunque si bien, se observó la existencia de individuos de las diferentes especies que consumieron componentes alimenticios diferentes a los del resto de la población, estos cambios no se consideraron importantes y se atribuyeron a ingesta incidental.

Con la finalidad de conocer algunos aspectos reproductivos de las especies exóticas de peces presentes, se llevaron a cabo la revisión de maduración gonádica, índice gonadosomático (IGS) y proporción sexual en submuestras de dichas especies. Se obtuvo información referente a la reproducción únicamente en las especies de *A. nigrofasciata*, *X. helleri*, *O. mykiss*, *P. pardalis*, *P. disjunctivus*, *P. gracilis*, *H. bimaculata*, *A. rivulatus*, *T. maculipinnis* e *I. punctatus* (diez especies), en el resto de las especies reportadas fue imposible obtener datos reproductivos debido principalmente al bajo número de individuos obtenidos a lo

largo de las seis campañas de recolecta comprometidas. Se observó que, en la mayoría de las especies analizadas, los picos reproductivos, dados por valores máximos del IGS, se presentan en meses que corresponden a la temporada de estiaje en la región (entre septiembre y marzo). *P. pardalis* y *P. disjunctivus* son las únicas especies en las que la reproducción ocurre en los meses de mayor precipitación pluvial (Julio y septiembre). (ver apéndice, Gráficas análisis reproductivos).

Base de datos (Biótica 5.0)

El total de los registros de las especies exóticas invasoras, producto de las seis campañas de recolecta, están ingresados en la base de datos **Biótica 5.0**, la cual está elaborada de acuerdo con el instructivo para la conformación de bases de datos de inventarios biológicos compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad 2013, y los campos de acuerdo al apéndice “Diagnóstico de acciones y manejo de poblaciones de especies exóticas invasoras en áreas prioritarias para la conservación en México y Propuestas para su manejo, 2013”, La base de datos contiene 1271 registros de las especies exóticas invasoras para la región hidrológica del Amacuzac, en Morelos, de los cuales 442 corresponden a registros históricos de la colecciones consultadas, más 829 nuevos registros producto del total de las campañas de recolectas, por lo que se entregan 169 registros adicionales de los 660 comprometidos. En esta base de datos se incluye la información completa de las siguientes carpetas: Nombres comunes, Directorio, Nomenclatural, Ejemplar, Ecología, Geográfico y Bibliografía.

Catálogo ilustrado

Como resultado del proyecto, se diseñó un catálogo ilustrado que además de las imágenes de 24 especies recolectadas a los largo de seis campañas, el manuscrito contiene el resultado del inventario completo de las especies invasoras en la región, la ficha técnica de cada especie, datos de tipo taxonómico, geográficos y biológicos, además de las respuesta a la 10 preguntas para evaluaciones del análisis de ponderación rápida para especies invasoras MERI. De esta manera, a partir de las diversas fuentes de información consultadas en torno a las 24 especies identificadas como exóticas para la región hidrológica del Amacuzac, se evaluó el riesgo de invasión por parte de estas especies, los resultados arrojan que de las 24 especies valoradas, 14 fueron obtuvieron valores de riesgo por arriba de 0.5, por lo que se consideran con un riesgo de invasión muy alto, usando el esquema del MERI; *Danio rerio*, *Carassius auratus*, *Cyprinus carpio*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Pterygoplichthys pardalis*, *Ictalurus punctatus*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus helleri*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, *Amatitlania nigrofasciata*, *Hemichromis bimaculatus*, *Oreochromis mossambicus* y *Trichogaster lalius*. Mientras que únicamente para una especie, *Pseudotropheus johannii*, presentó un valor de riesgo bajo. En contraste, usando el protocolo de evaluación de riesgo FISK, únicamente *Lepomis macrochirus* y *Cyprinus carpio*, tuvieron valores altos de invasión, mientras que para el resto de las especies el valor arrojado por este método fue medio y ninguna especie presentó valores bajos. Es importante apreciar que las especies *Danio rerio*,

