ESPECIES EXÓTICAS DE PECES ORNAMENTALES EN MÉXICO

...UN EXTRAÑO ENEMIGO

ESPECIES EXÓTICAS DE PECES ORNAMENTALES EN MÉXICO

...UN EXTRAÑO ENEMIGO

Especies exóticas de peces ornamentales en México:
un extraño enemigo

Roberto Eduardo Mendoza Alfaro, Sergio Luna, Israel Rojo Ramos, Flor Sánchez-Alejandro y Lizeth Álvarez González

Coordinadores editoriales:

María del Carmen Mandujano
(Instituto de Ecología, UNAM)

Jordan Golubov
(Universidad Autónoma Metropolitana –Xochimilco, UAM-X)

Patricia Koleff Osorio
(Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Conabio)

Universidad Nacional Autónoma de México

Catalogación en la publicación UNAM. Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información
Nombres: Mendoza Alfaro, Roberto Eduardo, autor. | Luna, Sergio, autor. | Rojo Ramos, Israel, autor. | Sánchez-Alejandro, Flor, autor. | Álvarez González, Lizeth, autor.
Título: Especies exóticas de peces ornamentales en México: un extraño enemigo / Roberto Eduardo Mendoza Alfaro, Sergio Luna, Israel Rojo Ramos, Flor Sánchez-Alejandro y Lizeth Álvarez González.
Descripción: Primera edición. | Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2023.
Identificadores: LIBRUNAM 2218127 (libro electrónico) | ISBN 9786073076951 (libro electrónico) (epub).
Temas: Peces exóticos -- México. | Peces ornamentales -- México.
Clasificación: LCC SF458.83.M4 (libro electrónico) | DDC 333.9553099616—dc23

Especies exóticas de peces ornamentales en México: un extraño enemigo es una publicación de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, apoyada para su elaboración con los recursos económicos del proyecto “Gestión y divulgación de información de especies invasoras para México” (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Fondo para el Medio Ambiente Mundial GEF Global Environmental Facility-PNUD-GEF; clave: CONABIO 502) y la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X).

Primera edición: junio de 2023

D. R. © 2023 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.
Instituto de Ecología
www.ecologia.unam.mx

ISBN: 978-607-30-7695-1
DOI: https://doi.org/10.22201/ie.9786073076951e.2023

Coordinación editorial
María del Carmen Mandujano Sánchez (Instituto de Ecología, UNAM)
Jordan Golubov (Universidad Autónoma Metropolitana –Xochimilco, UAM-X)
Patricia Koleff Osorio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Conabio)

Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.

Formación en EPUB
Brenda Hernández Chávez

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Hecho en México/ Made in Mexico

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2023. Especies exóticas de peces ornamentales en México: un extraño enemigo. Roberto Eduardo Mendoza Alfaro, Sergio Luna, Israel Rojo Ramos, Flor Sánchez-Alejandro y Lizeth Álvarez González. Universidad Nacional Autónoma de México Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. 279 pp.

Índice

Introducción

Métodos

- FISK
- Modelado de distribución potencial
- Análisis estadístico
- Resultados
- Discusión
- Agradecimientos

Fichas

- Ficha ejemplo Nombre científico, Autor y fecha, nombre común
- *Amatitlania nigrofasciata* Günther, 1867 Cíclido convicto
- *Amphilophus citrinellus* Günther, 1864 Cíclido Midas
- *Arapaima gigas* Schinz, 1822 Paiche
- *Astronotus ocellatus* Agassiz, 1831 Óscar
- *Astyanax mexicanus* De Filippi, 1853 Sardinita mexicana
- *Barbodes semifasciolatus* Günther, 1868 Barbo dorado
- *Barbonymus schwanenfeldii* Bleeker, 1854 Barbo hojalata
- *Beaufortia leveretti* Nichols & Pope, 1927 Come algas chino
- *Betta splendens* Regan, 1910 Betta
- *Carassius auratus* Linnaeus, 1758 Carpa dorada
- *Channa micropeltes* Cuvier, 1831 Cabeza de serpiente rojo
- *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 Carpa común
- *Danio rerio* Hamilton, 1822 Pez cebra
- *Gymnocorymbus ternetzi* Boulenger, 1895 Monjita

Hemichromis bimaculatus Gill, 1862 Cíclido joya

Hemichromis guttatus Günther, 1862 Pez joya manchado

Herichthys cyanoguttatus Baird & Girard, 1854 Mojarra del norte

Heros severus Heckel, 1840 Cíclido de franjas

Heterotilapia buttikoferi Hubrecht, 1881 Tilapia cebra

Hypostomus plecostomus Linnaeus, 1758 Pleco

Lepisosteus platostomus Rafinesque, 1820 Pejelagarto hocico corto

Melanochromis auratus Boulenger, 1897 Cíclido dorado

Misgurnus anguillicaudatus Cantor, 1842 Misgurno de Asia

Pangasianodon hypophthalmus Sauvage, 1878 Tiburón tres líneas

Parachromis managuensis Günther, 1867 Jaguar guapote

Pethia conchonius Hamilton, 1822 Barbo rosado

Piaractus brachypomus Cuvier, 1818 Cachama

Poecilia reticulata Peters, 1859 Gupi

Poecilia sphenops Valenciennes, 1846 Molly

Poecilia velifera Regan, 1914 Topote aleta grande

Pterophyllum scalare Schultze, 1823 Pez ángel

Pterygoplichthys disjunctivus Weber, 1991 Plecóstoma rayado

Pterygoplichthys gibbiceps Kner, 1854 Pleco leopardo

Pterygoplichthys pardalis Castelnau, 1855 Plecóstoma del Amazonas

Puntigrus tetrazona Bleeker, 1855 Barbo tigre

Rineloricaria parva Boulenger, 1895 Vieja del agua

Thorichthys meeki Brind, 1918 Mojarra boca de fuego

Trichogaster lalius Hamilton, 1822 Gurami enano

Trichogaster leerii Bleeker, 1852 Gurami perla

Trichopodus trichopterus Pallas, 1770 Gurami azul

Trichromis salvini Günther, 1862 Guapote tricolor

Xiphophorus hellerii Heckel, 1848 Cola de espada

Xiphophorus maculatus Günther, 1866 Platy

Xiphophorus variatus Meek, 1904 Espada de Valles

Referencias

Prefacio

Las amenazas mejor conocidas para la biodiversidad y la propia humanidad son la pérdida y transformación de los hábitats, la producción de gases de efecto invernadero, el cambio climático, la contaminación y las especies exóticas invasoras (EEI). Las EEI tienen tres características que las diferencian de las demás especies, se encuentran fuera de su rango de distribución natural o histórica al haber sido transportadas por humanos, pueden completar su ciclo de vida en el nuevo ambiente y causan algún tipo de impacto o alteraciones negativas no previstas de índole económico social o sobre la biodiversidad. Podemos encontrar EEI en todos los continentes y ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, sin embargo, el reto es mayúsculo en los sistemas acuáticos porque los cambios no son evidentes, requerimos sumergirnos para ver lo que hay. Esto implica que los ecosistemas marinos, salobres y de agua dulce son en general menos conocidos e investigados, porque recabar información en ellos conlleva un costo mayor en recursos y tiempo que en los sistemas terrestres. Además, la conectividad en los sistemas acuáticos es mucho mayor, haciendo el control y la contención de escapes de EEI muy complicados. El impacto es claro, los ecosistemas acuáticos son en donde se encuentran los grupos de vertebrados más amenazados: los peces y los anfibios. Aun así, la fascinación por el agua, admirar

peces vistosos en un arrecife o en un acuario es algo que compartimos los seres humanos.

Dar a conocer, visualizar y priorizar las EEI es la meta primordial de la obra que estamos compartiendo con gran honor. El contenido de este libro enfocado en peces ornamentales exóticos, potencialmente invasores, es el resultado de una de las investigaciones más extensas que forman parte de un proyecto financiado por el Fondo para el Medio Ambiente mundial (GEF, Global Environmental Facility), operado con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que contó con la colaboración de múltiples instituciones entre la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Profepa (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), GECI (Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C.), entre otras. En el proyecto se abordaron aspectos de diagnóstico, detección y erradicación de especies exóticas invasoras, y de manera muy importante, su difusión como uno de los temas clave de la prevención y manejo.

Difundir la identidad y los riesgos de las EEI es un elemento central en cualquier estrategia que atienda los problemas impuestos por las

invasiones biológicas, el eje es poner al alcance de la mayoría la información histórica y sus detalles biológicos para reconocer, considerar y entender el riesgo que implica la introducción de organismos. Muchas de las especies incluidas en esta obra, afortunadamente, no se han detectado en ecosistemas de México, aún no las hemos conocido o pensado en ellas. Desafortunadamente están a la puerta de nuestros ecosistemas, puesto que se comercializan ampliamente en el acuarismo y se producen o importan miles de especies y variedades año con año. Estos factores de riesgo constituyen una especie de ruleta rusa, ya que en ocasiones algunas de estas especies tienen características que las convierten en invasoras y/o son liberadas en ambientes propicios para su crecimiento poblacional. Esto lamentablemente ya ha sucedido en México, como es el caso de los plecos en Michoacán y Tabasco, el cíclido joya en Cuatrociénegas, Coahuila y el cíclido convicto en Morelos, por nombrar algunas. De tal manera que reconocer una especie exótica, desde los aspectos básicos de su biología y alertar sobre los impactos que su liberación al medio natural ha tenido en otros puntos del planeta, puede ayudar a evitar que estas especies se adicionen a la ya amplia lista de EEI que hay en México y prevenir el daño potencial, y los costos económicos y sociales que pueden causar.

Existe también un deseo persistente en los miembros de toda

sociedad por adoptar mascotas o desear ejemplares raros y bellos de la flora y fauna silvestres que vemos en un acuario, un libro, en internet, o en una película y no todos se conforman con un muñeco de trapo, plástico o de peluche. El mercado de mascotas incrementó las ventas de peces arrecifales como el pez payaso, *Amphiprion ocellaris,* originario del océano Índico y Pacífico occidental, el camaleón verde tierno, un reptil de la familia Chamaeleonidae procedente de Madagascar, o tortugas marinas y terrestres, después de películas exitosas. El intercambio y tráfico legal o ilegal de especies tiene dos caras filosas, por una parte, las especies son sustraídas de su hábitat natural teniendo un efecto devastador sobre las poblaciones naturales; muchas especies enfrentan un riesgo de extinción por saqueo de organismos o propágulos en sus sitios de origen. Por otra parte, los organismos de especies con características altamente invasivas pueden ser liberados intencional o accidentalmente y establecer poblaciones, dispersarse y causar daños, reconociéndolas entonces como especies exóticas invasoras fuera de su distribución. Esto sin duda nos obliga a tomar medidas de prevención y difusión de las especies potencialmente riesgosas para adoptar protocolos de bioseguridad con medidas de prevención y contención de liberaciones accidentales, decisiones que deben estar basadas en la investigación científica de calidad, además de fomentar el aprovechamiento de especies nativas, proponiendo alternativas locales para promover la conservación de la

biodiversidad regional.

Roberto Mendoza Alfaro, Sergio Luna, Israel Rojo Ramos, Flor Sánchez y Lizeth Álvarez González han preparado un análisis sintético de los peces más usados y comercializados en el acuarismo en México a partir de años de investigación. Varias de las especies descritas en la obra son especies exóticas invasoras en otros países como Australia, Estados Unidos, Brasil, y por lo tanto, con base en sus características podemos inferir que representan un riesgo inminente, puesto que sabemos que su liberación ha tenido impactos considerables generando la extinción de otras especies, modificando los cuerpos de agua, física y químicamente, y degradando de forma irreversible diversos sistemas acuáticos. El libro tiene un análisis validado con técnicas reconocidas a nivel mundial y cuidadoso de los riesgos cuantitativos que tiene cada especie incluida en la obra, y se presentan de forma atractiva para el lector 44 fichas informativas y sintéticas con información del riesgo, daños que causan, área de distribución original y sitios probables de mayor impacto en México, si es que estas especies llegarán a ser liberadas.

“Jugaremos en el bosque mientras el lobo no está” son frases de cuentos y juegos de la infancia que podemos recordar, contienen advertencias alegóricas como “ahí viene el lobo”. Ahora, nuestra juventud no ha probado estos juegos del ayer, no solamente porque

está absorta por la tableta y los juegos de computadora, y la percibimos con integrantes fanáticos de los mundos de zombis, genios y magos como “gamers”, también es la inseguridad del vecindario y además que, ya no es más la alegoría: no tenemos más que fragmentos de bosques y en el mundo real el lobo ya no está (al menos el lobo mexicano). En tiempos recientes, lamentablemente, también nos ha tocado escuchar sobre la extinción del rinoceronte negro que, por el fanatismo de la virilidad, llegaron a ser asesinados en los zoológicos para robar su cuerno, y el pescado blanco del lago de Chapala en Jalisco, *Chirostoma sphyraena*. ¿Es la extinción la muerte del último ejemplar? Tal vez es solamente el colofón de la “Crónica de una muerte anunciada” de García Márquez. La reflexión sobre lo que ha ocurrido es trascendente, las experiencias en otros países con EEI, la historia de las extinciones y de la degradación de nuestro planeta en aras de la comodidad, el vacío de flora y fauna silvestre en nuestros mares de asfalto, el coleccionismo egoísta o el manejo inadecuado de instalaciones productivas de acuacultura, mantener un acuario o desmantelarlo y peor aún, liberar a esos bellos peces a la vida libre, en un ecosistema al que no pudieron haber llegado sin intervención humana, son algunas de las actividades que requieren transformarse, como una meta común para contribuir a cambiar estas tendencias y transformar el voraz e irracional consumo de nuestra sociedad. Esperamos que este libro contribuya a despertar el interés sobre las especies exóticas

invasoras, ya que conociendo sus efectos podemos hacer mucho para prevenir y evitar la proliferación de especies nocivas para nuestra economía, nuestra salud y nuestro planeta.

María C. Mandujano

Jordan Golubov

Patricia Koleff

Coordinadores de la obra

Ciudad de México, 2022

GEF-5 (2012-2019) Proyecto GEF Invasoras: “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI” (https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/proyecto).

Especies exóticas de peces ornamentales en México: un extraño enemigo

Roberto Eduardo Mendoza Alfaro[1], Sergio Luna[1], Israel Rojo Ramos[2], Flor Sánchez[1] y Lizeth Álvarez González[3]

Resumen

El acuarismo ha sido reconocido como una de las principales vías de introducción de peces exóticos invasores como resultado del comercio de 5000 especies diferentes a nivel mundial. En México se producen más de 60 millones de peces de ornato de 160 especies en 700 unidades de producción y se importa una cantidad similar. Lamentablemente durante muchos años la acuicultura ornamental se ha desarrollado significativamente con la carencia de análisis de riesgos con consecuencias negativas derivadas del movimiento de este enorme número de peces. La identificación oportuna de especies de alto riesgo resulta fundamental considerando la amenaza potencial a la biodiversidad. Considerando este contexto, resulta imprescindible identificar las especies de alto riesgo con el fin de establecer medidas para la prevención de su introducción. Entre los diferentes enfoques para identificar las especies de alto riesgo destaca el *Fish Invasiveness Screening Kit* (FISK). Utilizando esta herramienta el presente estudio permitió: 1) la identificación de peces de alto riesgo dentro de 44 de las especies ornamentales

comercializadas en México (producidas e importadas); 2) la actualización del riesgo de especies previamente evaluadas y 3) la calibración de FISK para determinar su utilidad en la discriminación de peces dulceacuícolas ornamentales invasores y no invasores en México. El FISK fue calibrado con una curva de Característica Operativa del Receptor (ROC) con el fin de determinar la capacidad de discriminación entre especies invasoras y no invasoras (de acuerdo con lo reportado en literatura), y el índice de Youden (*J*) para determinar el mejor umbral de categorización de especies de alto riesgo. Como resultado las especies mostraron valores de riesgo entre 1, para *Beaufortia leveretti* hasta 37 para *Cyprinus carpio*. El factor de certidumbre promedio para todas las especies fue de 0.89 (89% de certeza), fluctuando desde un mínimo de 0.82 para *Heterotilapia buttikoferi* hasta un máximo de 0.96 para *Xiphophorus helleri*. Se obtuvo una curva ROC de 0.87 (IC95%: 0.76-0.97), lo que significa que la clasificación fue estadísticamente significativa; con un umbral de 17. Teniendo en cuenta esto, 25 especies fueron clasificadas en la categoría de alto riesgo, mientras que las 19 especies restantes fueron clasificadas dentro de la categoría de riesgo medio. Ninguna especie fue clasificada dentro de la categoría de bajo riesgo. Respecto a las 30 especies previamente evaluadas, la diferencia de puntajes fue significativamente menor. Derivado de este cambio, el valor de AUROC se incrementó de 0.83 a 0.87. Por otra parte, el nuevo

umbral de 17 es sensiblemente menor que el umbral de 24 obtenido previamente y se encuentra cercano al valor de 15.5 obtenido durante una evaluación global reciente. Estos cambios pueden deberse a una mayor disponibilidad y/o calidad de la información. En conjunto, el presente estudio destaca la importancia de la identificación de especies exóticas de alto riesgo para prevenir futuras invasiones y la necesidad de reevaluación de especies a la luz de nueva información.

---

1 Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

2 Posgrado en Ecología Marina, Oceanología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Ensenada, Baja California, México.

3 Pronatura Noreste, A. C., Monterrey, Nuevo León, México.

Introducción

El acuarismo constituye una industria multimillonaria que anualmente comercializa cerca de mil millones de peces ornamentales en todo el mundo (Whittington & Chong, 2007; Lockwood *et al*., 2019). Actualmente esta industria continúa creciendo a una tasa de 14% anual a nivel mundial (Padilla & Williams, 2004) y México sigue cercanamente esta tendencia, ya que se ha observado un 8% de crecimiento anual en el periodo de 1994-2006 (Mendoza *et al*., 2010).

Las especies dulceacuícolas representan más del 90% del volumen total del comercio ornamental, de los cuales cerca del 90% son cultivados en cautiverio, comparado con solo el 10% que son colectados del medio silvestre. Esto contrasta con las especies marinas, cerca de 90% de las cuales son colectadas, principalmente en Filipinas e Indonesia, mientras que solo 10% son cultivadas (Mendoza *et al*., 2010; Palmtag, 2017).

La acuicultura ornamental se ha desarrollado significativamente con la carencia de análisis de los riesgos ecológicos y las consecuencias negativas derivadas del movimiento de este enorme número de peces en todo el mundo (Tlusty, 2004). A diferencia del cultivo de peces comestibles, donde un número relativamente pequeño de especies dominan el mercado, los peces ornamentales representan

un enorme reservorio de especies exóticas como resultado del comercio mundial de 5,000 especies (McDowall, 2004). Ya que gran una parte de la producción de peces ornamentales se realiza fuera de su área de distribución nativa, existe el riesgo de la liberación accidental de estas especies exóticas en áreas donde no se distribuyen de forma natural. Estas especies pueden llegar a establecerse en los nuevos sitios y convertirse en especies invasoras, ocasionando impactos sobre las especies nativas (Tlusty, 2004). Como repercusión de este comercio carente de control, actualmente el acuarismo representa una de las cinco vías principales de introducción de especies acuáticas exóticas en el mundo (Ruiz *et al*., 1997; Magalhães *et al*., 2020) y al menos 150 especies invasoras, de las cuales 115 son peces dulceacuícolas, han sido introducidas debido a esta actividad productiva (Padilla & Williams, 2004). El acuarismo ha sido considerado incluso como la principal vía de introducción de especies exóticas en algunas regiones (Lintermans, 2004; Cobo *et al*., 2010; Low, 2011) y se espera que la proporción de especies invasoras aumente en el futuro (Copp *et al*., 2007; Wolter & Röhr, 2007; Ishikawa & Tachihara, 2014; Dickey *et al*., 2018).

En México, el comercio especies ornamentales es un vector importante de introducción de especies exóticas con potencial invasor debido a la falta de regulación en el establecimiento y

operación de las granjas de peces ornamentales (Mendoza *et al*., 2014). Esto ha resultado en el establecimiento de especies exóticas en nueve de las diez regiones acuáticas continentales del país, provocando severos impactos ambientales y económicos (Contreras–Balderas *et al*., 2003; Mendoza *et al*., 2010; Gesundheit & Macías–Garcia, 2018; Mendoza–Franco *et al*., 2018).

Considerando este contexto, es imprescindible identificar las especies con alto riesgo de convertirse en invasoras con el fin de establecer medidas para la prevención de su introducción o establecer y priorizar acciones de monitoreo en las zonas de riesgo (Rixon *et al*., 2005; Faulkner *et al*., 2014; Montecino *et al*., 2014). Entre los diferentes enfoques para identificar las especies de alto riesgo destaca el *Fish Invasiveness Screening Kit* (Herramienta de Identificación de Riesgos para Especies Exóticas de Peces; FISK), que ha sido utilizado ampliamente. FISK es una adaptación del análisis de riesgo australiano desarrollado para especies de malezas (*Weed Risk Assessment* – WRA; Pheloung *et al*., 1999), el cual fue modificado para poder ser aplicado en especies de peces dulceacuícolas (Copp *et al*., 2005). La versión inicial de FISK (v1) ha sido calibrada y utilizada para la identificación de especies de alto riesgo en diversos países, como Reino Unido (Copp *et al*., 2009), Bielorrusia (Mastitsky *et al*., 2010), Brasil (Troca & Vieira, 2012) y Japón (Onikura *et al*., 2011). Recientemente, FISK se ha actualizado

(v2) para ser utilizado en una mayor cantidad de zonas climáticas (Lawson *et al*., 2013), y su eficacia ha sido confirmada en 35 áreas dentro de 45 países en todos los continentes habitados (Vilizzi *et al*., 2019).

Derivado de lo anterior, el presente estudio tiene como objetivos:

1. la identificación de peces ornamentales de alto riesgo dentro de algunas de las especies más comúnmente comercializadas en México;
2. la actualización del análisis de riesgo de especies evaluadas anteriormente;
3. la calibración de la herramienta FISK para determinar su utilidad en la discriminación de peces dulceacuícolas ornamentales invasores y no invasores en México, y
4. la difusión del riesgo que tienen las especies ornamentales para prevenir su diseminación y establecimiento como especies de peces exóticos invasores en México.