Poecilia reticulata, *Lepomis macrochirus* y *Trichogaster lalius*, a pesar de presentar valores muy altos de riesgo invasión en ambos análisis, durante el periodo del desarrollo del proyecto, estas especies aparecieron en las capturas de manera esporádica y en algunos casos con poblaciones significativamente abundantes, aunque al concluir el periodo de monitoreo de esta región estas especies aparentemente no habían conseguido establecerse en la región. En contraste, los peces de la familia Poeciliidae, *Poeciliopsis gracilis* y *Heterandria bimaculata*, presentaron valores de invasión medio con el método FISK y alto con MERI, sin embargo, son las especies con el mayor número de organismos dentro del área de analiza, además de presentar el mayor rango de distribución.

Análisis comparativo MERI, FISK

A pesar de que el MERI es una metodología de menor complejidad que FISK, en cuanto al nivel de las preguntas por evaluar, los resultados bajo este esquema coinciden de manera más clara con los valores preestablecidos para muchas de las especies consideradas como invasoras en el orden global. En este caso, para el grupo de especies aquí evaluadas y bajo los esquemas de FISK, únicamente dos especies obtuvieron valores altos de riesgo, *Cyprinus carpio* y *Lepomis macrochirus*, a pesar de encontrarse entre el grupo examinado especies clasificadas como altamente invasivas en México, como *Danio rerio*, *Cyprinus carpio*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Pterygoplichthys pardalis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Amatitlania nigrofasciata* y *Oreochromis mossambicus*, las cuales bajo el análisis MERI, obtuvieron los valores más altos (Gido y Brown, 1999; Lowe *et al.* 2000; CONABIO, 2006; Mastitsky *et al.* 2010; Hutchinson *et al.* 2011; Nico y

Walsh, 2011; Almeida *et al.* 2013; Ganie *et al.* 2013; Puntilla *et al.* 2013; Vilizzi y Copp, 2013; González *et al.* 2014; Tarkan *et al.* 2014; IUCN, 2015; FWS, 2015; Lawson *et al.* 2015; Mendoza *et al.* 2015; Quenton y Jeffrey, 2015; Thieme *et al.* 2005; Ujjania *et al.* 2015; Perdikaris *et al.* 2016; Piria *et al.* 2016).

Por otro lado, el número de preguntas (49) por responder para el esquema de FISK, es evidentemente más riguroso y por lo tanto requiere de mayor atención en cuanto al tiempo requerido para recabar la información necesaria, contrario a MERI que en solo 10 preguntas de distintos criterios, nos permite obtener una primer alerta del grado de riesgo de invasión.

Análisis genético

El análisis genético permitió corroborar la identidad taxonómica de la mayoría de las especies exóticas presentes en el río Amacuzac, aunque es importante validar con métodos morfológicos, merísticos y morfométricos, así como con la ayuda de otros marcadores moleculares tanto mitocondriales como nucleares. El caso particular del análisis genético molecular de este proyecto, fue examinar a este nivel taxonómico el aislamiento reproductivo entre el bagre endémico del Balsas *Ictalurus balsanus* y su co-genérico introducido *Ictalurus punctatus*, sin embargo, usando este marcador molecular no fue posible detectar algún rasgo de la recombinación genética de ambas especies por lo que se descarta la posibilidad reconocer organismos híbridos, al menos dentro de la muestra examinada, ya que el 100% de los organismos identificados morfológicamente como *I. punctatus* pertenecieron molecularmente a esta

especie, y lo mismo ocurrió para *I. balsanus*. Se sugiere la implementación de marcadores nucleares para la identificación de aquellos peces con características morfológicas distintivas, con el fin de confirmar o descartar la existencia de organismos híbridos entre estas dos especies. En el caso de las especies identificadas *a priori* dentro del género *Oreochromis*, cuando se corroboró la identidad taxonómica, los diferentes organismos secuenciados tuvieron similitud molecular en un 99% con diferentes especies de *Oreochromis*; *O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus* X *O. mossambicus* y *O. niloticus* X *O. aureus*. Estas dos últimas indican la probable presencia de híbridos, sin embargo, con el marcador molecular *coxI* no es posible discernir si se tratan o no de organismos híbridos, por lo que recomendamos la aplicación de diferentes herramientas como la morfometría geométrica y la implementación de marcadores moleculares para su corroboración.

Conclusión

La fauna de peces exóticos en los ecosistemas acuáticos naturales de la región hidrológica del río Amacuzac en Moleros, esta mostrando un incremento significativo en el número de especies, estos cambios en la composición han sido más evidentes en los últimos 30 años, en donde desde finales de años 90s en los que se tenían registradas 14 especies (Contreras *et al.* 1998), se a incrementado hasta cuantificar 24 especie capturadas durante el desarrollo de este proyecto. Sin embargo, considerando que a pesar de que al menos ocho de las especies registradas no pueden en este momento ser consideradas como establecidas, al menos cuatro de ellas fueron valoradas con un grado muy alto de potencial de

invasión bajo los esquemas de la evaluación de riesgo. El caso particular de *Hemichromis bimaculatus* o Cíclido joya, es posiblemente la especie que presenta el mayor potencial de establecer una población viable en el área, aunque el número de individuos capturados durante el estudio fue bajo, estos estuvieron presentes en al menos la mitad del ciclo de muestra, con presencia en un misma área de uno de los tributarios del Amacuzac. Así mismo, resulta preocupante que al menos 13 de las especies presente en el Amacuzac tengan reporte positivo de riesgo de invasión en México (González *et al.* 2014; Mendoza *et al.* 2015)

Dentro del grupo de peces ornamentales que actualmente se cultivan en las unidades piscícolas de Morelos, son la especies de la familia Cichlidae los peces que mayor demanda tienen, 22 especies se reproducen en estas unidades y una buena parte de estas tienen reporte de invasión en otras regiones del mundo y no han sido valorado su potencial de invasión para México (Martínez y Herrera 2016), por lo que es necesario evaluar las capacidades de invasión para estas especies. De las especies registradas en los ríos y lagos de Morelos, el grupo de Cíclidos son también los peces con el mayor número de especies invadiendo los ecosistemas acuáticos, seis de ellos reconocidos aquí con un alto potencial de invasión.

Dentro de este grupo de Cíclidos, las especies del género *Oreochromis* históricamente comprenden a los primeros organismos introducidos intencionalmente dentro de los ecosistemas naturales, actividad que se inicio a partir de los años cincuenta del siglo pasado cuando se impulsó en Morelos el desarrollo de la acuacultura para la producción de alimento de consumo humano,

este programa se inicio con la intención de desarrollar actividades de acuacultura en estanques y posteriormente se libraron en los ecosistemas naturales, con la intención de fomentar las actividades pesqueras en los cuerpos de agua en el medio rural (Ramírez *et al.* 2010). Esta actividad continúa siendo una práctica común, coordinada por el gobierno local y acordar sus propias estrategias de desarrollo rural pesquero (Ibañez *et al.* 2011). Sin embargo, la identidad taxonómica de estas especies siempre ha sido discutida. El hecho de reconocer híbridos entre de las distintas especies del género *Oreochromis* en organismos capturados en los ecosistemas naturales analizados, confirma la problemática ya reconocida del inadecuado manejo en las estrategias de cultivo de este grupo de especies y la dispersión en el ambiente a través de la siembra o agregación de estos al ecosistema (Barriga-Sosa *et al.* 2004).