Métodos

FISK

Previamente fueron analizadas 30 especies de peces ornamentales de agua dulce en México (Mendoza *et al*., 2015). Para evaluar el cambio en la categorización de riesgo por la existencia de nueva información, las 30 especies fueron reevaluadas usando FISK v2. Además, se evaluaron 14 especies ornamentales adicionales, las cuales fueron obtenidas a partir de una lista de especies producidas en el estado de Morelos, México, el cual es una de las principales regiones productoras de especies ornamentales en este país (PNUD, 2017).

En el análisis de riesgo se utilizó la versión 2 de FISK, ya que incorpora características para su aplicación en todas las zonas climáticas (Lawson *et al*., 2013). En breve, el FISK comprende un total de 49 preguntas divididas en ocho grupos (Tabla 1). Cada pregunta requiere una respuesta “Si/No” o en su defecto “Se desconoce” de acuerdo con la información disponible, excepto algunas en las que requiere una respuesta ordinal (*e.g.* similitud climática “Alta”, “Media” o “Baja”) o cuantitativa (*e.g.* rasgos demográficos como tiempo mínimo de generación en años). También se requiere un grado de certeza. Este último criterio asigna una puntuación de certidumbre para cada pregunta (1 = muy incierto; 2 = mayormente incierto; 3 = mayormente cierto; 4 = muy cierto), el cual indica la calidad de la información utilizada para cada pregunta. Derivado de la certidumbre, al final es posible obtener un “factor de certidumbre” (CF) para cada especie, que se calcula como:

$$\sum (CQ_i) / (4 \times 49) \ (i = 1, ..., 49),$$

donde CQ_i es la certeza para la pregunta *i*, 4 es el valor máximo alcanzable para la certidumbre (es decir, “muy cierto”) y 49 es el número total de preguntas que comprenden el FISK. Por tanto, el

CF oscila entre un mínimo de 0.25 (*i.e.* todas las 49 preguntas con puntuación de certidumbre igual a 1) a un máximo de 1 (*i.e.* todas las 49 preguntas con puntuación 4 de certidumbre; Almeida *et al*., 2013; Simonovic *et al*., 2013). Todas las preguntas fueron contestadas de acuerdo con la información disponible en la literatura, principalmente artículos científicos, libros, bases de datos y sitios web especializados. La información taxonómica de cada especie se obtuvo del Sistema Integrado de Información Taxonómica (www.itis.gov) y de la base de datos especializada para peces FishBase (www.fishbase.com). Una vez completado el cuestionario, se obtuvo un informe que muestra la puntuación obtenida para la especie (con valores posibles entre -15 y 57; Vilizzi *et al*., 2019), detalles de la puntuación (puntuaciones individuales para cada subconjunto de preguntas), el número de preguntas contestadas, los sectores afectados (acuicultura, ambiente y daño potencial) y el factor de certidumbre.

Tabla 1. Secciones y aspectos evaluados en la herramienta de análisis de riesgo *Fish Invasiveness Screening Kit* (FISK v2.0).

Sección	**Subsección**	**Número de preguntas**	**Aspectos evaluados**
A. Biogeografía, Histórico	1. Domesticación, cultivo	3	Domesticación, cultivo comercial, establecimiento de poblaciones exóticas, subespecies invasoras.
	2. Climático y distribución	5	Coincidencia climática, cantidad de zonas climáticas habitadas.
	3. Invasividad en otros lugares	5	Establecimiento de poblaciones exóticas, impactos en especies de importancia comercial o a servicios ecosistémicos, congéneres invasores.
B. Biología, Ecología	4. Rasgos indeseables	12	Riesgos sanitarios, competencia con especies nativas, carencia de depredadores, vector de patógenos, alta tolerancia a salinidad, bajo oxígeno, velocidad de agua.
	5. Alimentación	4	Impactos derivados del tipo de alimentación (*e.g.* herbívora, carnívora, omnívora).
	6. Reproducción	7	Cuidado parental, capacidad de hibridar, hermafroditismo, alta fecundidad, tiempo generacional.
	7. Mecanismos de dispersión	8	Dispersión por el humano (intencional o no), dispersión de huevos o larvas, migración, dispersión densodependiente.
	8. Atributos de persistencia	5	Supervivencia fuera del agua, tolerancia a baja calidad del agua o disturbios ambientales, susceptibilidad a piscicidas*, presencia de enemigos naturales.

*Piscicidas: plaguicidas utilizados para la eliminación de peces.

Modelado de distribución potencial

El algoritmo de modelado de nicho ecológico de máxima entropía (*Maxent*; Phillips *et al*., 2006) se utilizó para obtener la información relativa a la similitud climática (preguntas 4 y 5) de las especies mediante la proyección de su distribución potencial (Anderson & Martínez–Meyer, 2004). *Maxent* es uno de los algoritmos de modelado de nicho ecológico más utilizados (Merow *et al*., 2013) y ha demostrado ser una herramienta efectiva para la realización de modelos de especies acuáticas invasoras (Reshetnikov & Ficetola, 2011; Poulos *et al*., 2012; Mamun *et al*., 2018), además de presentar mejores resultados respecto a otros métodos (Hernández *et al*., 2006; Poulos *et al*., 2012). Para lo anterior se obtuvieron los registros de ocurrencia de cada especie de la base de datos *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; www.gbif.org). Los registros fueron depurados para eliminar aquellos con incertidumbre mayor a 500 metros, registros anteriores al año 1950, así como otros registros incongruentes (*e.g.* fósiles, marinos), organismos en cautiverio y duplicados. Además, con el fin de reducir el sesgo espacial, los registros fueron filtrados de forma que solo se conservaron aquellos con una distancia mínima de 5 km entre ellos usando el paquete spThin (Aiello-Lammens *et al*., 2015). Como variables ambientales predictivas se utilizaron las 19 variables bioclimáticas de *WorldClim* 2.0 (Fick & Hijmans, 2017;

www.worldclim.org) con una resolución de 30 arco–segundos (~1 km) (Rodríguez–Merino *et al*., 2015) y cuatro variables topográficas/hidrológicas *Hydro1k* del *U.S. Geological Survey Facility* (aspecto, índice topográfico combinado, dirección de flujo y pendiente; http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/).

Debido a que es necesario proporcionar datos aleatorios para la caracterización del entorno (background) para la calibración del modelo, se seleccionaron 10,000 puntos aleatorios dentro de un radio de 250 Km (o hasta 500 Km dependiendo del valor obtenido de pROC) alrededor de los registros de presencia. Lo anterior es con el propósito de evitar una sobrevaloración del desempeño del modelo, la cual aumenta conforme se incrementa el área de calibración (Merow *et al*., 2013). El desempeño de cada modelo se evalúo mediante validación cruzada con partición aleatoria de los datos (n = 5), utilizando el área bajo la curva ROC parcial (pROC; Peterson *et al.*, 2008). Se consideró una "Alta" calidad de información para modelos con pROC >1.5 y "Media" para aquellos con pROC >1. Los modelos de cada especie fueron proyectados a las condiciones presentes en México, con el fin de determinar las áreas con mayor probabilidad de establecimiento. Para la realización de los modelos se utilizó *Maxent* v3.3.3 a través de su implementación en R, utilizando los paquetes "dismo" (Hijmans *et al*., 2017) y "ENMeval" (Muscarella *et al*., 2014). No se realizaron

modelos para las especies que contaban con menos de 15 registros, o para aquellas con modelos que mostraban un valor de pROC de <1. Para estas especies con escasos registros, la similitud climática fue evaluada mediante la coincidencia de zonas Köppen–Geiger entre su área de distribución nativa y México (Peel *et al*., 2007) y la calidad de información fue considerada como “Baja”.

Análisis estadístico

La calibración del FISK se llevó a cabo después de generar los reportes para las 44 especies estudiadas. Para este propósito se realizó una curva de Característica Operativa del Receptor (*Receiver Operating Characteristic*, ROC), con el fin de determinar la capacidad del FISK para diagnosticar correctamente el resultado: *i.e.* discriminar las especies invasoras de las no invasoras. Una curva ROC es un estadístico para evaluar la precisión diagnóstica de una prueba mediante un gráfico de la sensibilidad frente a 1-especificidad de la prueba (eje Y y X, respectivamente), donde la sensibilidad es la proporción de verdaderos positivos identificados por la prueba (*i.e.* especies invasoras identificadas correctamente) mientras que la especificidad es la proporción de verdaderos negativos identificados (*i.e.* especies no invasoras identificadas correctamente).

Posteriormente se determinó el área bajo la curva ROC (AUROC).

El AUROC tiene un valor entre 0.5 y 1, el cual proporciona una medida de la capacidad discriminante de la prueba Los valores más altos indican una mejor capacidad diagnóstica. En este sentido, las especies analizadas se clasificaron a priori en invasoras o no invasoras para México dependiendo si tienen impactos reportados o son abundantes en el medio, lo que corresponde al resultado positivo y negativo esperado de la prueba. La especie invasora puede ser exótica o traslocada, diferenciándose estas ultimas por ser especies o poblaciones que son movidas o trasladadas de su rango de distribución nativo a otro lugar.

Tabla 2. Lista de las especies de peces ornamentales comercializadas en México analizadas en el presente estudio. Las especies se agrupan por familia. Se presenta la clasificación de cada especie respecto a su estatus de invasión en México.

Especie	Nombre común en español (e inglés)	Clasificación	Observaciones y referencias
Arapaimidae			
Arapaima gigas Schinz, 1822	Paiche (Arapaima)	No invasora	
Balitoridae			
Beaufortia leveretti Nichols & Pope, 1927	Come algas chino (Butterfly loach)	No invasora	
Channidae			
Channa micropeltes Cuvier, 1831	Cabeza de serpiente rojo (Giant snakehead)	No invasora	
Characidae			
Astyanax mexicanus De Filippi, 1853	Sardinita mexicana (Mexican tetra)	Invasora	Nativa de México, traslocada (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).
Gymnocorymbus ternetzi Boulenger, 1895	Monjita (Black tetra)	No invasora	
Cichlidae			
Amatitlania nigrofasciata Günther, 1867	Cíclido convicto (Convict cichlid)	Invasora	Establecida en la cuenca del río Amacuzac, Estado de Morelos (Mejía–Mojica *et al*., 1996; 2012).
Amphilophus citrinellus Günther, 1864	Cíclido Midas (Midas cichlid)	No invasora	
Astronotus ocellatus	Óscar (Oscar)	No invasora	

Agassiz, 1831			
Hemichromis bimaculatus Gill, 1862	Cíclido joya (African jewelfish)	Invasora*	Introducida en la cuenca del río Amacuzac. Estatus desconocido, pero con potencial de establecerse (Mejía–Mojica, 2018).
Hemichromis guttatus Günther, 1862	Pez joya (Jewel cichlid)	Invasora	Establecida en Cuatro Ciénegas, Coahuila (Contreras–Balderas & Ludlow, 2003).
Herichthys cyanoguttatus Baird & Girard, 1854	Mojarra del norte (Río Grande cichlid)	Invasora	Nativa, traslocada. Establecida en el río Verde, San Luis Potosí (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015)
Heros severus Heckel, 1840	Cíclido de franjas (Banded cichlid)	No invasora	
Heterotilapia buttikoferi Hubrecht, 1881	Tilapia cebra (Zebra tilapia)	No invasora	
Melanochromis auratus Boulenger, 1897	Cíclido dorado (Golden mbuna)	No invasora*	Introducida en la cuenca del río Amacuzac. Estatus desconocido, menos de cinco ejemplares encontrados (Mejía–Mojica, 2018).
Parachromis	Jaguar guapote (Jaguar	Invasora*	Establecida en el

managuensis Günther, 1867	guapote)		río Usumacinta de acuerdo con Miller *et al*. (2009), aunque de acuerdo con Espinosa–Pérez & Ramírez (2015) su estatus requiere verificación.
Pterophyllum scalare Schultze, 1823	Pez ángel (Freshwater angelfish)	No invasora	
Thorichthys meeki Brind, 1918	Mojarra boca de fuego (Firemouth cichlid)	No invasora	Nativa, no traslocada.
Trichromis salvini Günther, 1862	Guapote tricolor (Yellowbelly cichlid)	No invasora	
Cobitidae			
Misgurnus anguillicaudatus Cantor, 1842	Misgurno de Asia (Oriental weatherfish)	No invasora*	Introducida en Chapingo, Estado de México, pero no establecida ya que la especie no ha sido reportada desde el cierre de una granja de producción (Contreras–Balderas & Escalante–Cavazos, 1984; Espinosa–Pérez y Ramírez, 2015).
Cyprinidae			
Barbodes semifasciolatus Günther, 1868	Barbo dorado (Green barb)	No invasora	

Barbonymus schwanenfeldii Bleeker, 1854	Barbo hojalata (Tinfoil barb)	No invasora	
Carassius auratus Linnaeus, 1758	Carpa dorada (Goldfish)	Invasora	Establecida en diversos estados (Espinosa–Pérez y Ramírez, 2015).
Cyprinus carpio Linnaeus, 1758	Carpa común (Common carp)	Invasora	Establecida en diversos estados (Espinosa–Pérez y Ramírez, 2015).
Danio rerio Hamilton, 1822	Pez cebra (Zebra danio)	No invasora*	Introducida en la cuenca del río Amacuzac, aparentemente no establecida (Mejía–Mojica, 2018).
Pethia conchonius Hamilton, 1822	Barbo rosado (Rosy barb)	No invasora*	Introducida en Guerrero (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015). Probablemente establecida en Nuevo León (Contreras–Balderas & Escalante–Cavazos, 1984). De acuerdo con Espinosa–Pérez & Ramírez (2015) su estatus requiere verificación. Introducida en la cuenca del río Amacuzac. Estatus desconocido, menos de cinco ejemplares

			encontrados (Mejía–Mojica, 2018).
Puntigrus tetrazona Bleeker, 1855	Barbo tigre (Sumatra barb)	No invasora	
Lepisosteidae			
Lepisosteus platostomus Rafinesque, 1820	Pejelagarto hocico corto (Shortnose gar)	No invasora	
Loricariidae			
Hypostomus plecostomus Linnaeus, 1758	Pleco (Suckermouth catfish)	No invasora	
Pterygoplichthys disjunctivus Weber, 1991	Plecóstoma rayado (Vermiculated sailfin catfish)	Invasora	Establecida en diversos estados (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).
Pterygoplichthys gibbiceps Kner, 1854	Pleco rayado (Leopard pleco)	No invasora	
Pterygoplichthys pardalis Castelnau, 1855	Plecóstoma del Amazonas (Amazon sailfin catfish)	Invasora	Establecida en diversos estados (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).
Rineloricaria parva Boulenger, 1895	Vieja del agua (Whiptail catfish)	No invasora	
Osphronemidae			
Betta splendens Regan, 1910	Betta (Siamese fighting fish)	No invasora	
Trichogaster lalius Hamilton, 1822	Gurami enano (Dwarf gourami)	No invasora	Introducida en la cuenca del río Amacuzac, aparentemente no establecida (Mejía–Mojica,

			2018).
Trichogaster leerii Bleeker, 1852	Gurami perla (Pearl gourami)	No invasora	
Trichopodus trichopterus Pallas, 1770	Gurami azul (Three spot gourami)	No invasora	
Pangasiidae			
Pangasianodon hypophthalmus Sauvage*,* 1878	Tiburón tres líneas (Striped catfish)	No invasora	
Poeciliidae			
Poecilia reticulata Peters, 1859	Gupi (Guppy)	Invasora	Establecida en diversos estados (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).
Poecilia sphenops Valenciennes, 1846	Molly (Mexican molly)	Invasora	Nativa, traslocada (Ramírez-García *et al*., 2018).
Poecilia velífera Regan, 1914	Topote aleta grande (Yucatan molly)	No invasora	
Xiphophorus hellerii Heckel, 1848	Cola de espada (Green swordtail)	Invasora	Nativa, traslocada en diversos estados (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).
Xiphophorus maculatus Günther, 1866	Platy (Southern platyfish)	Invasora	Nativa, traslocada en diversos estados (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).
Xiphophorus variatus Meek, 1904	Espada de Valles (Variable platyfish)	Invasora	Nativa, traslocada en diversos estados (Espinosa–Pérez

			& Ramírez, 2015).
Serrasalmidae			
Piaractus brachypomus Cuvier, 1818	Cachama (Pirapitinga)	No invasora	Se reporta una introducción muy cercana a México, en el Lago Petén–Itzá, Petén, Guatemala (Elías *et al*., 2018).

*Clasificación tentativa de acuerdo con las referencias

Resultados

Se evaluaron un total de 44 especies (Tabla 2; Fig. 1). La información de cada especie se presenta resumida en una ficha al final del documento, mientras que la información completa está disponible en línea (https://biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/proyecto/resultados-componente-I https://enciclovida.mx/exoticas-invasoras). Derivado de este análisis, las especies obtuvieron puntuaciones FISK con valores entre 1, para *Beaufortia leveretti* y *Pterophyllum scalare*, hasta 37 para *Cyprinus carpio*. El factor de certidumbre promedio para todas las especies fue de 0.89 (89% de certeza), fluctuando desde un mínimo de 0.82 para *Heterotilapia buttikoferi* hasta un máximo de 0.96 para *Xiphophorus hellerii.*

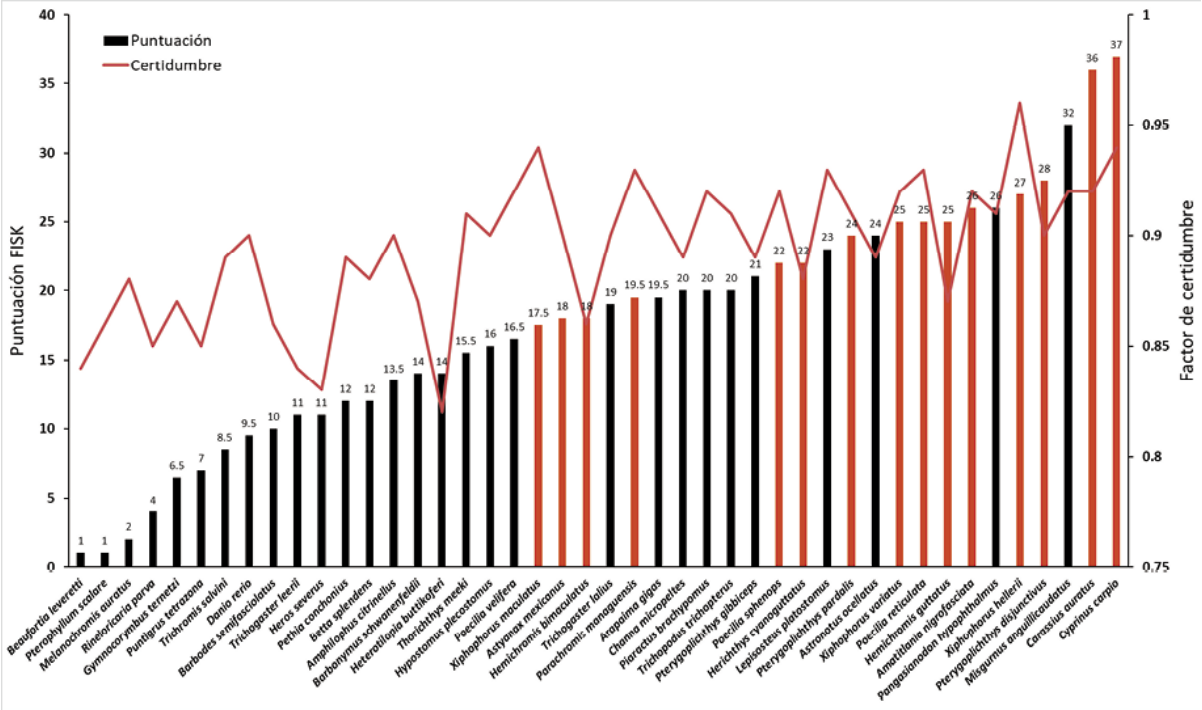


Figura 1. Puntuación FISK y factor de certidumbre obtenidos para las 44 especies de peces ornamentales evaluadas. Los números sobre las barras indican la puntuación FISK. Las especies exóticas y nativas translocadas ya establecidas en México se muestran en rojo (ver Tabla 2).

En cuanto a las principales secciones del FISK, la sección Biogeografía/Histórico tuvo un puntaje promedio de 8.5, con un mínimo de 0 para *Pterophyllum scalare* y un máximo de 20 para *Carassius auratus*. Mientras que la sección Biología/Ecología tuvo un mayor puntaje promedio, con 9.4, con un valor mínimo de -2 para *Beaufortia leveretti* mientras que el valor máximo alcanzado fue de 19 para *Cyprinus carpio*. Estos valores nos dan una idea de la aportación del puntaje de cada especie por cada sección, indicando por ejemplo, que esta última especie tiene una mayor cantidad de rasgos Biológicos/Ecológicos relacionados con un potencial invasor.

Dentro de la sección Biogeografía/Histórico, las subsecciones

Domesticación/Cultivo, Climático y distribución e Invasividad en otros lugares, obtuvieron puntajes mínimos de 0, 0 y 1, y máximos de 4, 2 y 14, respectivamente. Los puntajes mínimos fueron obtenidos por las especies *Pterophyllum scalare* y *Heterotilapia butikkoferi*, mientras que los valores máximos fueron todos obtenidos por la especie *Carassius auratus*.

La sección Biología/Ecología, con las subsecciones Rasgos indeseables, Alimentación, Reproducción, Mecanismos de dispersión y Atributos de persistencia, tuvo una menor variación. Con valores mínimos de 0, 0, -1, -1 y -3, y valores máximos de 9, 2, 6, 7 y 3, respectivamente.

En cuanto a los sectores afectados, *Carassius auratus* obtuvo los valores más altos, siendo el mayor sector afectado el Medio ambiente con 27 puntos, seguido por el sector Acuacultura con un valor de 25, este último sector afectado de igual forma por *Cyprinus carpio*. La capacidad de las especies de convertirse en nocivas fue la categoría más baja ya que todas las especies obtuvieron valores entre 0 y 3.

De acuerdo con reportes anteriores 15 especies ya son consideradas como exóticas invasoras en México (Tabla 2). Este resultado proporcionó un punto de partida para la calibración de FISK, mediante un análisis de la curva ROC, con la condición invasora y no invasora como resultados positivos y negativos,

respectivamente. Mediante este gráfico se representa la proporción de especies identificadas correctamente como invasoras (1-Especificidad, eje X) y no invasoras (Sensibilidad, eje Y), para cada valor posible de puntuación FISK (línea negra o curva ROC). De esta forma, si la puntuación FISK no discriminara correctamente entre ambas categorías (*i.e.* si las puntuaciones de las especies invasoras y no invasoras estuvieran asignadas al azar), la curva ROC fluctuaría cerca de la línea roja, llamada línea de no discriminación. Por el contrario, si la puntuación FISK estuviera cercana al 100% de discriminación entre ambas categorías (*i.e.* si las puntuaciones FISK de las especies invasoras fueran más altas en promedio que las no invasoras), la curva ROC fluctuaría cerca de la esquina superior izquierda (valor 1,1).