Por otro lado, el análisis genético de las especies *Pterygoplichthys disjunctivus* y *Pterygoplichthys pardalis*, diferenciadas morfológicamente *a priori*, demuestran la presencia de una sola especies en la región de Amacuzac, pues las secuencias moleculares para ambas especies coincidió al 100% entre ambas y con cualquiera de las dos especies nominadas en los bancos genéticos. Es posible que el Plecos presente en la cuenca del Amacuzac tengan un origen híbrido previo a su introducción o que algunas de las dos especies sea una sinonimia sobre la otra, sin embargo esto requiere de un análisis más detallado de la variación morfológica y genética de las especies presentes en México.

Los peces vivíparos de la familia Poeciliidae, son por mucho las especies más abundantes en el área examinada, estos componen el 83% de todos los

individuos capturado, es probable que la amplia distribución y dominancia por parte de este grupo puede atribuirse a que las características biológicas de las especies que lo integran, debido a que en general presentan una alta tasa reproductiva, la reducida talla en la que alcanzan la madurez sexual y una amplia temporada reproductiva, además de nivel trófico en el que se encuentran es bajo por lo que la disponibilidad de alimento no es una limitante para el crecimiento poblacional de estas especies. En este sentido, la clasificación de las especies exóticas invasoras dentro de gremios ecológicos o grupos funcionales otorga ventajas, o se complementa con la diferenciación taxonómica, debido a que provee un mejor entendimiento de la estructura, el funcionamiento y la conectividad en los sistemas ecológicos, incluso permite integrar a las especies de distinto origen, esto es importante en la actualidad debido a las altas tasas de introducción de especies exóticas en los ambientes naturales en la cuenca del Amacuzac, pues puede señalar como repercute la adición o eliminación de especies en los procesos ecosistémicos, permitiendo tener un marco de referencia que nos permita definir que especies son las más susceptibles a declinar o invadir áreas mayores.

Referencias

- Andrew L. Chang, Judah D. Grossman, Teresa Sabol Spezio, Heidi W. Weiskel, Julia C. Blum, Jennifer W. Burt, Adrianna A. Muir, Jonah Piovio-Scott, Kari E. Veblen, Edwin D. Grosholz. 2009. Tackling aquatic invasions: risks and opportunities for the aquarium fish industry. *Biological Invasions* 11:773–785.
- Barriga-Sosa, I. D. L. A., Jiménez-Badillo, M. D. L., Ibáñez, A. L., & Arredondo-Figueroa, J. L. (2004). Variability of tilapias (*Oreochromis* spp.) introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(1), 7-14.
- Cassey P., J. L. Lockwood, J. D. Olden and T. M. Blackburn 2008. The varying role of population abundance in structuring indices of biotic homogenization. *Journal of Biogeography* 35, 884–892
- Canonico, G.C., Arthington, A., McCrary, J.K., Thieme, M.L. (2005). The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15:463-483.
- CONABIO. (2016). Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Contreras-Balderas, S. (1999). Annotated checklist of introduced invasive fishes in México, with examples of some recent introductions, p. 33-54. In C. Retana & J.H. Leach (eds.). *Nonindigenous freshwater organisms. Vector, biology, and impacts*. Lewis, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Contreras-Balderas, S. (2000). Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. En: C. Retana & J.H. Leach (Eds.). *Non indigenous freshwater organisms. Vector, biology, and impacts*. Lewis Publishers. Boca Ratón. pp. 33-54
- Contreras-MacBeath, T., Mejía-Mojica, H., & Carrillo-Wilson, R. (1998). Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos, México, from introduced aquarium and other commercial fish. *Aqua. Sci. Conserv.*, 2: 67-78.
- Contreras-MacBeath T. 2005. Fish conservation in Mexico with emphasis in livebearing species. in: *Viviparous fishes*. Edited by M. C. Uribe and H. J. Grier. New Life Publishers. p. 401-414
- Contreras-MacBeath, Ma.T. Gaspar-Dillanes, L. Huidobro-Campos y H. Mejía-Mojica. 2014 Peces invasores en el centro de México. Especies acuáticas invasoras en México, R. Mendoza y P. Koleff (coords.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, DF, 2014, p. 413-424. ISBN:978-607-8328-04-8.

- Cooke, S.J., & Cowx, I.G. (2004). The role of recreational fishing in global fish crises. *Bioscience*, 54: 857-859.
- Darwall W., K. Smith, D. Allen, M. Seddon, G. McGregor Reid, V. Clausnitzer y V. Kalkman. 2009. Freshwater biodiversity: a hidden resource under threat. 43-54 In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor, & S.N. Stuart (eds.). *Wildlife in a changing world—an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland: 180 p.
- Díaz-Pardo, E. 2003. Sistematización de la Colección nacional de peces dulceacuícolas mexicanos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. T027. México, D.F.
- Domínguez-Domínguez O, L. Zambrano, L.H. Escalera-Vázquez, R. Pérez-Rodríguez & G. Pérez-Ponce de León 2008. Cambio en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:501-512.
- Ganie, Mushtaq Ahmad, Mehraj Din Bhat, Mohd Iqbal Khan, Muni Parveen, Balkhi MH *et al.* (2013). Invasion of the Mozambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae; Peters, 1852) in the Yamuna River, Uttar Pradesh, India. *J Ecol Nat Environ*. 5(10) 310:317.
- Gido, K. B., & Brown, J.H. (1999). Invasion of North American drainages by alien fish species. *Freshwater Biology*, 42(2), 387–399
- Gido, K.B., & Franssen, N.R. Invasion of stream fishes into low trophic positions. *Ecol. Freshw. Fish*. 16: 457-464.
- Global Invasive Species Database. (2015) Species profile: *Oreochromis mossambicus*. Downloaded from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=131> on 07-11-2016.
- Gozlan, R.E. (2009). Biodiversity crisis and the introduction of non-native fish: solutions, not scapegoats. *Fish and Fisheries*, 10 1:109-110.
- Golubov F. J, Ma C. Mandujano, S. Guerrero-Eloisa, R. Mendoza A., P. Koleff O., A.I. Gonzalez-Martínez, Y. Barrios C., G. Born-Schmidf. 2014. Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras en Mendoza, R. y P. Koleff (coords). 2014. *Especies Acuáticas Invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

- González, A.I., Barrios, Y., Born-Schmidt, G., y Koleff, P. (2014). El sistema de información sobre especies invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords). *Especies Acuáticas Invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad, México, pp 95-112.
- Helfman S. G. 2007. Fish Conservation. A guide to understanding and restoring global aquatic Biodiversity and Fishery resource. Island. Washington. USA.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L., & de Waard, J.R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of The Royal Society Biological Sciences*, 270: 313-321.
- Hillis, D.M., Moritz, C., & Mable, B.K. (1996). Molecular Systematic. 2a. ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. U.S.A. 651 pp.
- Hutchinson, M., Sarac, Z., & Norris, A. (2011). The potential for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* to invade the Murray-Darling Basin and the likely impacts: a review of existing information. The Murray-Darling Basin Authority. Australia. 51 pp.
- Ibáñez, A. L., Espinosa-Perez, H., & Garcia-Calderón, J. L. (2011). Datos recientes de la distribución de la siembra de especies exóticas como base de la producción pesquera en aguas interiores mexicanas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 904–914.
- Lawson, L.L., Hill, J.E., Hardin, S., Vilizzi, L., & Copp, G.H. (2015). Evaluation of the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK v2) for peninsular Florida. *Management of Biological Invasions*, 6(4), 413–422.
- Lockwood J.L., Martha F. Hoopes & Michael P. Marchetti. 2007. Invasion Ecology. Blackwell, Malden. USA.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database. *The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a Specialist Group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN)*, 12. <https://doi.org/10.1614/WT-04-126.1>
- Lowe, S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI).
- Martínez Castro, A. y Ramírez Herrera, M. 2016. “Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser Especies Exóticas

Invasoras (EEI)” elaborado dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Morelos, México.

Mark A. D. 2009. *Invasion Biology*. Oxford University, Nueva York. USA.