En este estudio se obtuvo un valor de curva ROC de 0.87 (0.76–0.97, IC del 95%) (Fig. 2), lo que significa que FISK es capaz de discriminar de forma significativa entre las especies de alto riesgo para México.

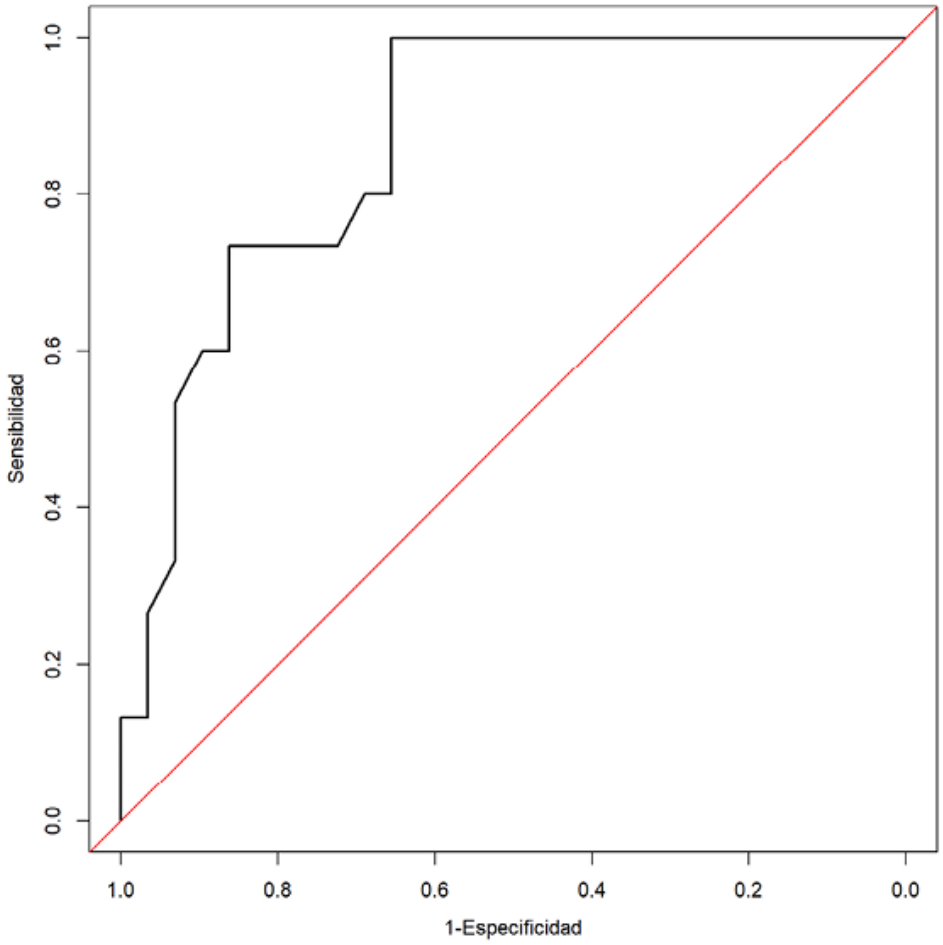


Figura 2. Curva ROC resultante del análisis de riesgo de las 44 especies de peces ornamentales en México mediante FISK v2 (línea negra). Se muestra la línea de no discriminación (en rojo).

Posteriormente fue calculado el índice de Youden, el cual representa el valor de corte que maximiza la sensibilidad y la especificidad, es decir, el valor más apropiado para definir las especies de alto riesgo. El resultado de esto fue un umbral de 17, el cual nos permite identificar especies invasoras con la menor tasa de error. En estudios anteriores (Puntila *et al*., 2013; Tarkan *et al*., 2014) las especies de bajo riesgo han sido definidas de forma arbitraria como

aquellas con una puntuación menor que 1. Por lo anterior se derivan tres categorías de riesgo de acuerdo con el puntaje obtenido: riesgo bajo (especie con puntuación menor a 1), riesgo medio (especies con puntuación entre 1 y 17) y riesgo alto (especies con puntuación mayor a 17). Teniendo en cuenta esto, 25 especies fueron clasificadas en la categoría de alto riesgo, de las cuales 15 ya son consideradas como invasoras en México y 10 aún carecen de reporte de impactos en México (*Trichogaster lalius*, *Arapaima gigas, Channa micropeltes, Trichopodus trichopterus, Piaractus brachypomus, Pterygoplichthys gibbiceps, Lepisosteus platostomus, Astronotus ocellatus, Pangasianodon hypophthalmus* y *Misgurnus anguillicaudatus*). Mientras que las 19 especies restantes fueron clasificadas dentro de la categoría de riesgo medio; las cuales no son consideradas como invasoras en México. Ninguna especie fue clasificada dentro de la categoría de bajo riesgo, ya que no fueron obtenidas especies con puntuaciones menores a 1.

Respecto a las 30 especies previamente evaluadas, se calculó la diferencia de la puntuación obtenida en el presente estudio y el valor reportado en 2015 (‘Delta Score’; Fig. 3). Derivado de esto, las especies *Misgurnus anguillicaudatus* y *Poecilia reticulata* obtuvieron el mismo puntaje, a pesar de tener cambios en algunas de las respuestas. Solo cinco especies tuvieron un incremento en el puntaje, mientras que las 23 especies restantes obtuvieron un valor

menor respecto al análisis realizado previamente. La diferencia mínima y máxima fue de -10.5 y +10, para *Parachromis managuensis* y *Cyprinus carpio*, respectivamente. Cabe destacar que la mayoría de las especies tuvieron una disminución en la respuesta sobre similitud climática (pregunta 4). En esta pregunta se evalúa que tan similares son las condiciones climáticas de México y aquellas en donde se distribuye la especie con los valores “Alta”, “Media” y “Baja”. Derivado de este cambio, 13 especies bajaron en el nivel de similitud climática de “Alta” a “Media” o de “Media” a “Baja”, mientras que tres especies bajaron dos niveles (de similitud “Alta” a “Baja”), de acuerdo con los datos del modelo de distribución potencial. Esto era de esperarse ya que en el estudio previo se realizaron los modelos tomando en cuenta solo datos de temperatura y precipitación, mientras que en el presente estudio también se incluyeron datos sobre la topografía.

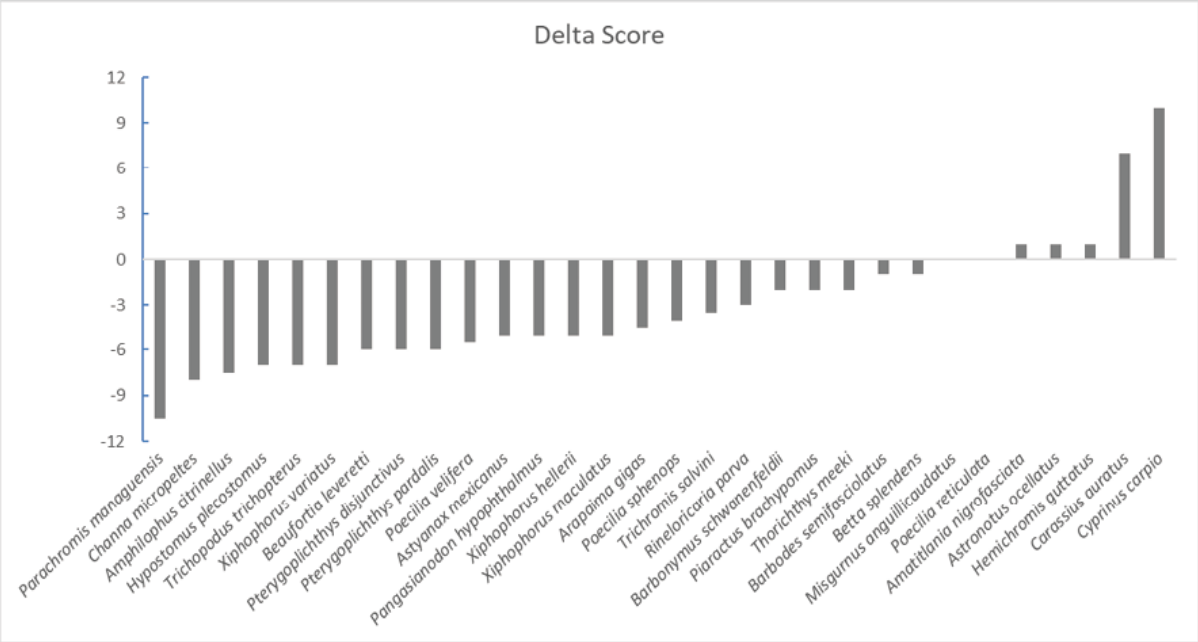


Figura 3. Diferencia en la puntuación FISK (‘Delta Score’) para las 30 especies actualizadas respecto al puntaje reportado previamente (Mendoza *et al*., 2015).

Discusión

La identificación correcta de especies potencialmente invasoras y sus vectores de introducción es una tarea esencial para México, especialmente considerando que es uno de los 12 países megadiversos del mundo (Arita, 1997). Desafortunadamente, de acuerdo con datos presentados en la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2018) distintos cuerpos de agua, dentro de nueve de las 10 provincias acuáticas del país, ya albergan varias especies de peces exóticos ornamentales. Probablemente el mejor ejemplo es el estado de Morelos, líder en la producción de peces ornamentales en México, donde las comunidades ícticas nativas han sufrido introducciones continuas de peces durante varios años. Como

resultado actualmente en este Estado un tercio de la ictiofauna está ahora representada por especies exóticas ornamentales (Contreras–MacBeath *et al*., 1998; Mejía–Mojica, 2018). Incluso algunas de estas especies han llegado a colonizar distintas Áreas Naturales Protegidas de México, caracterizadas por un alto endemismo de especies (Contreras–Balderas & Ludlow, 2003; García *et al*., 2014). En la actualidad algunas de las especies más comercializadas representan una amenaza real de acuerdo con los resultados del análisis FISK.

Las puntuaciones obtenidas en el presente estudio fluctuaron en el intervalo de 1 a 37. Para la mayoría de las 30 especies previamente analizadas se observó una diferencia en la puntuación, algunas de las cuales tuvieron un incremento. Esto indica que la información disponible es un factor significativo en la categorización de especies de alto riesgo, por lo que las especies con escasa información podrían tener una puntuación más alta conforme se disponga de más información. No obstante, la mayoría de las especies tuvieron una disminución en el puntaje obtenido. Probablemente esto se debe a la inclusión de información sobre hidrología/topografía durante la realización del modelo de distribución potencial. Mientras que en el estudio realizado en 2015 solo se utilizó información derivada de precipitación y temperatura (datos de Worldclim; Mendoza *et al*., 2015). Así, regiones que antes presentaban

condiciones de precipitación y temperatura adecuadas para una especie fueron excluidas en el nuevo modelo al no presentar condiciones hidrológicas apropiadas; por ejemplo, una topografía no adecuada para la formación de cuerpos de agua. Lo anterior destaca la ventaja de la estandarización de métodos para el modelado de la distribución potencial de especies exóticas acuáticas (Jiménez–Valverde *et al.*, 2011).

Derivado de este cambio en la puntuación de las especies, el valor de la curva ROC se incrementó de 0.83 para el estudio de 2015 a 0.87 en el presente estudio. Esto indica que el FISK es capaz de discriminar, con significancia estadística, entre especies de peces ornamentales de alto riesgo en México. Y además la tasa de error es menor, ya que el valor se encuentra más cercano a 1. Este incremento puede deberse a una mayor disponibilidad de la información junto a la mejor discriminación de la distribución potencial de la especie. Este resultado concuerda con estudios previos en el que se obtuvieron valores de la curva ROC desde 0.67 en la región Balcánica hasta 0.94 en Bielorrusia (Vilizzi *et al*., 2019).

De acuerdo con el umbral derivado del cálculo del índice de Youden (*J*), aquellas especies con un valor mayor a 17 son clasificadas como especies de alto riesgo. Este valor es sensiblemente menor que el umbral de 24 obtenido previamente. Este cambio puede deberse a la disminución de la puntuación de las especies

mencionada previamente. Cabe destacar que anteriormente el umbral de 24 era uno de los más altos que habían sido reportados en otros países, mientras que el nuevo umbral se encuentra cercano al valor de 15.5 obtenido durante una evaluación global recientemente publicada de la herramienta FISK (Vilizzi *et al*., 2019).

Derivado de este nuevo umbral un total de 25 especies fueron clasificadas en una categoría de alto riesgo. Estos resultados concuerdan con análisis de riesgo realizados previamente en otros países, cuyos resultados han permitido clasificar la mayor parte de estas especies en la categoría de alto riesgo. Calibraciones anteriores han dado lugar a umbrales más bajos desde 6.0 para EE. UU. y 9.5 para la región Balcánica hasta 23 para Turquía (Simonovic *et al*., 2013; Tarkan *et al*., 2014; Hill *et al*., 2017). Mientras que umbrales calculados posteriormente se encontraban entre 7.17 para EE. UU. a 32 para Moldova (Vilizzi *et al*., 2019).

De las 25 especies categorizadas como Alto riesgo, diez aún no han sido reportadas como invasoras en México. Dentro de estas especies, *Trichogaster lalius* ha sido introducida en la cuenca del río Amacuzac, aunque aparentemente no se ha establecido (Mejía–Mojica, 2018), mientras que *Misgurnus anguillicaudatus* había sido reportada en canales cercanos a una granja de producción en Chapingo, Estado de México. Sin embargo, la especie no ha sido reportada desde el cierre de esta granja (Contreras–Balderas &

Escalante–Cavazos, 1984; Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015).

Las 19 especies restantes se clasificaron bajo la categoría de riesgo medio y ninguna ha sido reportada como invasora en México. Cabe destacar que *Pethia conchonius* probablemente se encuentra establecida en Nuevo León (Contreras–Balderas & Escalante–Cavazos, 1984), aunque de acuerdo con Espinosa–Pérez & Ramírez (2015) su estatus requiere verificación. También ha sido introducida en Guerrero (Espinosa–Pérez & Ramírez, 2015) y algunos ejemplares fueron encontrados en la cuenca del río Amacuzac (Mejía–Mojica, 2018). Por otra parte, *Melanochromis auratus* y *Danio rerio* también han sido reportadas en la cuenca del río Amacuzac, aunque probablemente no se encuentren establecidas debido al bajo número de individuos encontrados (Mejía–Mojica, 2018). A pesar de que estas especies pueden significar un riesgo menor, conforme exista más información disponible el factor de certidumbre podría aumentar, especialmente en aquellas especies cercanas al umbral de categorización. Por tal motivo se recomienda tener en cuenta estas especies en evaluaciones posteriores, en particular aquellas con valores cercanos al umbral. El aumento en el número de especies exóticas establecidas en México ha resultado paralelo al incremento que ha mostrado el acuarismo (Padilla & Williams, 2004). En efecto, el número de especies exóticas se ha incrementado de 55 en la

década de los años 80 a 115 en la actualidad, de las cuales 67 ya se han establecido en el territorio mexicano (Mendoza, *et al*., 2014).

En conjunto, el presente estudio destaca la importancia de la identificación de especies exóticas de alto riesgo para prevenir futuras invasiones y la necesidad de reevaluación de especies a la luz de nueva información. A pesar de que ya se han establecido algunas medidas por parte del gobierno mexicano para contrarrestar este importante problema, tales como la obligación de realizar una evaluación de riesgo para importar nuevas especies y algunas modificaciones importantes en cuanto a legislación ambiental, todavía existe una fuerte necesidad de aplicar medidas adicionales como incrementar las medidas de bioseguridad en las instalaciones de producción y el establecimiento de mejores prácticas de manejo, en particular para las especies exóticas ornamentales que se cultivan actualmente; fomentar la producción de especies nativas; hacer asequibles apoyos financieros e incentivos fiscales a aquellos productores que son ambientalmente responsables; implementar un sistema de monitoreo continuo en las inmediaciones de las instalaciones de importación y producción para la detección temprana y respuesta rápida al escape de especies de alto riesgo; fortalecer las capacidades técnicas y materiales para la detección y gestión de enfermedades; y establecer un programa de educación ambiental permanente dirigido a los comerciantes, propietarios y

empleados de tiendas de acuarismo y a los acuaristas.

Agradecimientos

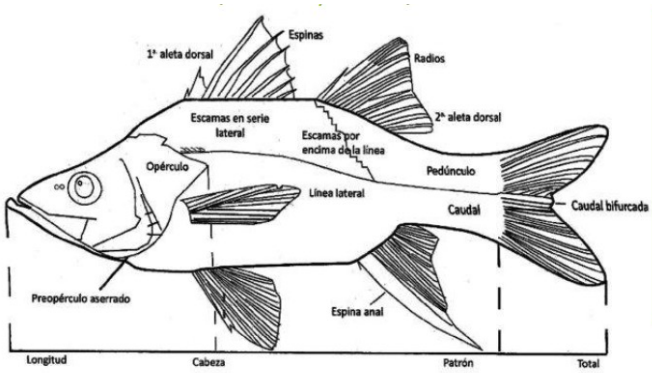
Los autores agradecen el financiamiento otorgado al proyecto de CONABIO WR007 “Actualización de Análisis de Riesgo de peces ornamentales con potencial invasor en México”. Se agradece a los revisores del documento Dr. Gorgonio Ruíz Campos y Dra. María Teresa Gaspar Dillanes. Se agradece igualmente a la Dra. Patricia Koleff Osorio, Dra. Ana Isabel González Martínez, M. en C. Diana Cárdenas Ramos y M. en Manejo. Sarah Irma Sifuentes por sus valiosos comentarios a versiones anteriores de este documento y a la Dra. María C. Mandujano por la edición y corrección del libro. Asimismo, un especial agradecimiento y reconocimiento a los fondos para la publicación de la obra al proyecto: “GESTIÓN Y DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN DE ESPECIES INVASORAS PARA MÉXICO”, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO, del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), otorgado a Dra. María C. Mandujano (Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM) y Jordan Golubov (Departamento del Hombre y su ambiente, Ciencias Biológicas y de la salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco, UAM–X), parte del megaproyecto GEF

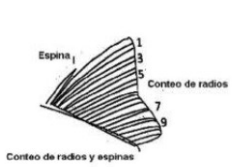
00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través la Implementación de la Estrategia Nacional de las EEI”.

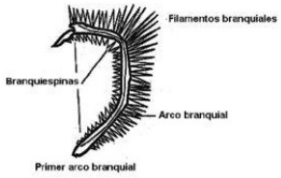
Fichas

Ficha ejemplo

Nombre científico, Autor y fecha, nombre común







En esta ficha se explica la información que se encontrará para cada especie. Aquí se describe de forma breve la importancia de la especie y el riesgo que representa para México. Arriba se indica el nombre científico y común, así como el autor que describió la especie. Se muestra una fotografía de la especie, así como un cuadro de riesgo mostrando la puntuación FISK obtenida y la categoría de riesgo a la que corresponde. El tipo y cantidad de información mostrada puede diferir entre las especies, debido a la diferencia en la disponibilidad de información (algunas son más estudiadas que otras). Imagen: Velázquez–Velázquez *et al*. (2010) ©.

Taxonomía

Aquí se presenta la clasificación taxonómica de la especie.

Descripción

Este apartado contiene información sobre las características morfológicas que distinguen a esta especie. Por ejemplo, coloración, longitud máxima, tipo de dentición o composición de las aletas. Algunas de las características usadas comúnmente se muestran en la primera imagen.

Distribución

Indica la región geográfica de donde la especie es nativa y aquellos sitios en los que ha sido introducida o se ha establecido.

Estatus

Indica el estatus de la especie en México, se refiere a la situación relativa al origen de las especies y si se han establecido como invasoras. Se indicará si la especie es nativa o exótica. Las especies exóticas pueden encontrarse en cautiverio o ser invasoras si ya tienen poblaciones establecidas. Las especies nativas pueden ser traslocadas si son invasoras en otros sitios de México.

Hábitat

Se describen las características de los sitios donde habita la especie en los distintos cuerpos de agua y algunas variables de su nicho como la salinidad, temperatura y velocidad del flujo del agua.

Ciclo de vida

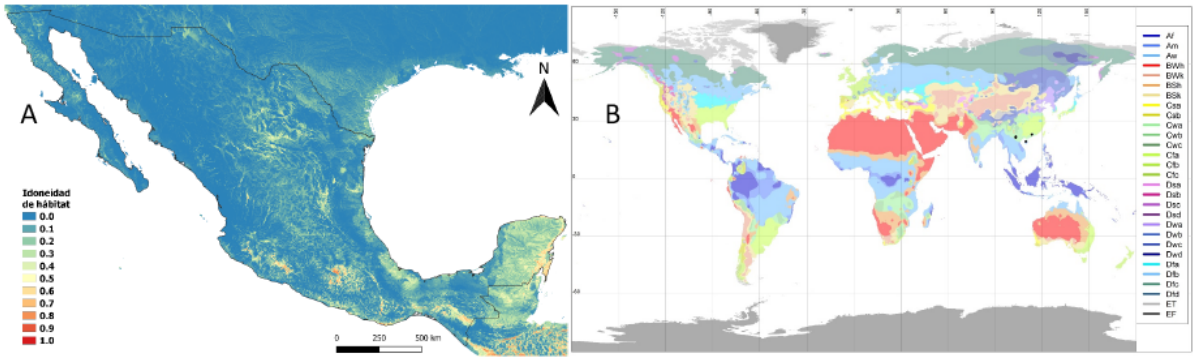
Se describen las características reproductivas de la especie como el tipo de fertilización, fecundidad, formación de parejas, cuidado de la descendencia, temporada de reproducción, etc.

Alimentación

Se describe la dieta de la especie, así como los posibles impactos derivados de su forma de alimentación.