Mastitsky, S.E., Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., & Adamovich, B.V. (2010). Non-native fishes of Belarus: Diversity, distribution, and risk classification using the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK). *Aquatic Invasions*, 5(1), 103–114.

Mendoza, R. y P. Koleff (coords). 2014. *Especies Acuáticas Invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Mendoza, R., Luna, S., & Aguilera, C. (2015). Risk assessment of the ornamental fish trade in Mexico: analysis of freshwater species and effectiveness of the FISK (Fish Invasiveness Screening Kit). *Biological invasions*, 17(12), 3491-3502.

Mejía-Mojica, H., de Jesús Rodríguez-Romero, F., & Díaz-Pardo, E. 2012. Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. *International Journal of Tropical Biology*.

Mejía-Mojica, H., Contreras-MacBeath, T., & Ruiz-Campos, G., 2015. Relationship between environmental and geographic factors and the distribution of exotic fishes in tributaries of the balsas river basin, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 98(2), 611-621

Miller, R. R. 1986. Composition and Derivation of the Freshwater Fish Fauna of México. *Anales de la Escuela nacional de Ciencias biológicas*, México, 30:121-153.

Miller, R.R., W.L. Minckley & S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad Ictiológica Mexicana, El Colegio de la Frontera Sur, Desert Fishes Council, Ciudad de México. 559 p.

Nico, L.G., S.J. Walsh. 2011. Non-indigenous freshwater fishes on tropical islands: A review of eradication efforts. In: Veitch CR, Clout MN, Towns DR (Eds.) *Island invasive: eradication and management*. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission N° 42: 97-107.

Nishizawa, E., Kurokawa, T. and Yabe, M. 2006. Policies and resident's willingness to pay for restoring the ecosystem damaged by alien fish in Lake Biwa, Japan. *Environmental Science and Policy* 9:448–456.

- Perdikaris, C., Koutsikos, N., Vardakas, L., Kommatas, D., Simonović, P., Paschos, I., Copp, G. H. (2016). Risk screening of non-native, translocated and traded aquarium freshwater fishes in Greece using Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries Management and Ecology*, 23(1), 32–43.
- Piria, M., Povž, M., Vilizzi, L., Zanella, D., Simonović, P., & Copp, G.H. (2016). Risk screening of non-native freshwater fishes in Croatia and Slovenia using the Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries Management and Ecology*, 23(1), 21–31.
- Puntilla, R., Vilizzi, L., Lehtiniemi, M., & Copp, G. H. (2013). First application of FISK, the freshwater fish invasiveness screening kit, in Northern Europe: Example of southern Finland. *Risk Analysis*, 33(8), 1397–1403.
- Quenton M.T. & Jeffrey E.H. (2015). A Risk Screen of Important, Freshwater Ornamental Fishes for the United States Using the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK). Final Report to the Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Aquaculture. University of Florida/IFAS, SFRC Program in Fisheries and Aquatic Sciences, *Tropical Aquaculture Laboratory*, 1408 24th Street SE, Ruskin, FL 33570.
- Rahel, F. J. 2002. Homogenization of freshwater fauna. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 33:291–315
- Rajeev, R., Prasad, G., Anvar-Ali, P.H., & Pereira, B. (2008). Exotic fish species in a global biodiversity hotspot: observations from River Chalakudy, part of Western Ghats, Kerala, India. *Biol. Invasions*, 10: 37-40.
- Ricciardi A. 2004. Assessing species invasions as a cause of extinction. *Trends in Ecology and Evolution*. 12:619
- Simberloff, D. (2010). Invasive species, p. 131-152. In N.S. Sodhi & P.R. Ehrlich (eds.). *Conservation Biology for All*. Oxford University, Nueva York, EEUU.
- Soto-Galera, E. Díaz-Pardo, E. López-Lopez y J. Lyons. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma Basin, México. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 1:267–276.
- Soto-Galera, E., J. Paulo-Maya, E. López-López, J. A. Serna-Hernández y J. Lyons. 1999. Change in fish fauna as indication of aquatic ecosystem condition in Río Grande de Morelia-Lago de Cuitzeo basin, Mexico. *Environmental Management* 24:133–140.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M., & Kumar, S. (2011). MEGA5. *Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum*

Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28: 2731-2739.

- Tarkan, A.S., Güler Ekmekçi, F., Vilizzi, L., & Copp, G.H. (2014). Risk screening of non-native freshwater fishes at the frontier between Asia and Europe: First application in Turkey of the fish invasiveness screening kit. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(2), 392–398.
- Thieme, L.M., Abell, R., Burgess, N., Lenher, B., Dinerstein, E. and Olson D. (2005). Freshwater ecoregions of Africa and Madagascar: a conservation assessment. Island press. United States. 202 pp.
- Ujjania, C. N., M. Dubey, L. L. Sharma, V. K. Balai & R. M. Srivastava. (2015). Bio-invasion of exotic fish tilapia (*Oreochromis mossambicus* P. 1852) in Lake Jaisamand, India. *International journal of fisheries and aquatic studies*, 3(2), 174-177.
- Vilizzi, L., & Copp, G. H. (2013). Application of FISK, an invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes, in the Murray-Darling Basin (Southeastern Australia). *Risk Analysis*, 33(8), 1432–1440.
- Ward, R.D. Zemplak, T.S., Innes, B.H., Last, P.R., & Hebert, P.D. (2005). DNA barcoding Australian's fish species. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 360: 1847-1857.
- Welcomme, R.L. (1988). International introductions of inland aquatic species. FAO *Fish. Tech. Pap.* 294., 318.
- Williamson M. 1996., Biological Invasions. Chapman & Hall. Nueva York. USA.

ANEXOS TABLAS Y FIGURAS

Archivo	Formato	Contenido
Tabla 1	Word	Localidades (Texto)
Tabla 2, 3 y 4	Excel	Campaña abril-mayo 2015 Abundancia absoluta de las especies exóticas.
		Campaña abril-mayo 2015 Porcentaje de la población de cada especie exótica
		Campaña abril-mayo 2015 Porcentaje de cada especie exótica
Tabla 5 6 y 7	Excel	Campaña junio-julio 2015 Abundancia absoluta de las especies exóticas
		Campaña junio-julio 2015 Porcentaje de la población de cada especie exótica
		Campaña junio-julio 2015 Porcentaje de cada especie exótica
Tabla 8, 8 y 10	Excel	Campaña Septiembre 2015 Abundancia absoluta de las especies exóticas
		Campaña Septiembre 2015 Porcentaje de la población de cada especie exótica
		Campaña Septiembre 2015 Porcentaje de cada especie exótica por localidad
Tabla 11, 12 y 13	Excel	Campaña Diciembre 2015 Abundancia absoluta de las especies exótica
		Campaña Diciembre, 2015 Porcentaje de la población de cada especie exóticas
		Campaña Diciembre 2015 Porcentaje de cada especie exóticas
Tabla 14, 15 y 16	Excel	Campaña Marzo 2016 Abundancia absoluta de las especies exóticas
		Campaña Marzo 2016 Porcentaje de la población de cada especie exótica
		Campaña Marzo 2016 Porcentaje de cada especie exóticas
Tabla 17, 18 y 19	Excel	Campaña Mayo 2016 Abundancia absoluta de las especies exóticas
		Campaña Mayo 2016 Porcentaje de la población de cada especie exóticas
		Campaña Mayo 2016 Porcentaje de cada especie exóticas por localidad
Tabla 20	Excel	Gremios tróficos de peces exóticos
Tabla 22	Word	Listado de especies exóticas
Tabla 23	Excel	Comparación MERI vs FISK
Gráficas reproducción	Excel	Análisis Reproductivo
FISK	Excel	Análisis FISK
MERI	Excel	Análisis MERI