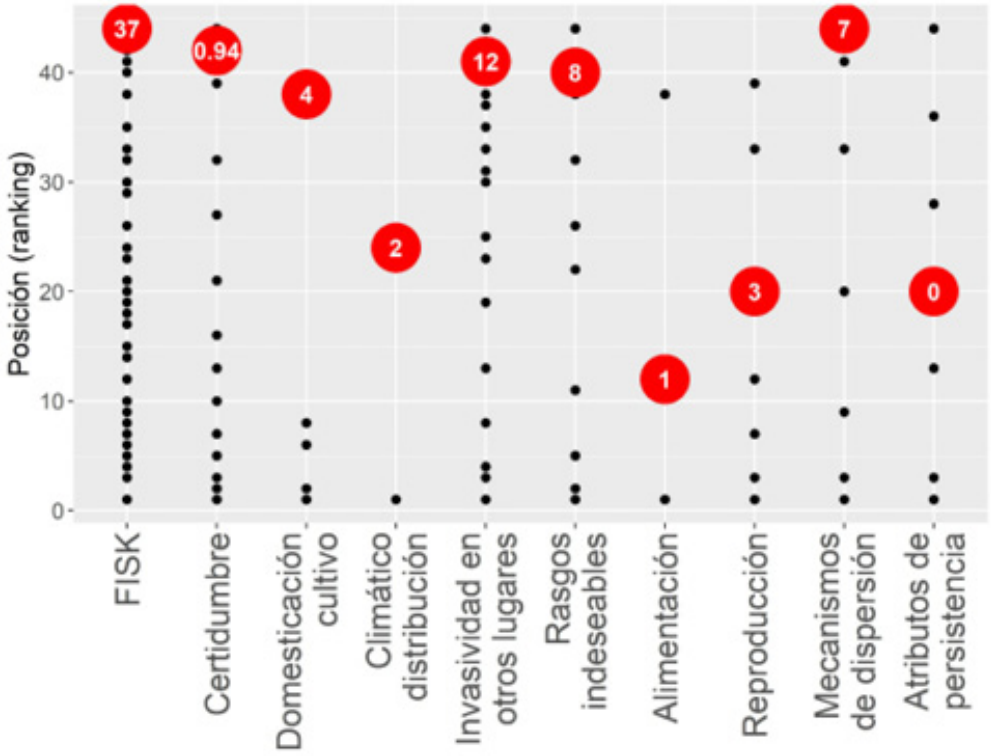
Impactos

En la sección se describen los impactos negativos, efectos o modificaciones ocasionados por la especie que se han documentado en aquellos sitios en donde se ha introducido.



Mapa de distribución potencial (**A**) Se muestra un mapa con la distribución potencial de la especie en México (de acuerdo con lo descrito en la sección *Modelado de distribución potencial*). Regiones con valores más altos indican una mayor probabilidad de establecimiento. La calidad de la información indica la certidumbre del modelo realizado. Mapa de zonas climáticas Köppen–Geiger (**B**).

Este mapa se muestra para las especies que no cuentan con suficiente información para la realización del mapa de distribución potencial. En este caso se muestran las zonas climáticas Köppen–Geiger y los registros de presencia de la especie en el mundo. Las zonas climáticas se clasifican en cinco tipos principales: tropical (A), seco (B), templado (C), continental (D) y polar (E), cada uno de los cuales tiene varias subclasificaciones. Para más información sobre esta clasificación consultar Peel *et al*. (2007).



Se muestra la posición o ranking (en rojo) de los valores obtenidos (en blanco) en el presente estudio de la puntuación FISK, la certidumbre y las ocho secciones correspondientes para la especie. El resto de las especies se muestran en negro. De esta forma es

posible apreciar el valor obtenido por la especie, así como su posición relativa respecto a las demás especies, a pesar de que los valores de cada categoría son diferentes. Por ejemplo, los valores FISK van de 1 a 37, mientras que la certidumbre va de 0.82 a 0.96.

Amatitlania nigrofasciata Günther, 1867
Cíclido convicto

El cíclido convicto (*Amatitlania nigrofasciata*) es una especie de pez cíclido centroamericano que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Múltiples estudios han documentado que poblaciones introducidas de *A. nigrofasciata* suprimen, desplazan a poblaciones de especies nativas o cambian su comportamiento. El modelo de distribución potencial muestra algunas zonas con riesgo de establecimiento alto. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Sesángari Galván Quesada ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Amatitlania*

Especie: *Amatitlania nigrofasciata*

Descripción

Es una especie de talla pequeña, la longitud patrón máxima que alcanza es de 10 cm. El cuerpo es de color gris y presenta una serie de bandas verticales de color oscuro en los costados, incluso en las aletas dorsal y anal; en los machos, cerca de la aleta dorsal se presentan manchas de color rojo y azul.

Distribución

Nativa de la vertiente del Pacífico de Centroamérica: del río Sucio, El Salvador al río Suchiate, Guatemala; y en la vertiente del Atlántico del río Patuca, Honduras al río Jutiapa, Guatemala.

Se ha establecido en Australia, Filipinas, Japón, Italia, Puerto Rico, la Reunión, Brasil, Alemania, Irán, Colombia, Perú, Eslovaquia, en varios estados de EE. UU. y México

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita el agua que fluye desde pequeños riachuelos y arroyos hasta las aguas poco profundas de los ríos grandes y rápidos. Puede soportar un amplio intervalo de temperaturas entre 17 °C y 36 °C. Puede resistir niveles muy bajos oxígeno disuelto.

Ciclo de vida

Es una especie con fertilización externa. Los adultos forman parejas monógamas y muestran cuidado de la descendencia. Puede llegar a desovar todo el año, con un pico reproductivo de marzo a mayo. Depositan de 100 a 150 huevecillos por desove. Pueden llegar a vivir 10 años.

Alimentación

Es una especie omnívora, su alimentación es diversa, consumen gusanos, crustáceos, insectos, peces juveniles de otras especies, en algunos casos plantas.

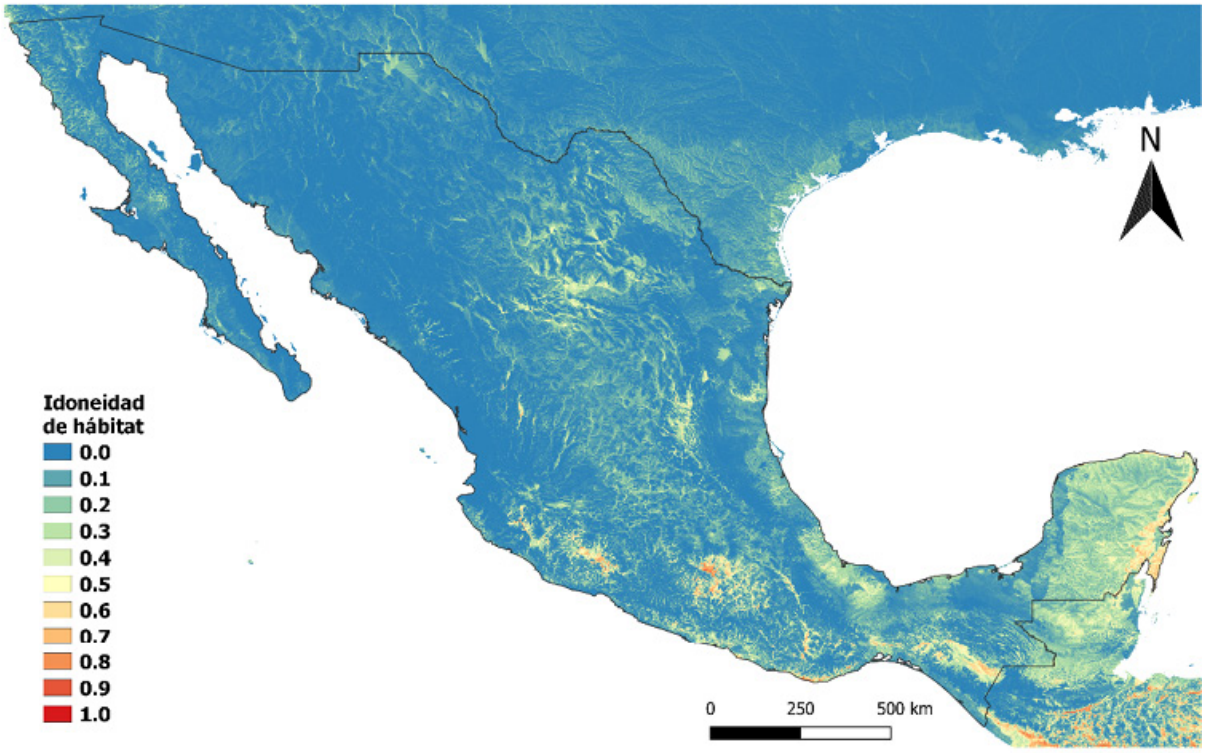


Figura 1. Distribución potencial de *Amatitlania nigrofasciata* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

En algunos sitios de México ha desplazado la mojarra *Cichlasoma istlanum*, principalmente debido a la competencia por espacios de reproducción y anidación; además de la desaparición casi total de las tilapias y la ausencia total de *Ictalurus balsanus*. En Nevada, EE. UU., en conjunto con otros peces exóticos, causó el declive y exterminación de una población de *Rhinichthys osculus* y se considera como una amenaza para la supervivencia de *Crenichthys baileyi*. En Hawái se ha reportado que las especies nativas no existen o son raras en las áreas en donde se encuentra presente *A.*

nigrofasciata. Es un vector potencial de diversos patógenos de importancia.

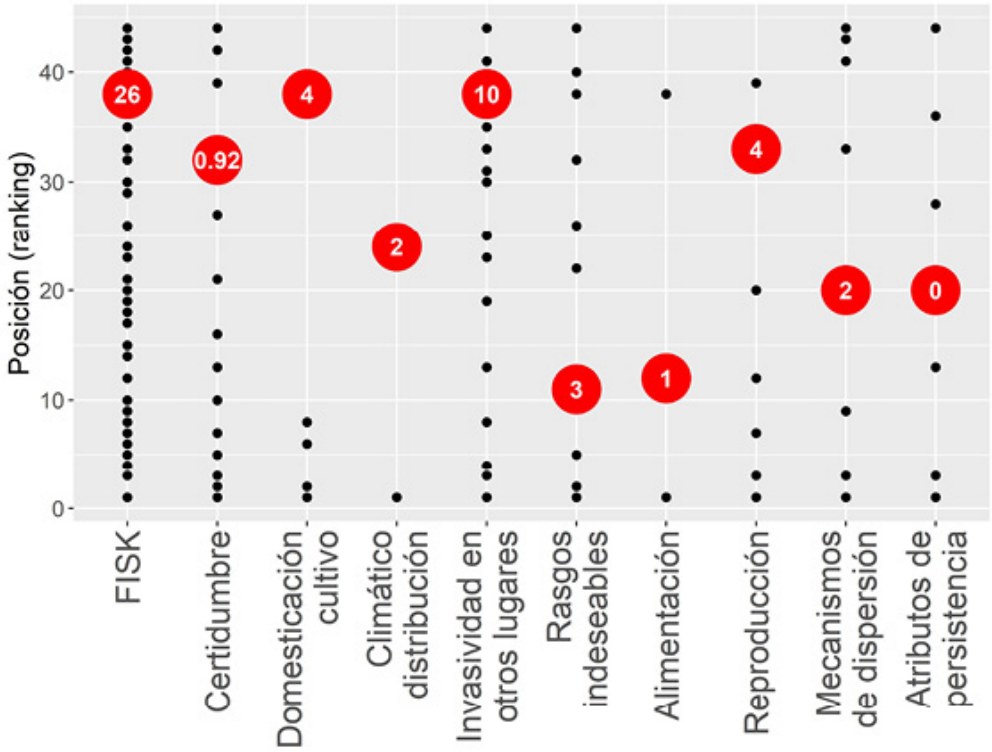


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Amatitlania nigrofasciata* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Amphilophus citrinellus Günther, 1864
Cíclido Midas

El cíclido Midas (*Amphilophus citrinellus*) es una especie de pez cíclido centroamericano introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se reporta que compite con otras especies de peces como sargentos, robalos y óscares y depreda pequeños peces. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento muy bajo para todo el país con algunas zonas aisladas de riesgo medio a alto. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: George Chernilevsky ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Amphilophus*

Especie: *Amphilophus citrinellus*

Descripción

La coloración de esta especie es muy variable, aunque normalmente va de anaranjado brillante a rojo anaranjado en los adultos; los machos maduros son de mayor tamaño, aletas más largas y con una joroba distinta en la cabeza. La longitud patrón máxima reportada es de 24.4 cm.

Distribución

Nativa de la vertiente atlántica de Nicaragua y Costa Rica: cuenca del río San Juan, incluidos los lagos de Nicaragua, Managua, Masaya y Apoyo.

Se ha establecido Taiwán, Puerto Rico, Hawái, EE. UU., Singapur (probablemente), Filipinas y Australia.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita cuerpos de agua lénticos, principalmente lagos y es poco común en ríos, aunque pueden penetrar en éstos cuando el flujo es lento. Puede soportar un intervalo restringido de temperaturas entre 23 °C y 33 °C.

Ciclo de vida

Es una especie con fertilización externa y son ovíparos. Se reporta un efecto social en la determinación sexual durante la etapa juvenil. Los adultos forman parejas monógamas y muestran cuidado de la descendencia durante varias semanas. Desovan 300 a 1,000 huevos por puesta, presentando un pico de reproducción desde octubre hasta diciembre y un segundo pico en julio y agosto. Vive hasta 10 años en cautiverio.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimenta principalmente de caracoles, peces pequeños, insectos, gusanos y otros organismos bentónicos.

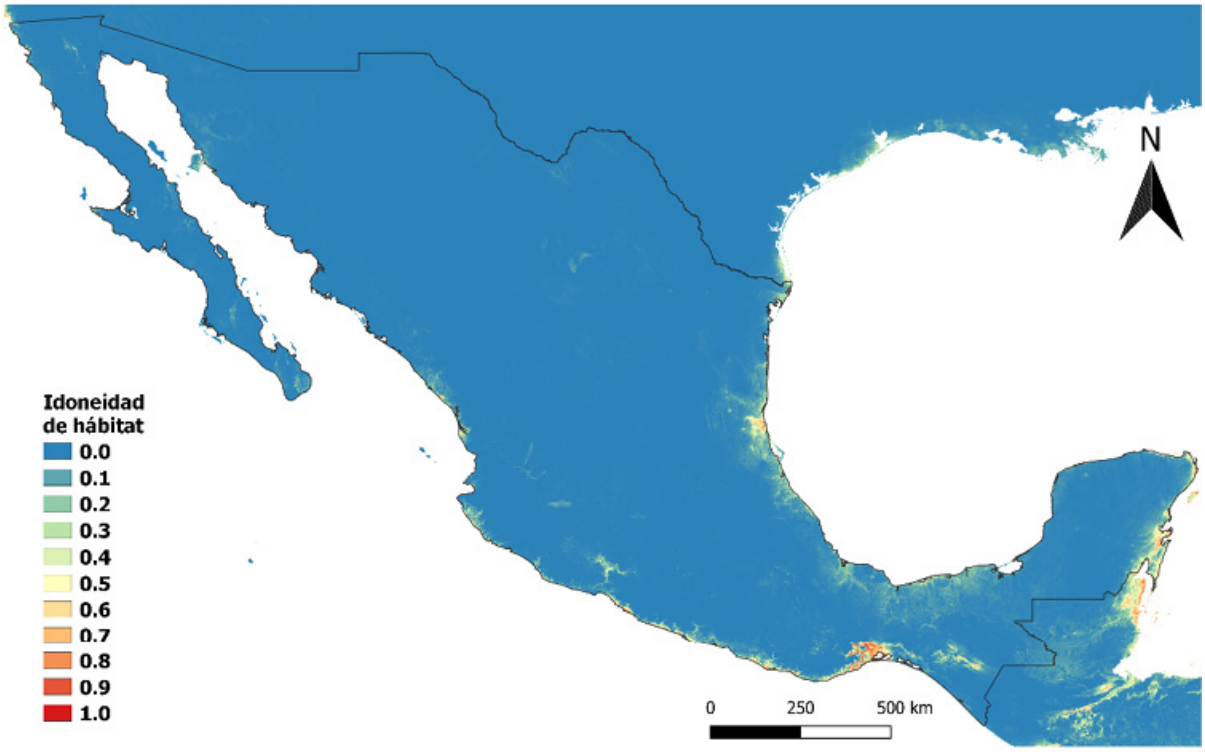


Figura 1. Distribución potencial de *Amphilophus citrinellus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de

la información: alta).

Impactos

En Puerto Rico se reporta que compite con sargentos, róbalos y óscares. Existe riesgo de introgresión por su facilidad de hibridar con otros cíclidos. Un híbrido, cruza de *Amphilophus trimaculatum* + *A. citrinellum* + *A. labiatus* + *Vieja synspila*, depreda pequeños peces y se teme que llegue a la región del Himalaya en donde existen muchas especies endémicas. No se encontró información de impactos en ríos, lagos o servicios ecosistémicos. Sus congéneres *Amphilophus zaliosus* y *A. labiatus* están consideradas como especies con alto riesgo de invasión en Australia.

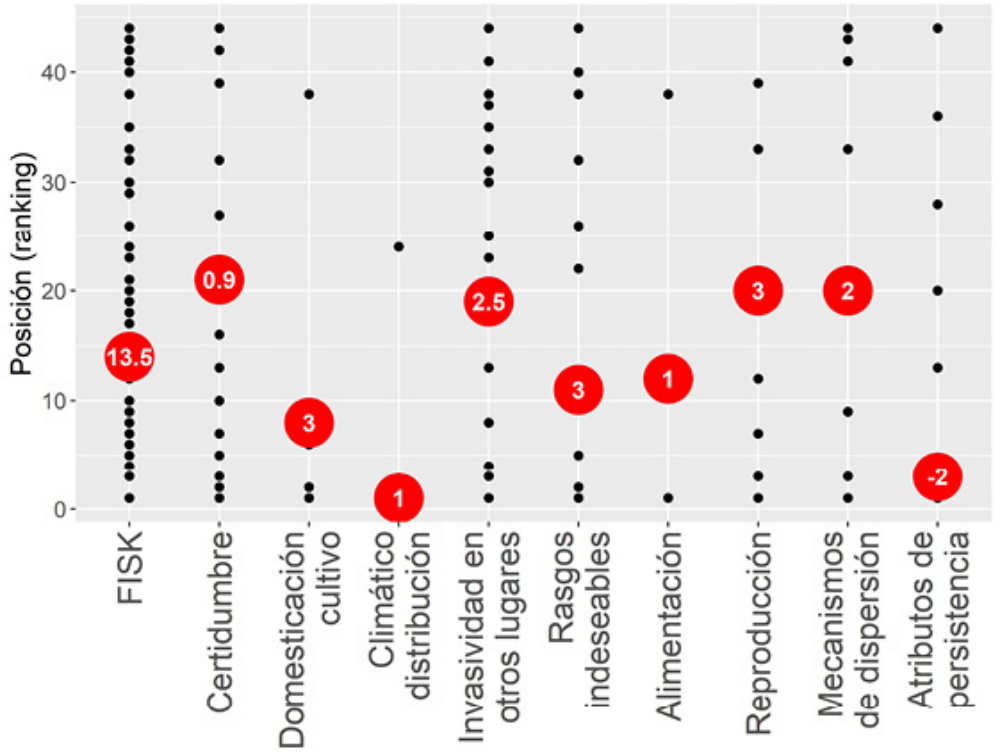


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Amphilophus citrinellus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los

valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Arapaima gigas Schinz, 1822
Paiche

El paiche (*Arapaima gigas*) es una especie de pez sudamericano introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se reporta que puede afectar potencialmente poblaciones nativas de peces. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo para una parte del país y medio a alto para ciertas regiones del noroeste, noreste y sureste del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Superbass ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Osteoglossiformes

Familia: Arapaimidae

Género: *Arapaima*

Especie: *Arapaima gigas*

Descripción

Es uno de los peces de agua dulce más grandes del mundo. Se han reportado individuos de más de 3 metros y hasta 150 kilogramos de peso. Las escamas pueden alcanzar 6 centímetros de longitud. Suelen ser de color gris con un moteado anaranjado cerca de su extremo posterior, presentan dos aletas simétricas a cada lado del cuerpo en el extremo posterior.

Distribución

Nativa de Centroamérica: cuenca del río Amazonas.

Se ha establecido en Bolivia y Tailandia, y probablemente también en Singapur y en el alto río Paraná y áreas del sureste de Perú cercanas a su área nativa.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, puede soportar salinidades de al menos 4 ppt durante sus etapas tempranas. Tiene preferencia por cuerpos de agua lénticos, habita ríos de corriente suave y lagunas poco profundas con abundante vegetación. Soporta temperaturas entre 24 °C y 30 °C; las temperaturas por debajo de 16 °C resultan letales. Es capaz de tolerar altos niveles de amonio y puede vivir en

cuerpos de agua anóxicos por su capacidad de respirar aire atmosférico. Realiza migraciones laterales que le permiten explorar y eventualmente colonizar nuevos lagos y ríos poco caudalosos.

Ciclo de vida

Pueden desovar todo el año, la reproducción se intensifica cuando las aguas comienzan a subir de nivel. La fecundidad es variable y sólo el 25% de los huevos son liberados (47,000 a 68,300 por puesta). Las larvas quedan al cuidado del macho hasta que alcanzan un tamaño cercano a los 25 cm (3–4 meses), antes de la próxima época reproductiva. Alcanzan la madurez sexual a la edad de 4–5 años. Pueden vivir hasta 20 años.

Alimentación

Es una especie carnívora. Los juveniles se alimentan principalmente de peces pequeños, decápodos, moluscos e insectos, pero pueden ser oportunistas tomando sus presas del ambiente (*e.g.* partes vegetales). Los adultos son más selectivos y prefieren peces de tamaño mediano, decápodos y algunas veces tortugas pequeñas.

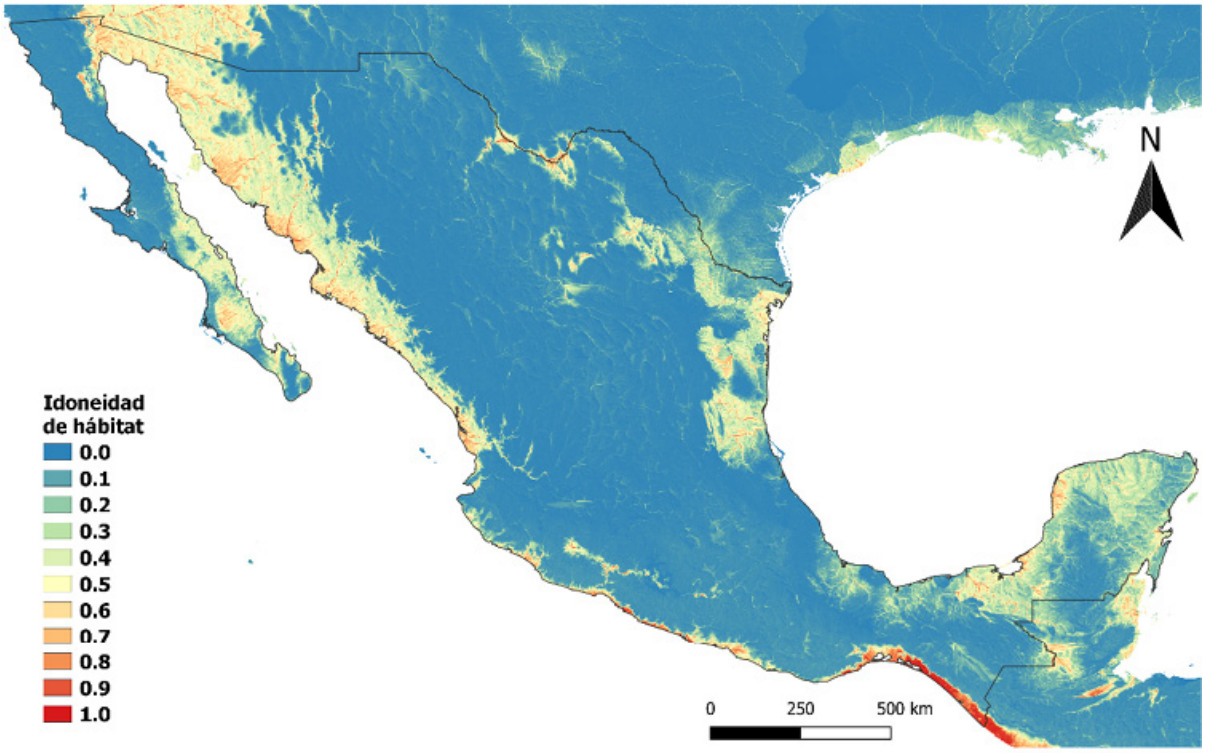


Figura 1. Distribución potencial de *Arapaima gigas* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

La especie es depredadora tope que puede llegar a consumir 8% de su biomasa por día y se ha documentado la depredación de pequeños carácidos nativos en Bolivia, donde se le considera una de las principales amenazas para la diversidad de peces nativos y también se han reportado afectaciones a las pesquerías. Su espectro alimenticio en Bolivia es más amplio que en su área de distribución natural. En Brasil fue introducido con propósitos de biocontrol de pirañas en lagos del sureste, pero también causó la disminución de poblaciones nativas.

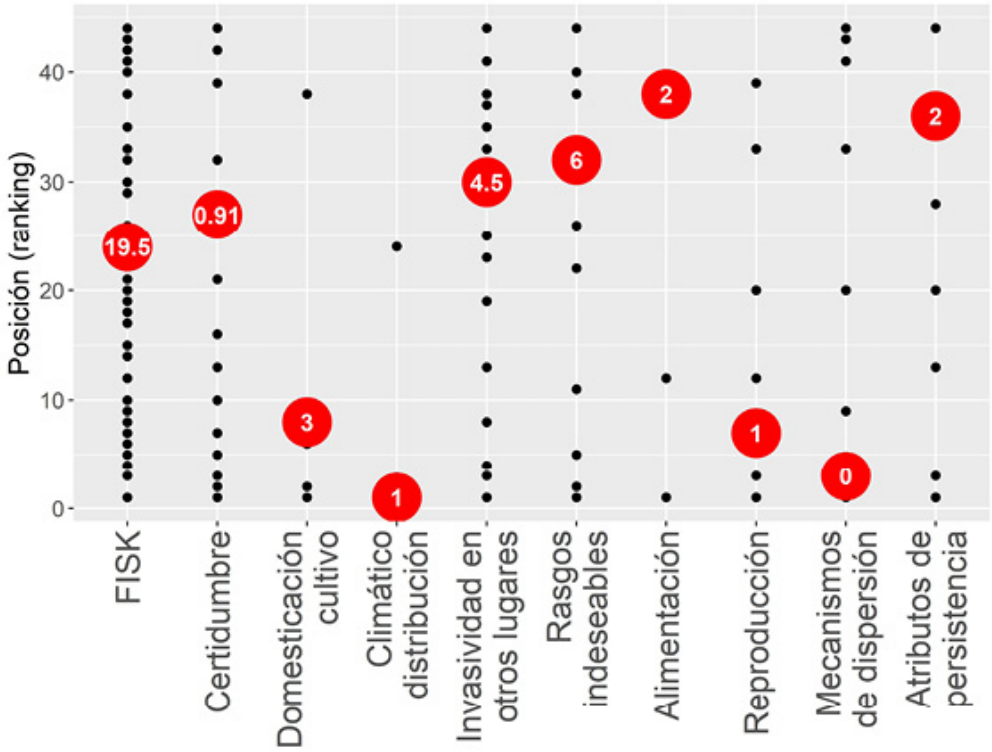


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Arapaima gigas* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Astronotus ocellatus Agassiz, 1831
Óscar

El óscar es un cíclido nativo de América del Sur. Puede depredar peces e invertebrados nativos, competir por alimento, y posiblemente por sitios de anidación, y los machos pueden ser agresivos durante el desove. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento relativamente bajo para gran parte del país y medio a alto para ciertas regiones del este y sureste del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: H. Zell ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Astronotus*

Especie: *Astronotus ocellatus*

Descripción

Boca grande con labios gruesos. Las bases de las aletas dorsales y anales son densamente escamadas. Color oscuro con naranja brillante en el margen del opérculo y en la parte ventral hacia los lados laterales del cuerpo; a menudo tiene una mancha negra con margen naranja en la base caudal. Talla máxima de 45.7 cm.

Distribución

Nativa de Sudamérica: Argentina, Brasil, Colombia, Guyana Francesa y Perú.

Se ha establecido en EE. UU. continental y Hawái, en Costa de Marfil, Puerto Rico, Singapur, Guam, Australia, China, Sri Lanka y posiblemente en Venezuela.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, pueden sobrevivir en salinidades altas. Preferencia por cuerpos lénticos. Tolera temperaturas entre 13 °C y 25 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Los huevos y las larvas son cuidados por ambos padres. Los adultos se aparean y permanecen juntos para reproducirse varias veces. La reproducción puede ocurrir más de una vez al año. Alcanzan la madurez sexual a los 12 cm de longitud total. Vive hasta 20 años.

Alimentación

Son principalmente carnívoros, pero también ingieren materia vegetal. Su dieta incluye peces e insectos, aunque llegan a ingerir reptiles de manera oportunista. Puede tener un impacto significativo en los peces nativos a través de depredación.

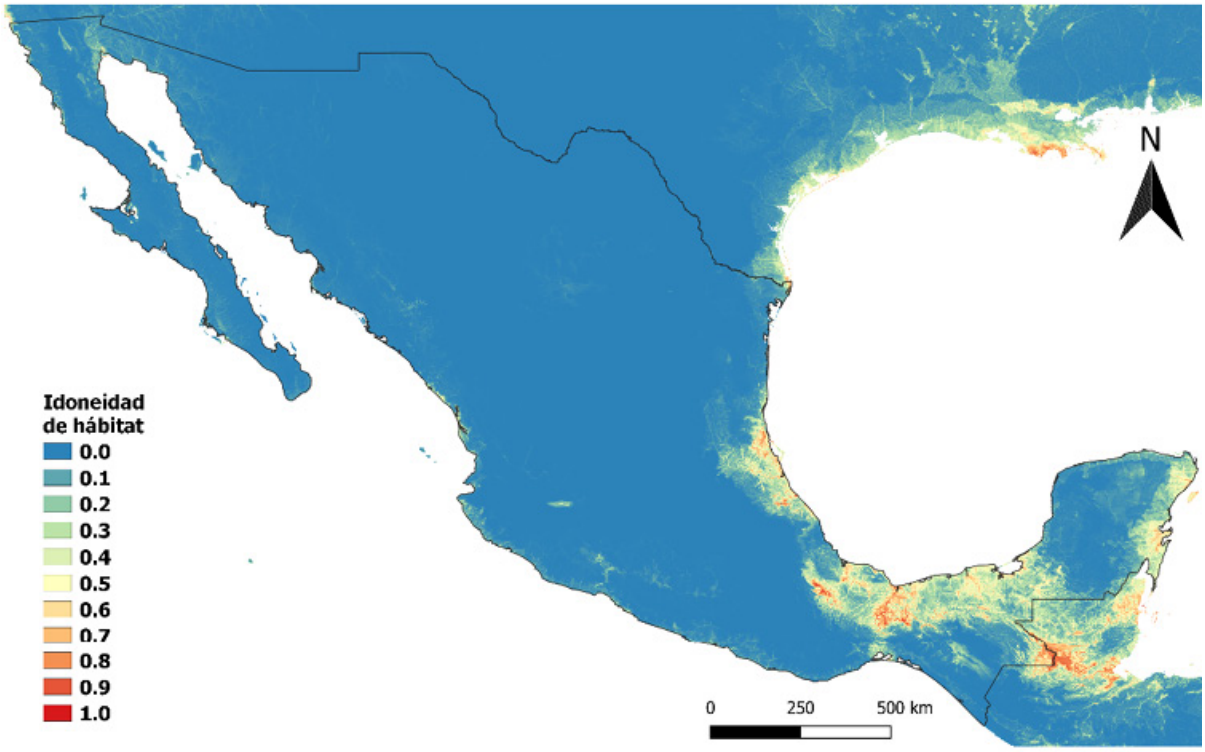


Figura 1. Distribución potencial de *Astronotus ocellatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la

información: alta).

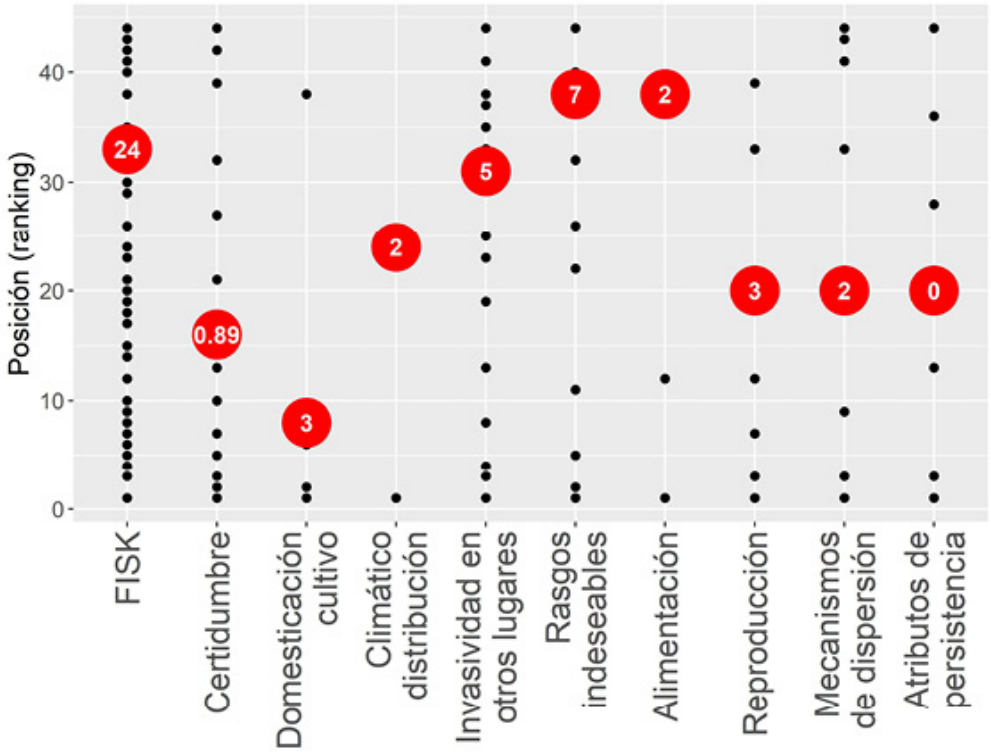


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Astronotus ocellatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Impactos

Se ha reportado una disminución significativa en la riqueza de especies en un lago en Brasil después de la introducción de óscares. Los ejemplares grandes depredan peces pequeños e invertebrados y por su comportamiento excavador para hacer nidos durante el desove pueden impactar negativamente a otros organismos. Se consideran competidores potenciales de centrárquidos por alimento y posiblemente por áreas de anidación. En Florida, estudios tróficos revelaron el traslape en la dieta de los

óscares y las especies nativas y depredación de especies nativas.

Astyanax mexicanus De Filippi, 1853
Sardinita mexicana

La sardinita mexicana (*Astyanax mexicanus*) es una especie de carácido introducido en Filipinas y varias regiones de EE. UU. fuera de su área de distribución nativa. Se considera como una especie oportunista capaz de desplazar especies nativas en arroyos estresados ecológicamente. El modelo de distribución potencial muestra algunas zonas con alto riesgo de establecimiento fuera de su área nativa. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Astyanax*

Especie: *Astyanax mexicanus*

Descripción

Es plateado a excepción de una línea lateral negra que se extiende desde la base de la aleta caudal al centro de la aleta caudal. La cabeza es grande, comprimida lateralmente y sin escamas. Posee dientes grandes y afilados. Los adultos pueden alcanzar una longitud máxima de 8 cm.

Distribución

Nativa de Norteamérica: ríos del este y centro de México, así como en la parte baja del Río Grande, Pecos y Nueces en Texas.

Se ha introducido en Luisiana, Oklahoma, Arizona, Nuevo México, California, Ohio y en Filipinas.

Estatus

Nativa de México, traslocada.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque se reporta que tolera agua salobre. Habita arroyos con corriente y se localizan cardúmenes de cientos y miles en las corrientes más rápidas. Puede soportar un amplio rango de temperaturas entre 13 °C y 36 °C. Algunas variedades han sido

capaces de adaptarse a las condiciones hipóxicas de las cuevas acuáticas.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Se trata de una especie prolífica que se reproduce todo el año. Los huevos son escondidos en hendiduras y permanecen adheridos al substrato hasta la eclosión.

Alimentación

Es una especie omnívora, cuya boca grande con dientes le permite alimentarse de peces más pequeños, algas filamentosas, plantas, moluscos, anfípodos, ostrácodos, acociles, caracoles y ocasionalmente peces. En caso de ser traslocada existe riesgo de que afecte poblaciones nativas debido a su comportamiento depredador y su alta agresividad.

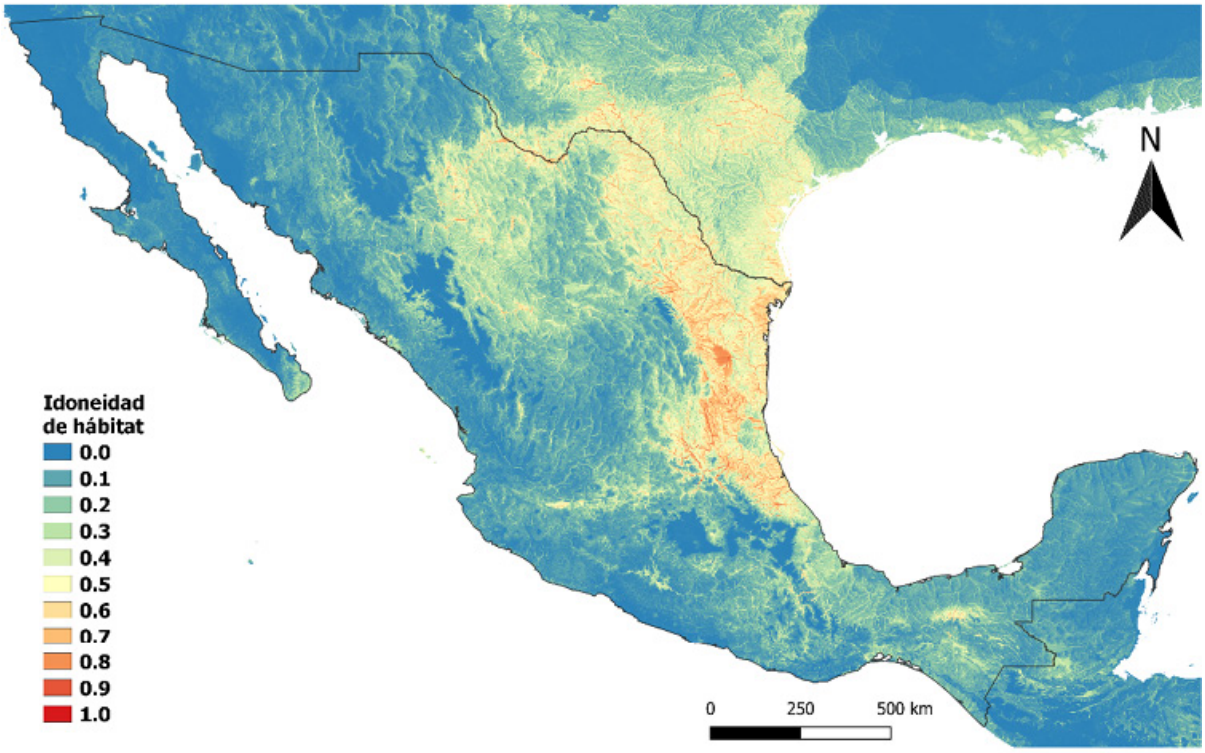


Figura 1. Distribución potencial de *Astyanax mexicanus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Está considerada como una especie oportunista capaz de desplazar especies nativas en arroyos estresados ecológicamente. Posible vector de diversos parásitos.

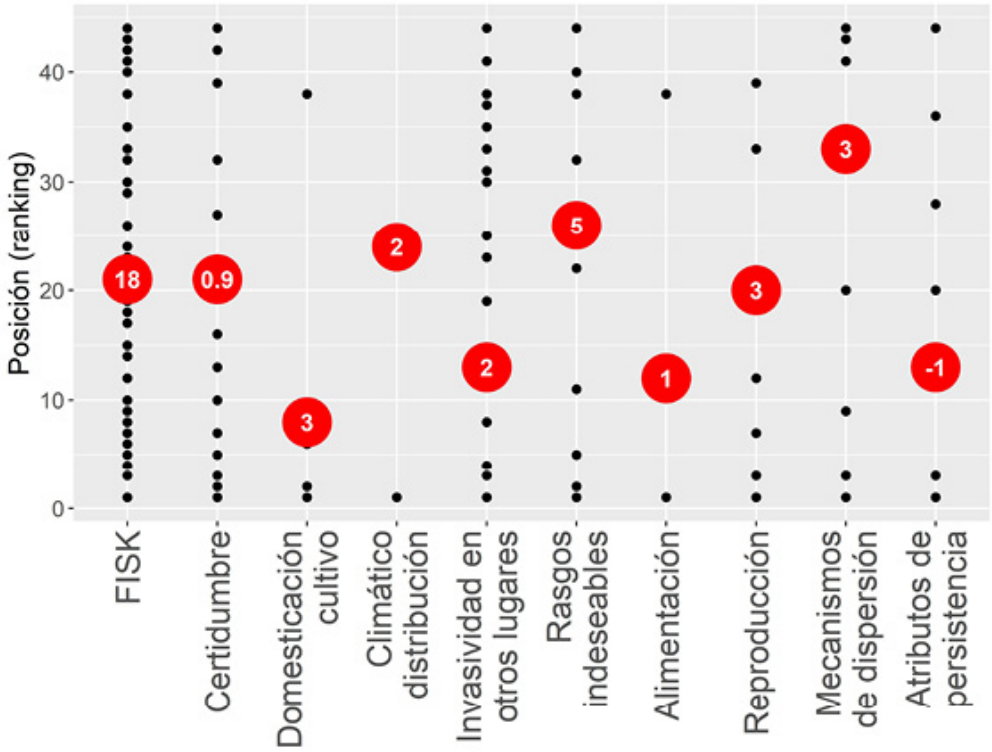


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Astyanax mexicanus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Barbodes semifasciolatus Günther, 1868
Barbo dorado

El barbo rosado es un pez ciprínido introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los posibles impactos de su introducción. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo para gran parte del país y medio a alto para ciertas regiones del este y sureste del país, así como zonas cercanas a la costa del Pacífico desde Sinaloa hasta Guerrero. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Chmee2 ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Barbodes*

Especie: *Barbodes semifasciolatus*

Descripción

Presenta el cuerpo más ancho por la parte central y comprimido por los laterales. Sus aletas son blandas y redondeadas, destacando la caudal que suele tener una terminación en forma de “V”. Su cuerpo es de color amarillo, las hembras suelen tener manchas negras, los machos tienen menos manchas o directamente no tienen, las aletas son anaranjadas, en las hembras con un tono más fuerte que en los machos.

Distribución

Nativa de Asia: sureste de China, de Hong Kong a la isla de Hainan, Laos, Vietnam y Tailandia.

Se ha establecido en Brasil, Singapur, Hawái y Rusia.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita lugares de flujo lento y aguas estancadas, como pantanos y canales de irrigación.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. No exhibe cuidado parental. Usualmente desovan alrededor de 100 huevos por puesta, aunque pueden llegar a desovar hasta 300. El tiempo para alcanzar la madurez es menor a 1 año. Vive hasta seis años.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimenta de gusanos, crustáceos, insectos, materia vegetal y detritus. Se desconoce si su alimentación puede afectar de forma negativa.

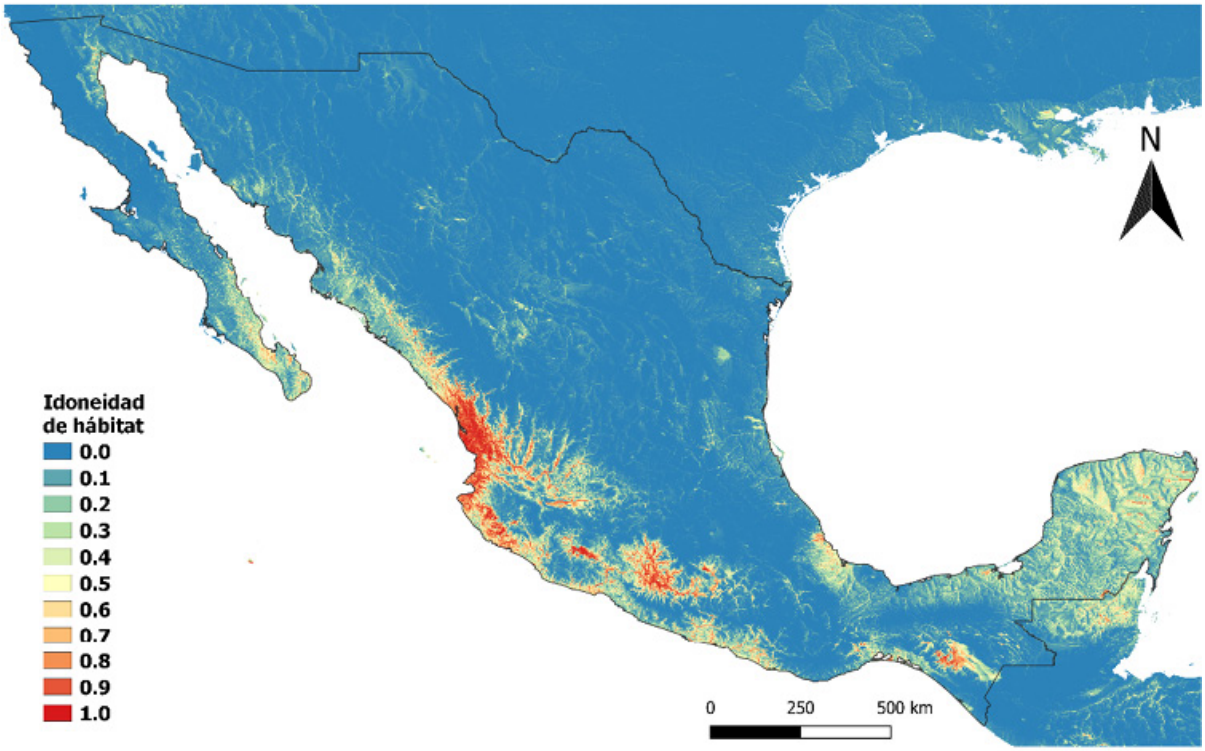


Figura 1. Distribución potencial de *Barbodes semifasciolatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen los posibles impactos de su establecimiento.

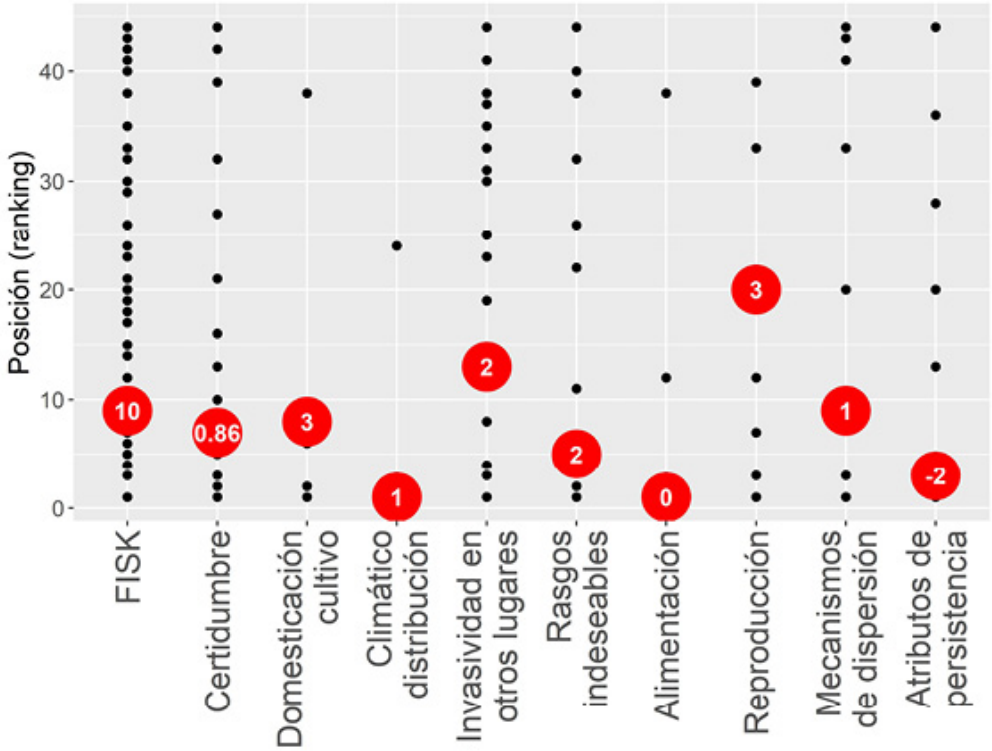


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Barbodes semifasciolatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Barbonymus schwanenfeldii Bleeker, 1854
Barbo hojalata

El barbo hojalata es una especie de ciprínido asiático introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se ha sugerido que podría afectar negativamente los ecosistemas en los que se establece debido a sus características. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento muy bajo para la mayor parte de México, solo con algunas zonas aisladas de medio y alto riesgo. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Rufus46 ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Barbonymus*

Especie: *Barbonymus schwanenfeldii*

Descripción

Se distingue de otras especies del género por tener una aleta dorsal de color rojo con una mancha negra en la punta; tiene aletas pectorales, pélvicas y anales de color rojo y la aleta caudal también es roja, pero con un margen blanco. El macho puede llegar a medir hasta 35 cm.

Distribución

Nativa de Asia: Cuencas de los ríos Mekong y Chao Phraya; Borneo y Sumatra, y en todos los ríos y lagos de la península de Malasia.

Se ha establecido en EE. UU., Costa de Marfil, Malasia, Filipinas, Sri Lanka, Singapur y Taiwán.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita ríos, arroyos, canales y acequias. Ocurre en ríos de tamaño mediano a grande y puede entrar en campos inundados.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Los reproductores desovan aguas arriba de los ríos en la temporada de lluvias. Las crías permanecerán en los ríos hasta que se conviertan en alevines antes de emigrar a otras partes del lago. La mayoría de los peces tienden a colonizar los ríos, mientras que algunos se trasladan a las aguas abiertas de lagos para colonizarlos. La especie es muy fecunda y las hembras desovan entre 7,900 y 16,000 huevos por puesta, con hasta tres eventos reproductivos por año. Vive hasta 15 años.

Alimentación

Es en gran parte herbívoro, consumiendo macrófitas acuáticas y plantas terrestres sumergidas, así como algas filamentosas y ocasionalmente insectos, pequeños peces, gusanos y crustáceos. Por sus hábitos alimenticios es posible que dañe la cobertura vegetal que sirve de refugio y sitios de anidación para otras especies.

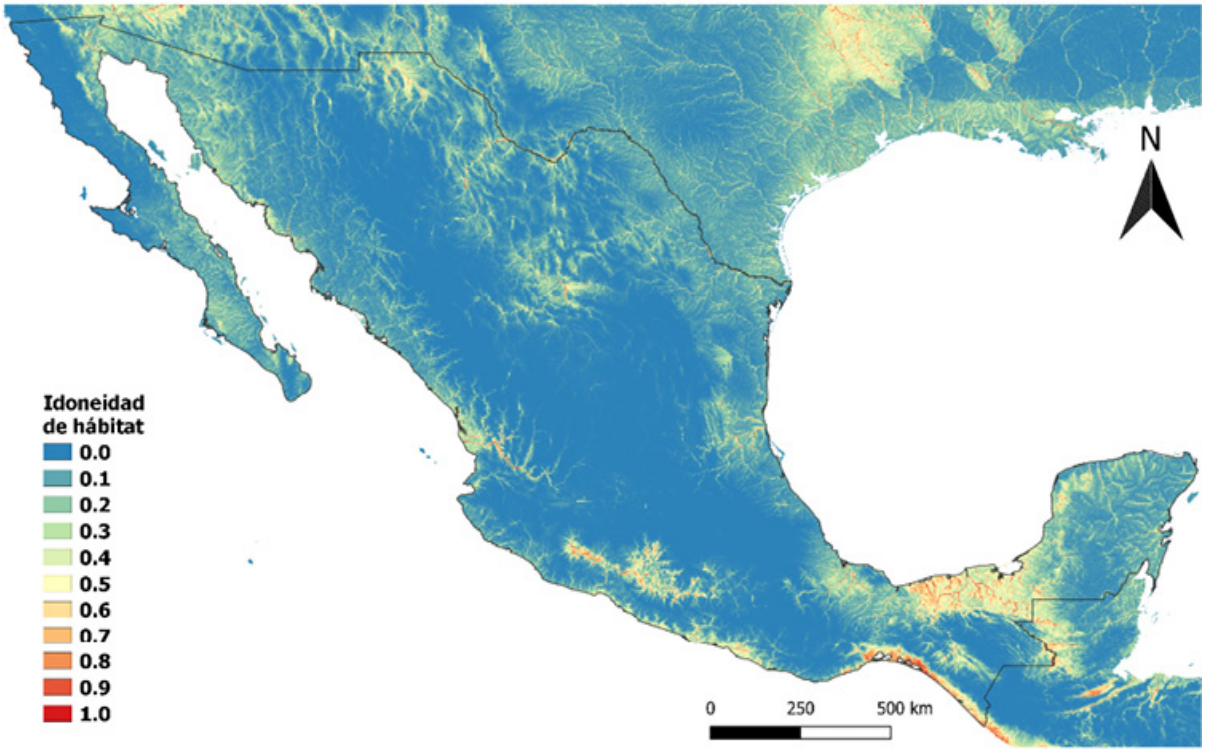


Figura 1. Distribución potencial de *Barbonymus schwanenfeldii* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

Aunque no hay evidencia de impactos, algunos autores han sugerido que podría afectar negativamente los ecosistemas en los que se establece debido a su tamaño, alta tasa reproductiva, su amplio espectro alimenticio y por ser portador de parásitos que pudieran infectar a peces nativos como *Ichthyophthirius* sp.

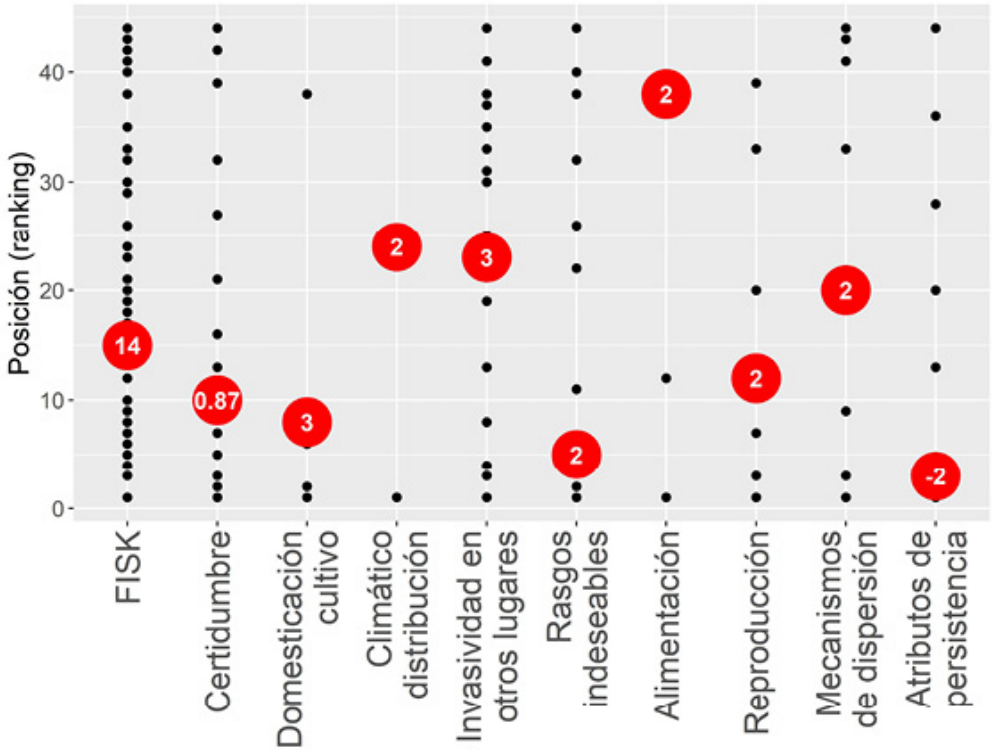


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Barbonymus schwanenfeldii* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Beaufortia leveretti Nichols & Pope, 1927
Come algas chino

El come algas chino es una especie de pez comercializado en el acuarismo. No se han reportado poblaciones introducidas fuera de su área de distribución nativa, por lo que se desconoce su impacto potencial. La especie solo se reporta en las zonas climáticas Köppen–Geiger Aw, Cf y Cw, las cuales representan solo una pequeña fracción del área de análisis. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Grégoire Germeau ⓒ.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Balitoridae

Género: *Beaufortia*

Especie: *Beaufortia leveretti*

Descripción

Tiene un cuerpo aplastado dorsoventralmente que funciona a modo de ventosa, por las corrientes de su biótopo. Tiene los ojos en la parte superior de la cabeza y la boca se dispone en la parte inferior para permitirles comer algas. Las aletas pectorales y las anales son cortas, anchas y aplanadas, para la adherencia. Las aletas dorsal y caudal son pequeñas, aunque fuertes. La aleta postanal es muy pequeña y aparece relativamente alejada del ano.

Distribución

Nativa de Asia: China y Vietnam.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita rápidos y arroyos con una corriente muy fuerte y altos niveles de oxígeno disuelto. Requieren aguas ligeramente frías (18 °C a 24 °C) y altamente oxigenadas.

Ciclo de vida

Se desconocen los aspectos de su ciclo de vida. Se reporta que son muy difíciles de reproducir en cautiverio. Requieren de una corriente fuerte y migran en la naturaleza. Vive hasta ocho años.

Alimentación

Se alimenta principalmente de algas. En acuarios se recomiendan todo tipo de alimentos que se hunden, pero los productos vegetales deben constituir la mayor parte de la dieta. Se considera poco probable que esto produzca impactos.

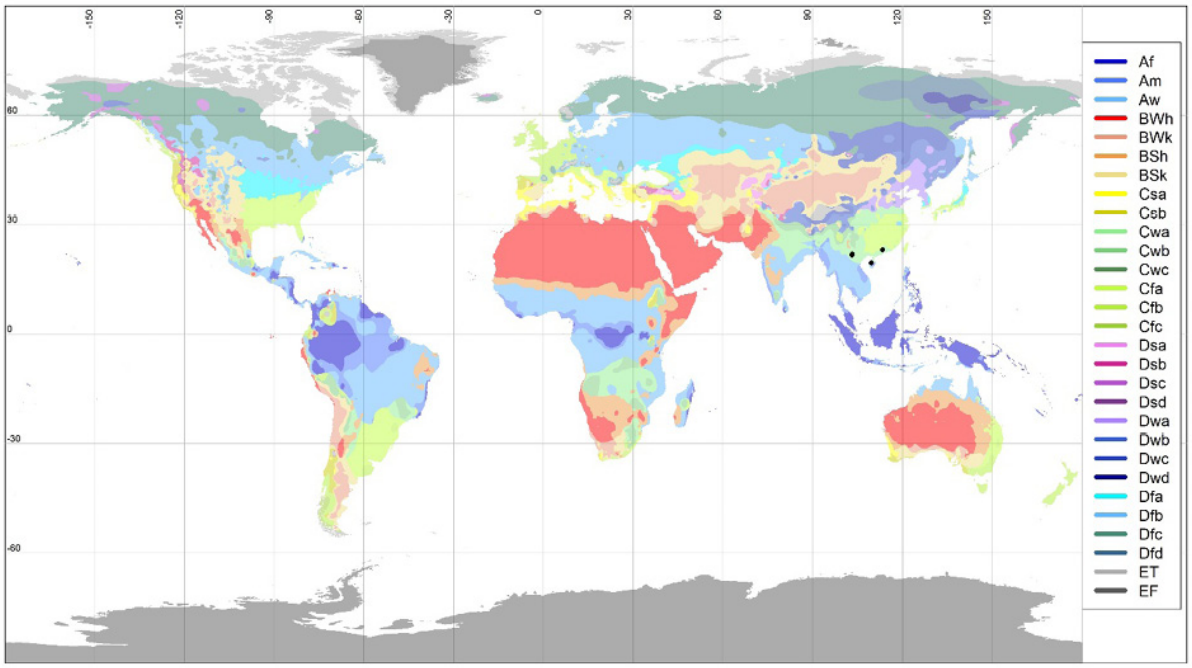


Figura 1. Registros de presencia de *Beaufortia leveretti* en el mundo. Se muestran las zonas climáticas Köppen–Geiger.

Impactos

No se han reportado poblaciones introducidas fuera de su área de distribución nativa, por lo que se desconoce su impacto potencial.

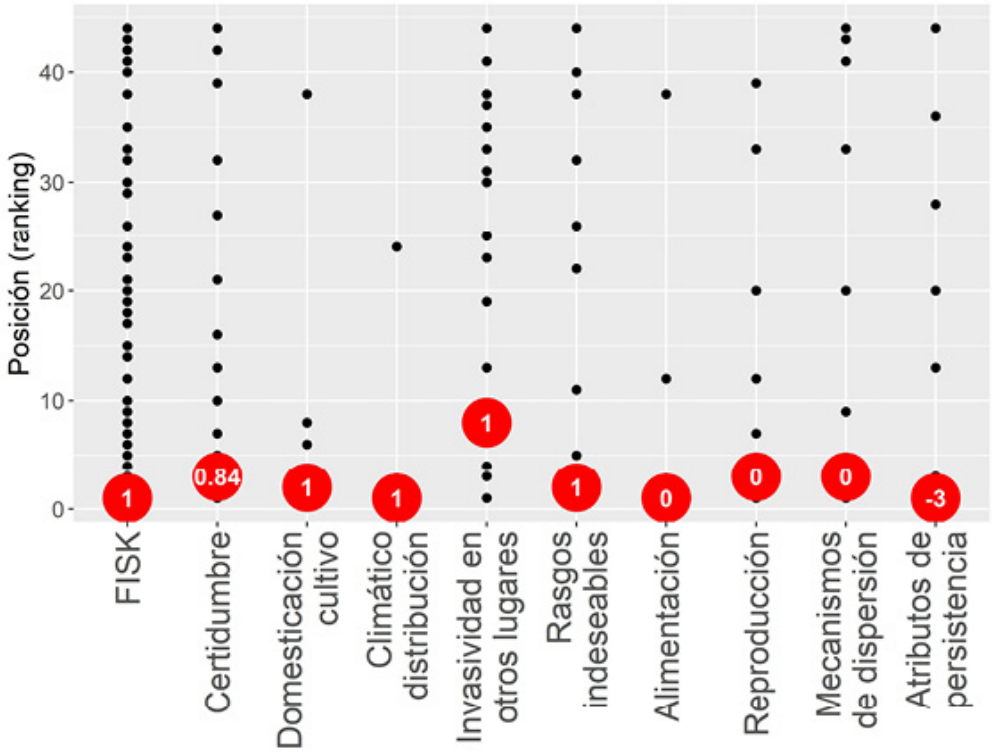


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Beaufortia leveretti* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Betta splendens Regan, 1910
Betta

El betta es una especie asiática introducida en varios países por la vía del acuarismo, es de las especies ornamentales más populares en el ámbito mundial. Se encuentra establecida en Australia, Brasil, Colombia, Singapur y República Dominicana y probablemente en Indonesia y Malasia. No existe información de que la especie pueda causar daños al ecosistema o a la salud humana. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento muy bajo para la mayor parte de México, con algunas zonas cercanas a la costa de riesgo medio y alto. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Daniella Vereeken ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Osphronemidae

Género: *Betta*

Especie: *Betta splendens*

Descripción

Mide entre 6.5–9 cm. Su cuerpo tiene una forma fusiforme–normal, se caracteriza por tener bandas rojizas en el opérculo; línea lateral no interrumpida, posee 29–34 vértebras. Existen muchas variedades coloridas de esta especie, por lo que son muy populares en el acuarismo.

Distribución

Nativa de Asia: cuenca del Mekong en Camboya, Laos, Tailandia y Vietnam.

Se ha establecido en Australia, Brasil, Colombia, Singapur y República Dominicana, probablemente también en Indonesia y Malasia.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque pueden sobrevivir y crecer a bajas

salinidades. Habitan en aguas estancadas, llanuras aluviales, canales o campos de arroz. Puede habitar cuerpos de agua con bajas concentraciones de oxígeno por su capacidad de respirar oxígeno atmosférico. Pueden sobrevivir estivando en el lodo húmedo durante la temporada seca. Soporta un rango corto de temperaturas entre 24 °C y 30 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Los machos construyen un nido de burbujas en la superficie del agua. Después de un intenso cortejo, el macho se envuelve alrededor de la hembra en un abrazo nupcial durante el cual fertiliza los huevos liberados por la hembra, recoge los huevos en su boca cuando se hunden y los deposita en el nido. El macho cuida los huevos hasta que eclosionan unas 36 horas más tarde. Su fecundidad puede llegar hasta 300 huevos por desove. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, en vida silvestre se alimentan principalmente de insectos. También se alimentan de algas.

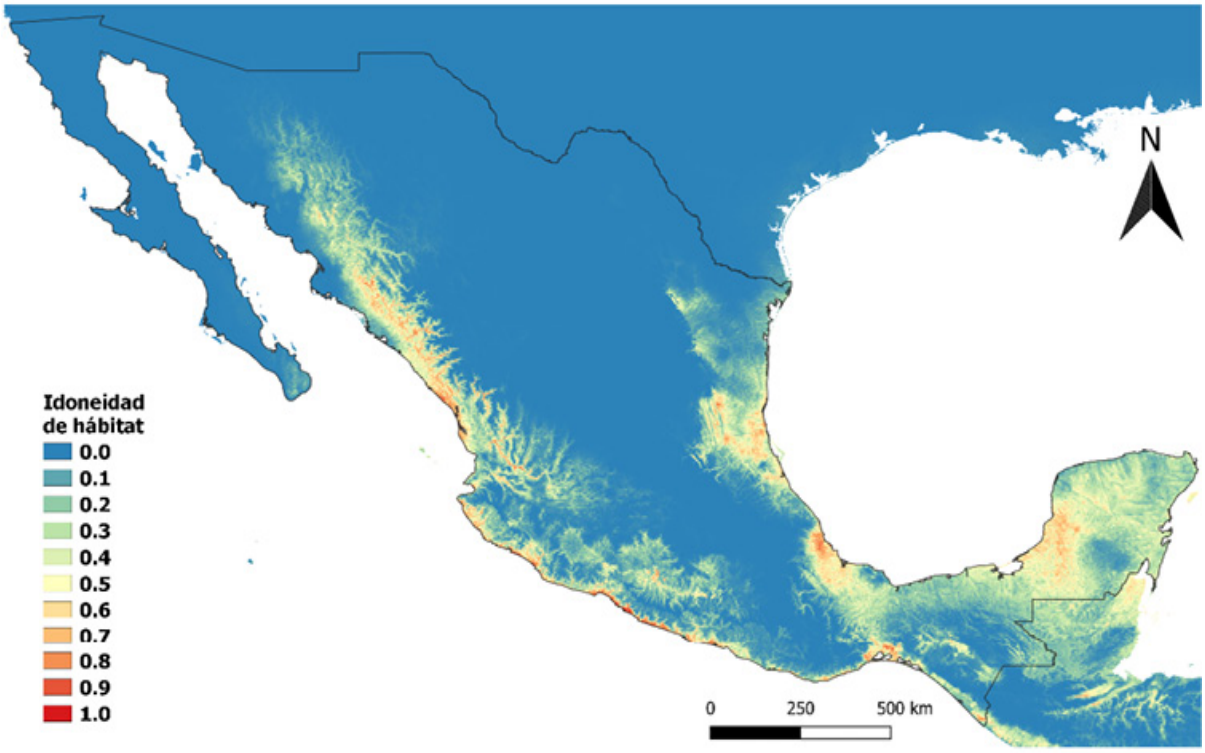


Figura 1. Distribución potencial de *Betta splendens* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

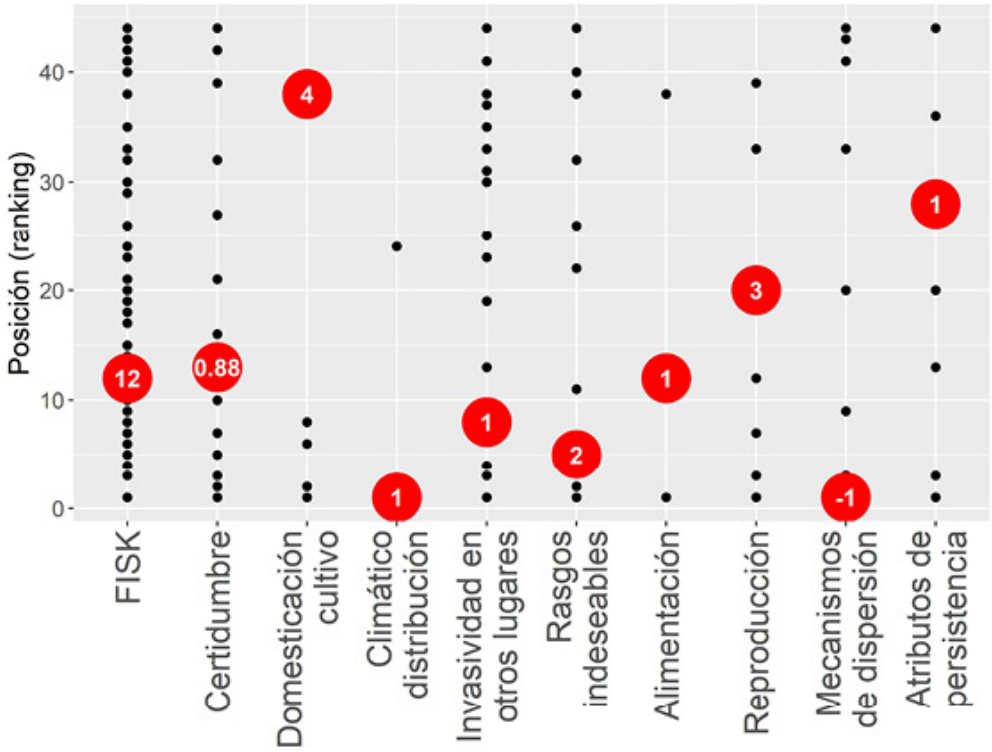


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Betta splendens* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Impactos

No hay evidencia de que la especie compita con especies nativas, aunque se menciona que es probable que haya una interacción agresiva y competencia por el espacio y alimento entre *Betta splendens* y pequeños peces y renacuajos nativos en refugios locales, especialmente teniendo en cuenta la abundancia notoria de *B. splendens*. Posible vector de diversos parásitos y patógenos.

Carassius auratus Linnaeus, 1758
Carpa dorada

La carpa dorada es un pez ciprínido introducido en más de 80 países por la vía del acuarismo y la acuacultura. Se ha demostrado que afecta poblaciones nativas y altera los ciclos biogeoquímicos. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para gran parte del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Carassius*

Especie: *Carassius auratus*

Descripción

Posee un cuerpo fuerte y robusto. Cabeza sin escamas. Aletas dorsales y anales con espinas huesudas serradas, mientras que las aletas pélvicas y torácicas son cortas y amplias. La pigmentación es de un café aceituna, verde–aceituna con brillo en bronce, plateado, grisáceo amarillento, gris plata, oro (a menudo con manchas negras) al blanco cremoso, blanco amarillento. Las formas cultivadas varían de color. Su longitud total y peso máximo son de 59 cm y 3 Kg, respectivamente.

Distribución

Nativa de Asia: China, Hong Kong, Japón, Laos, Macao y Birmania.

Se ha establecido en más de 70 países, incluyendo México.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Dulceacuícola. Típicamente se encuentra en las partes estancadas o de poco flujo de ríos, lagos, estanques y otros cuerpos de agua. Puede soportar un amplio intervalo de temperaturas, oxígeno

disuelto, pH y salinidad.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Madura entre los 225 y 233 días. Durante la época reproductiva los patrones de movimiento incluyen desviaciones hacia hábitats lénticos. Desovan de tres a 10 lotes de huevos en intervalos de 8 a 10 días durante la temporada de reproducción. Los huevos son adheridos a las plantas acuáticas y objetos sumergidos. La fecundidad varía entre 286 a 219,104 huevos por desove. Vive hasta 41 años.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimenta de algas filamentosas, diatomeas, crustáceos planctónicos, fitoplancton, larvas de insectos, huevos de otros peces, vegetación bentónica y detritus. Debido a los impactos reportados en otros sitios, su forrajeo puede potencialmente afectar los sitios en donde se establezca.

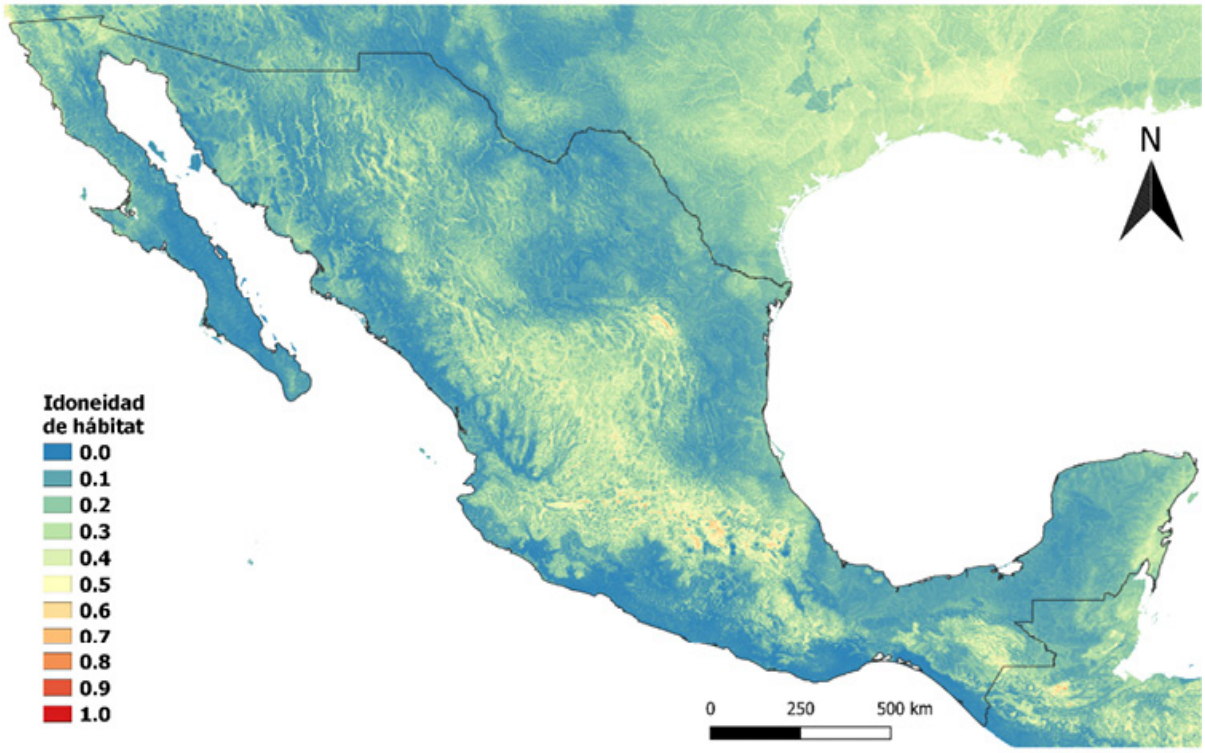


Figura 1. Distribución potencial de *Carassius auratus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Esta especie ha sido implicada en la modificación de las comunidades naturales bentónicas, incrementa la turbidez y altera los ciclos biogeoquímicos mediante la resuspensión de los sedimentos, facilita los florecimientos algales nocivos y depreda y compite con especies de peces nativos. El crecimiento de cianobacterias como *Microcystis aeruginosa* se ve estimulado por el paso de éstas a través de su intestino. Ha ocasionado descensos en la abundancia de poblaciones de *Esox lucius* (lucio europeo) como resultado de la turbidez que generan. Se le atribuye la disminución

de poblaciones de carpas de valor comercial en el bajo y medio Danubio en Europa central.

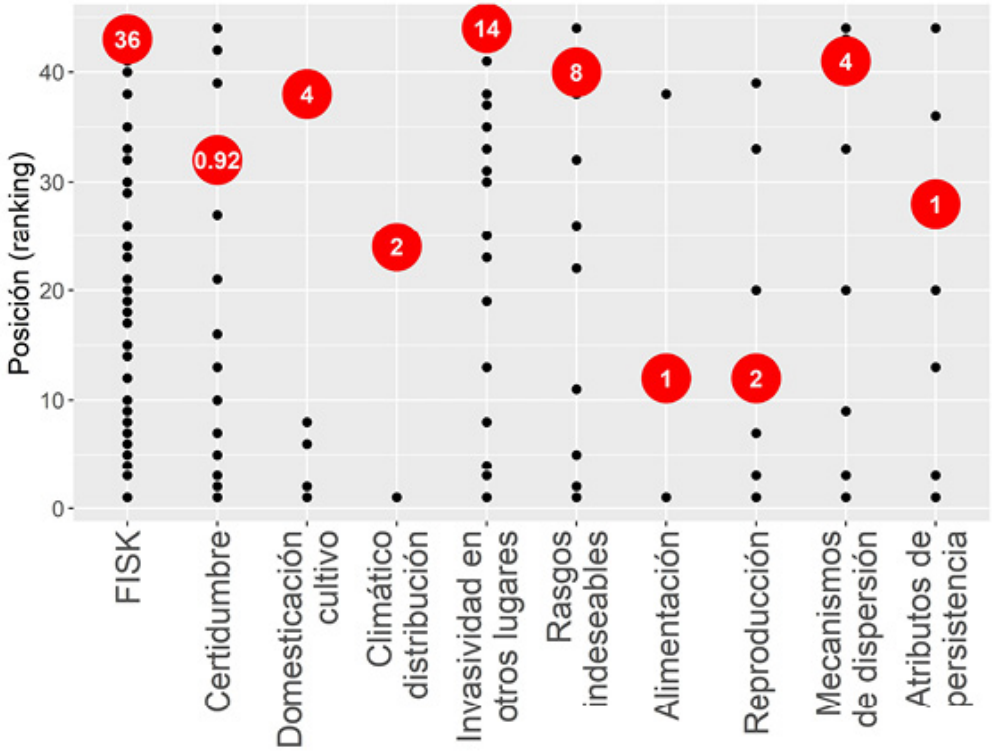


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Carassius auratus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Channa micropeltes Cuvier, 1831
Cabeza de serpiente rojo

El cabeza de serpiente rojo es una especie de pez asiático que se importa a muchos países como alimento vivo y como pez de acuario ornamental. No hay datos disponibles sobre los impactos ambientales, aunque por su agresividad es probable que afecte otros peces y organismos acuáticos, por competencia y depredación. El modelo de distribución potencial muestra riesgo de establecimiento relativamente alto para gran parte del país, particularmente regiones cercanas a la costa. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: George Chernilevsky ⓒ.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Channidae

Género: *Channa*

Especie: *Channa micropeltes*

Descripción

Es el miembro más grande de la familia Channidae, crece hasta 1.5 metros y llega a pesar más de 20 kg. Tiene escamas más pequeñas que otras especies grandes del mismo género. Tiene 16–17 filas de escamas entre el ángulo preopercular y el borde posterior de la órbita, 22 escamas predorsales y 95–110 escamas en serie longitudinal; de 82 a 91 escamas en series longitudinales para especímenes de Malasia peninsular. Todas las aletas solo tienen radios blandos: 43–46 radios de la aleta dorsal, 27–30 radios de la aleta anal, 15 radios pectorales y seis radios pélvicos. La aleta pélvica tiene aproximadamente 50% de la longitud de la aleta pectoral.

Distribución

Nativa de Asia: cuencas del Mekong y Chao Phraya; la península de Malaca y las islas de Sumatra y Borneo.

Se ha introducido en Singapur, EE. UU., China, Filipinas, Inglaterra, Italia e Israel.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita grandes canales de ríos de tierras bajas, lagos y hábitats modificados por el hombre, incluidos canales y embalses, con preferencia por aguas lénticas o de flujo lento. Puede soportar temperaturas entre 20 °C y 30 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Muestran cuidado parental. Suelen anidar en un área circular, que los padres limpian de vegetación. Los huevos se elevan y flotan en la columna de agua donde son custodiados por los padres. *Channa micropeltes* custodia ferozmente sus huevos, atacando incluso a los humanos que se acercan al nido. Tienen una alta fecundidad y pueden desovar de 22,000 a 115,000 huevos por puesta. Después de la reabsorción del vitelo, las larvas se alimentan de zooplancton y típicamente permanecen juntos hasta que alcanzan la etapa juvenil temprana, custodiados por uno o ambos adultos. Vive hasta 15 años.

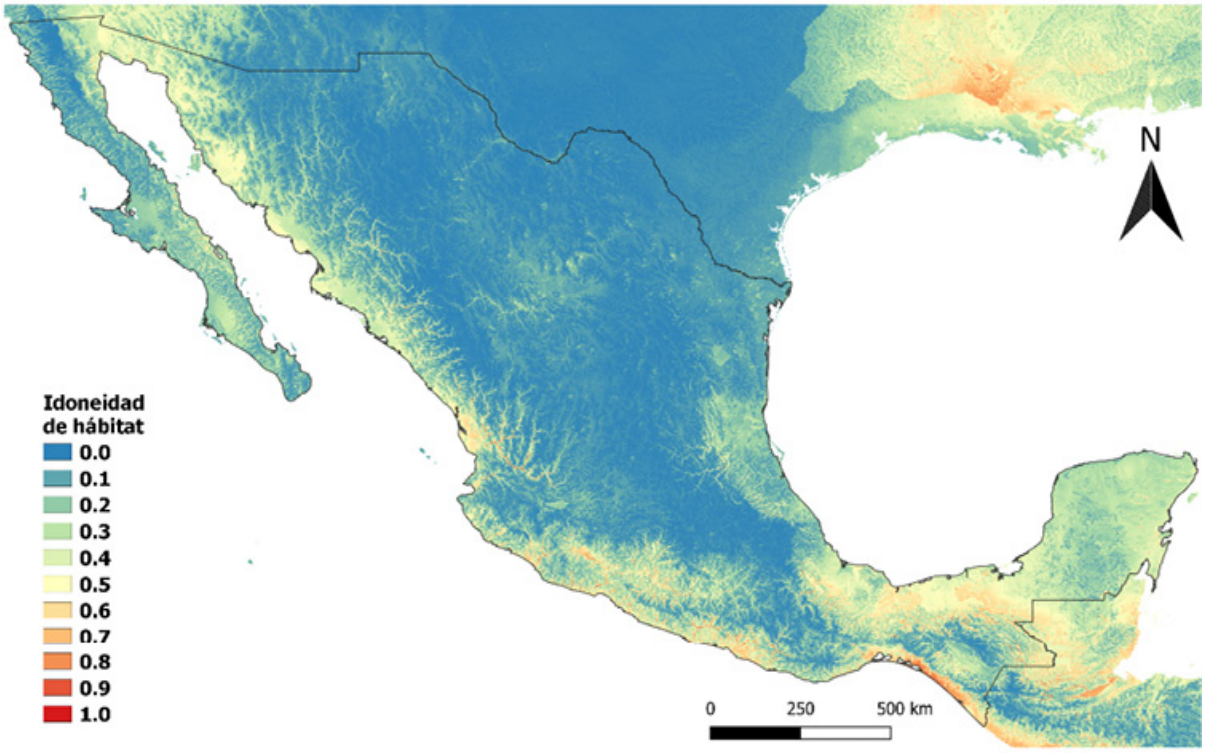


Figura 1. Distribución potencial de *Channa micropeltes* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Alimentación

La especie es carnívora, se alimenta principalmente de peces y en ocasiones de crustáceos. Por su agresividad puede provocar impactos debido a competencia y depredación.

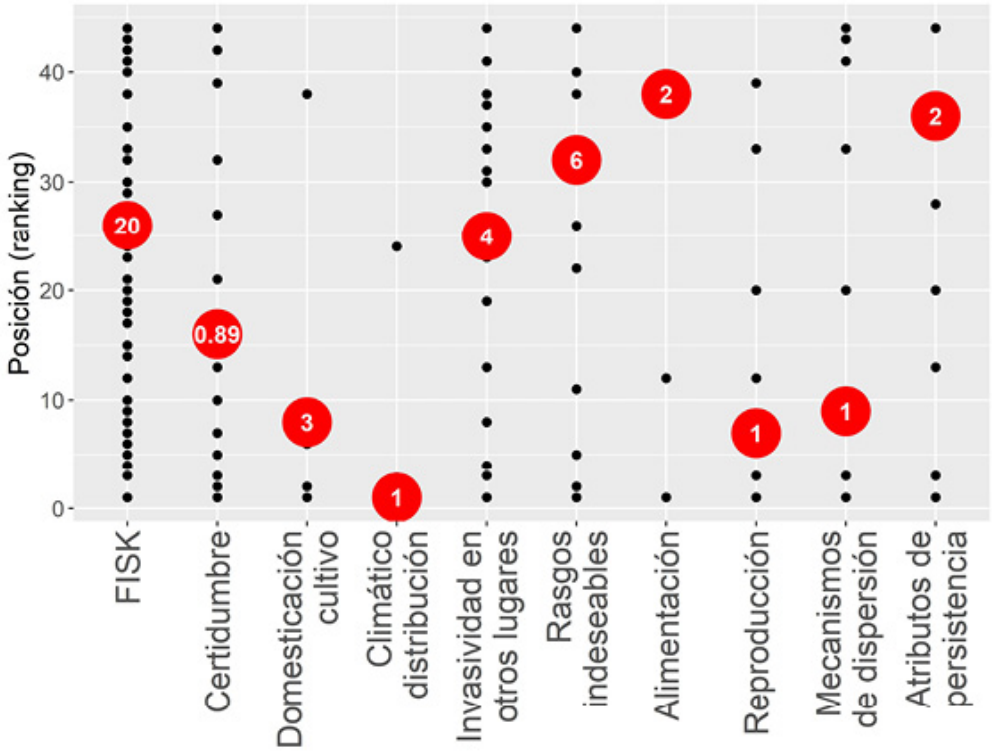


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Channa micropeltes* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Impactos

No hay datos disponibles sobre sus impactos ambientales. Sin embargo, debido a que es muy agresivo puede competir con otros peces y otros organismos acuáticos por el alimento y depredar a los peces, crustáceos, ranas, serpientes, lagartos y aves acuáticas jóvenes. En Singapur se alimenta de tilapia del Nilo y otros peces en el embalse, aunque se desconoce si ha afectado sus poblaciones. En los Jardines Botánicos de Singapur, las autoridades planearon retirarlos de los estanques porque consumían polluelos de cisnes.

Cyprinus carpio Linnaeus, 1758
Carpa común

La carpa común es una especie de ciprínido introducido y establecido en varios países. Se ha demostrado que altera los ciclos biogeoquímicos y la estructura de las comunidades nativas. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para gran parte del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: María del Rocío Rodiles Hernández ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Cyprinus*

Especie: *Cyprinus carpio*

Descripción

Es una especie muy variable en forma, proporciones, escamación, desarrollo de aletas y color. Suele presentar escamas grandes y gruesas. El cuerpo es de color gris a bronce. La longitud patrón máxima reportada es de 1.2 m. Hay registros de carpas que pesan 40.1 kg. Son nadadores activos que puede saltar hasta un metro de alto y esquivar flujos torrenciales.

Distribución

Nativa de Armenia, Austria, Bulgaria, República Checa, Georgia, Mongolia, Ucrania, Europa, este y sur de Asia.

Se ha establecido en 134 países, incluyendo México.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Dulceacuícola y toleran agua salobre. Habita en lagos, estanques o ambientes lénticos, preferentemente con fondo fangoso, aunque también se les puede encontrar en arroyos con flujo rápido. Es una especie potamódroma, debido a su comportamiento migratorio en cuerpos de agua dulce. Puede soportar hipoxia y un amplio rango de temperaturas entre 3 °C y 35 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Es una especie polígama que no presenta cuidado parental, los huevos son dispersados sobre la vegetación donde se adhieren a las plantas y son fertilizados por el macho. Tienen la capacidad de desovar varias veces cada año, con 2 o 3 desoves en intervalos de 14 días. Se ha reportado una fecundidad de hasta 1.5 millones de huevos por puesta para una hembra de 6 kg. Vive hasta 47 años.

Alimentación

Es una especie omnívora, alimentándose de insectos acuáticos, crustáceos, anélidos, moluscos, detritos, hierbajos y semillas de árboles, plantas acuáticas y algas. Debido a los impactos reportados en otros sitios, su forrajeo puede potencialmente afectar los sitios en donde se establezca.

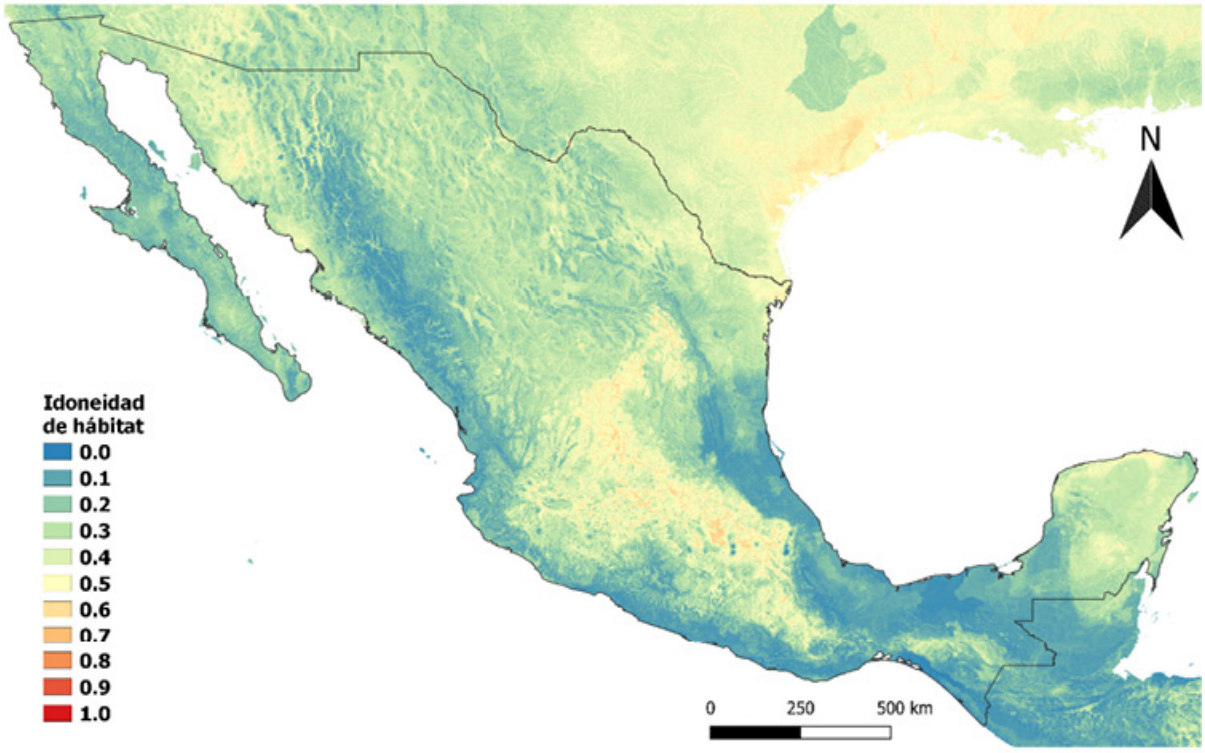


Figura 1. Distribución potencial de *Cyprinus carpio* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Considerada entre las 100 peores especies invasoras del mundo. Incrementan los nutrientes en la columna de agua por medio de la resuspensión de sedimentos y por excreción, lo cual provoca turbidez, reduce la vegetación acuática, estimula el crecimiento algal y reduce las densidades de invertebrados bentónicos. Alteran la estructura de las comunidades de zooplancton. Con la resuspensión de sedimentos en los cuerpos de agua afecta los suministros para irrigación y las pesquerías comerciales y recreacionales. Provocan daños estructurales a los bancos de los ríos. Los impactos de la

carpa alcanzan ~$15.8 millones de dólares anuales. Constituyen una amenaza para los humedales.

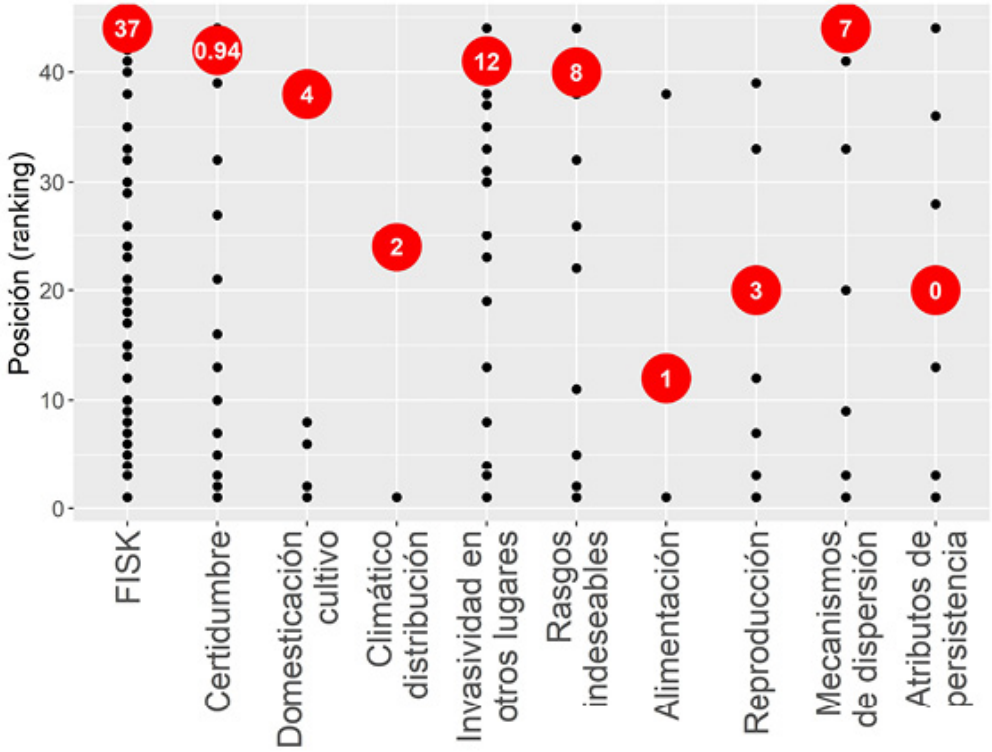


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Cyprinus carpio* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Danio rerio Hamilton, 1822
Pez cebra

El pez cebra es una especie de ciprínido asiático introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los posibles impactos de su introducción. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento muy bajo prácticamente en todo México. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Soulkeeper ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Danio*

Especie: *Danio rerio*

Descripción

Presenta cinco rayas azules y amarillas–plateadas alternadas. Adapta sus niveles de pigmentación para mezclarse con el fondo como camuflaje. Tiene una sola aleta dorsal. Los machos son generalmente más delgados y de color más oscuro que las hembras, y tienen una coloración más amarilla en la aleta anal. Miden máximo 5 cm de longitud.

Distribución

Nativa de Asia: Paquistán, India, Bangladesh y Nepal. También ha sido reportada en Myanmar y Bután.

Se ha establecido en Colombia, Japón, Singapur y EE. UU.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita típicamente aguas con flujo lento o inmóviles, aunque se han registrado también en ríos de alta velocidad. Puede soportar temperaturas entre 6.7 °C y 41.7 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Dispersan los huevos en el sustrato, sin previa preparación del sitio y los huevos carecen de adhesividad. Las hembras pueden desovar cada 2–3 días y cada desove puede contener varios cientos de

huevos. Se han observado intervalos de desoves de 1–6 días, en los cuales cada hembra produce de uno hasta 700 huevos. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, su dieta consiste principalmente de zooplancton e insectos, aunque también se ha reportado que se alimentan de fitoplancton, algas filamentosas y materia de plantas vasculares, esporas y huevos de invertebrados, peces y arácnidos.

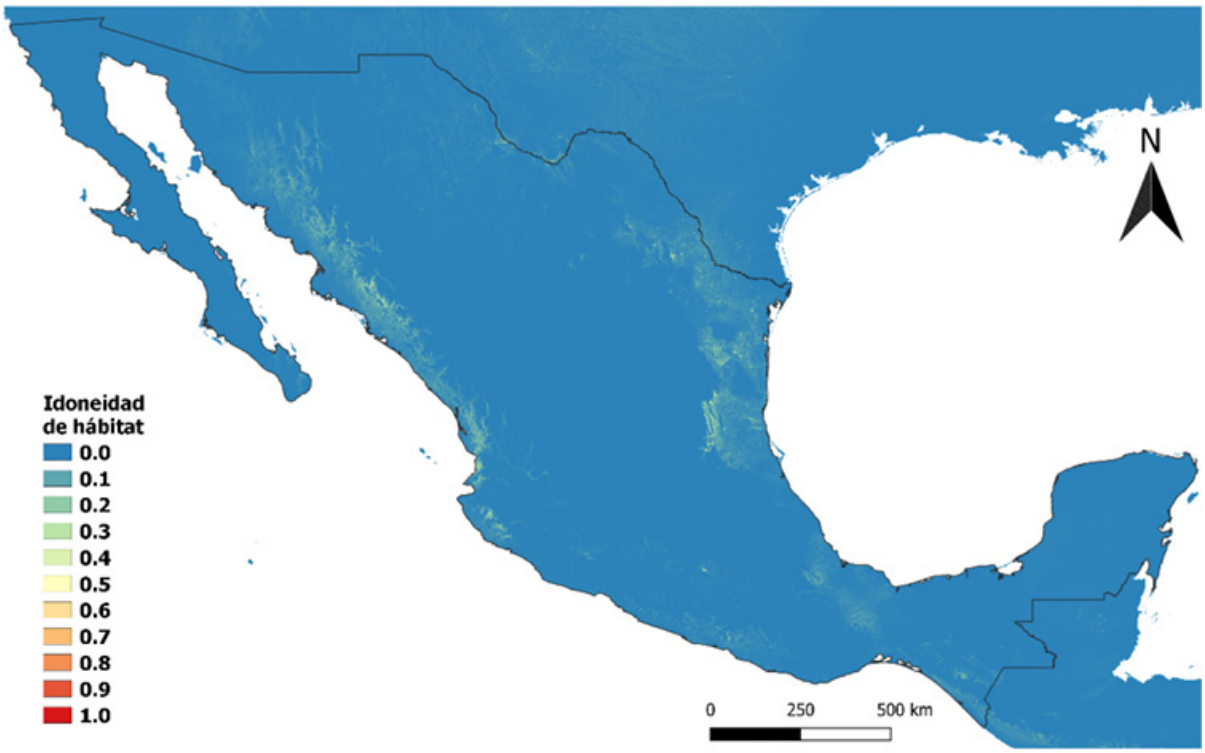


Figura 1. Distribución potencial de *Danio rerio* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen los posibles impactos de su introducción.

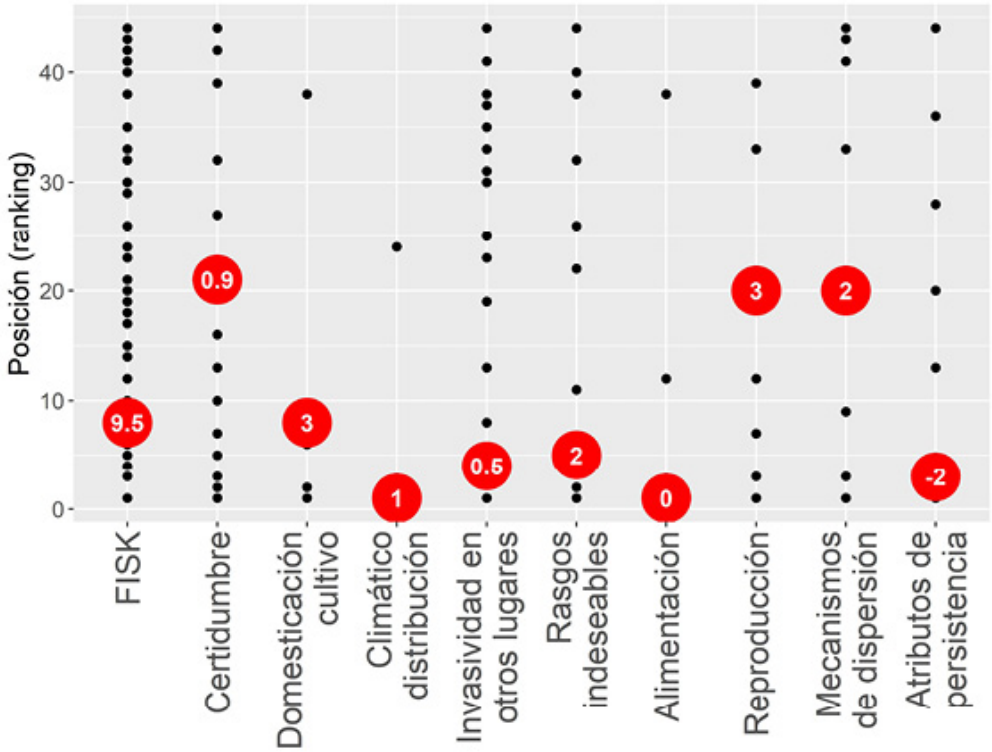


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Danio rerio* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Gymnocorymbus ternetzi Boulenger, 1895
Monjita

La monjita (*Gymnocorymbus ternetzi*) es una especie de pez sudamericano que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los impactos potenciales de esta especie, aunque en la India sirvió como hospedero para la introducción del monogéneo *Diaphorocleidus armillatus,* un parásito de anfibios y peces. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo para casi todo el país, con algunas regiones de riesgo medio en el este y sureste. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Sven Kullander ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Gymnocorymbus*

Especie: *Gymnocorymbus ternetzi*

Descripción

Se puede distinguir de sus congéneres por la presencia de un campo denso de cromatóforos oscuros distribuidos homogéneamente sobre la mitad posterior del cuerpo y por la forma de la primera marca humeral (la ausencia de una región más amplia densamente pigmentada por encima de la línea lateral). Presenta dientes premaxilares en la fila interior con tres cúspides. Se diferencia de los congéneres, excepto *Gymnocorymbus flaviolimai*, por tener series de escamas de 5–6 que cubren la base de la aleta anal y por tener dientes premaxilares con tres cúspides. También se diferencia de *G. bondi* y *G. thayeri* por su margen distal fuertemente convexo de la aleta anal y número de radios de la aleta pélvica. Puede llegar a tener un tamaño de 7.5 cm. Los machos son más delgados, pequeños y tienen las aletas dorsal y anal más puntiagudas que las hembras.

Distribución

Nativa de Sudamérica: desde las cuencas de los ríos Paraguay y Guaporé hasta Argentina.

Se ha establecido en Florida, Colorado y Luisiana, en los EE. UU. En el embalse de Glória en Brasil se han encontrado hembras maduras en etapa reproductiva. Se han reproducido con éxito en los hábitats naturales de Tailandia

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque podría tolerar niveles bajos de salinidad. Se reporta en llanuras aluviales, áreas con poca o ninguna corriente y con una densa vegetación de macrófitas. Puede soportar un rango corto de temperaturas entre 20 °C a 26 °C.

Ciclo de vida

El desove ocurre durante el período de inundación. Prefieren vegetación densa para dispersar los huevos en pequeños grupos de 5 a 7 individuos. Las hembras ponen hasta 500 huevos o más en un período de 2 a 3 horas y los huevos y larvas pelágicas son transportados a áreas litorales. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimenta de gusanos, pequeños crustáceos, insectos y zooplancton.

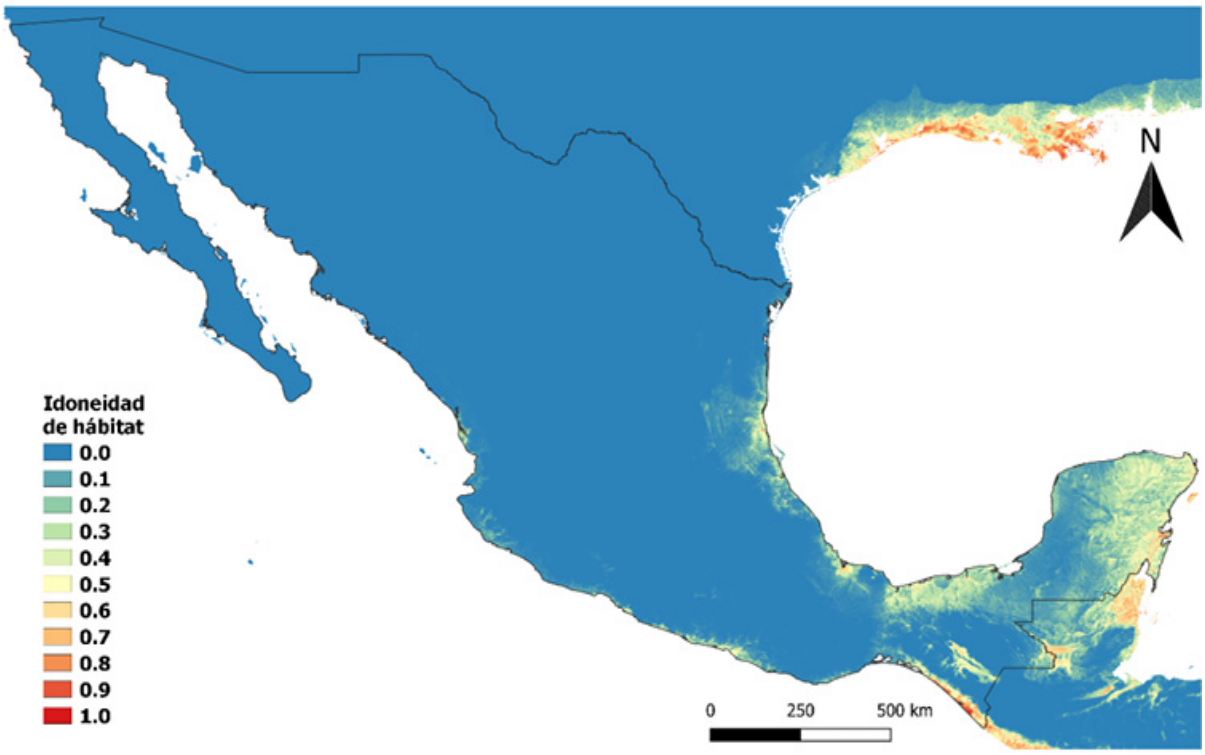


Figura 1. Distribución potencial de *Gymnocorymbus ternetzi* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen los impactos potenciales de esta especie. En la India esta especie sirvió como hospedero para la introducción del monogéneo *Diaphorocleidus armillatus* desde el neotrópico. Este parásito no es nocivo para el humano, pero puede causar la muerte de los peces.

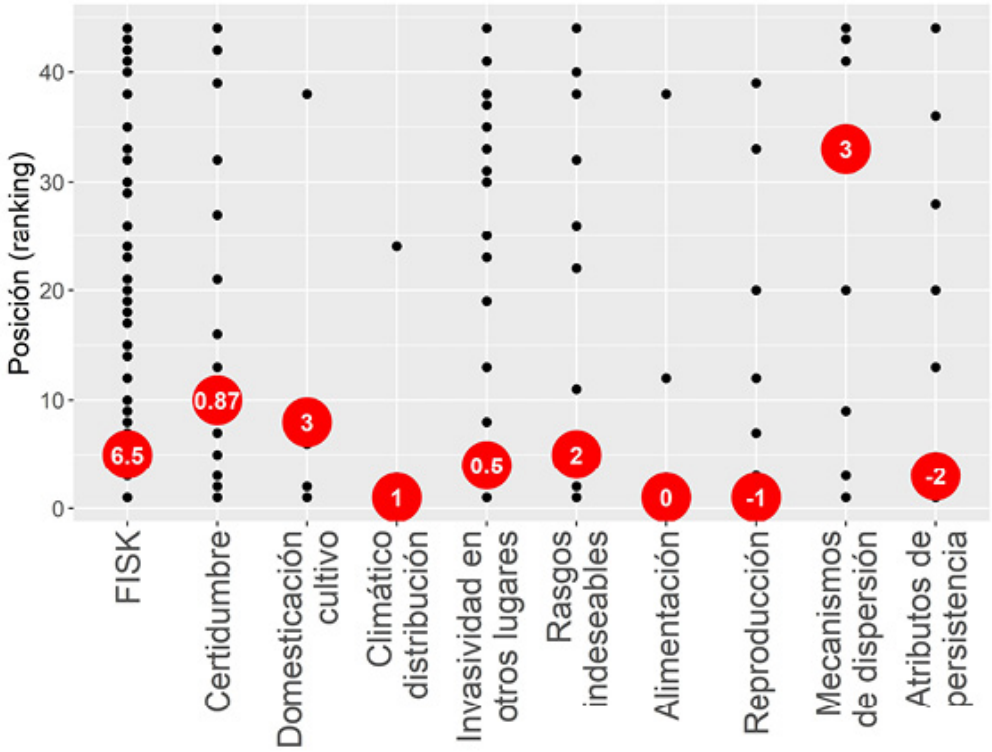


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Gymnocorymbus ternetzi* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Hemichromis bimaculatus Gill, 1862
Cíclido joya

El cíclido joya es una especie africana comercializada en el acuarismo. Se considera un depredador generalizado de invertebrados y ha escapado de los cultivos comerciales de peces de ornato y se ha establecido en algunos sistemas de canales de EE. UU., Canadá, Australia, Brasil. Recientemente fue capturada en el río Amacuzac en México. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para el este y sureste de México, así como zonas cercanas a la costa desde Sinaloa hasta Chiapas. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Klaus Rudloff ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Hemichromis*

Especie: *Hemichromis bimaculatus*

Descripción

Es un pez estilizado y comprimido lateralmente, presentando igual curvatura en las partes superior e inferior, las aletas anales y caudales alargadas y terminadas en punta. Alcanza longitudes máximas de 4.5 a 12.5 cm y pesos de 1.25 a 15.73 g en machos.

Distribución

Nativa de África: cuencas costeras de Camerún, Congo y el Nilo hasta Guinea, Sierra Leona y Liberia.

Se ha establecido en Filipinas, Australia, Canadá y EE. UU.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio. Recientemente fue capturada en la cuenca del río Amacuzac en el estado de Morelos.

Hábitat

Dulceacuícola, tolera aguas salobres. Habita en ambientes lóticos en zonas con fondos arenosos o lodosos. Las localidades en donde se ha localizado incluyen cuencas costeras y lagunas. Puede

soportar un amplio rango de temperaturas entre 9 °C y 28 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Exhiben cuidado parental y son capaces de reconocer sus larvas y el tamaño de estas entre las de otras especies y de la misma especie. Remueven el sedimento al anidar o durante el cortejo. Los huevos son adheridos a un sustrato sólido que ha sido previamente limpiado por los padres. Después de eclosionar, las larvas permanecen adheridas a objetos del medio por medio de sus órganos adherentes por 24 h. Los padres recogen a las larvas en sus bocas unas horas después de eclosionar y las esconden en depresiones que han preparado previamente. Son desovadores prolíficos, cada hembra pude desovar hasta 550 huevos por puesta, con tasas de fertilización de 79–80% y tasas de eclosión de 85–86%.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimentan de invertebrados terrestres que caen al agua, ingiere detritus, invertebrados asociados con el detritus, algas filamentosas y otros peces.

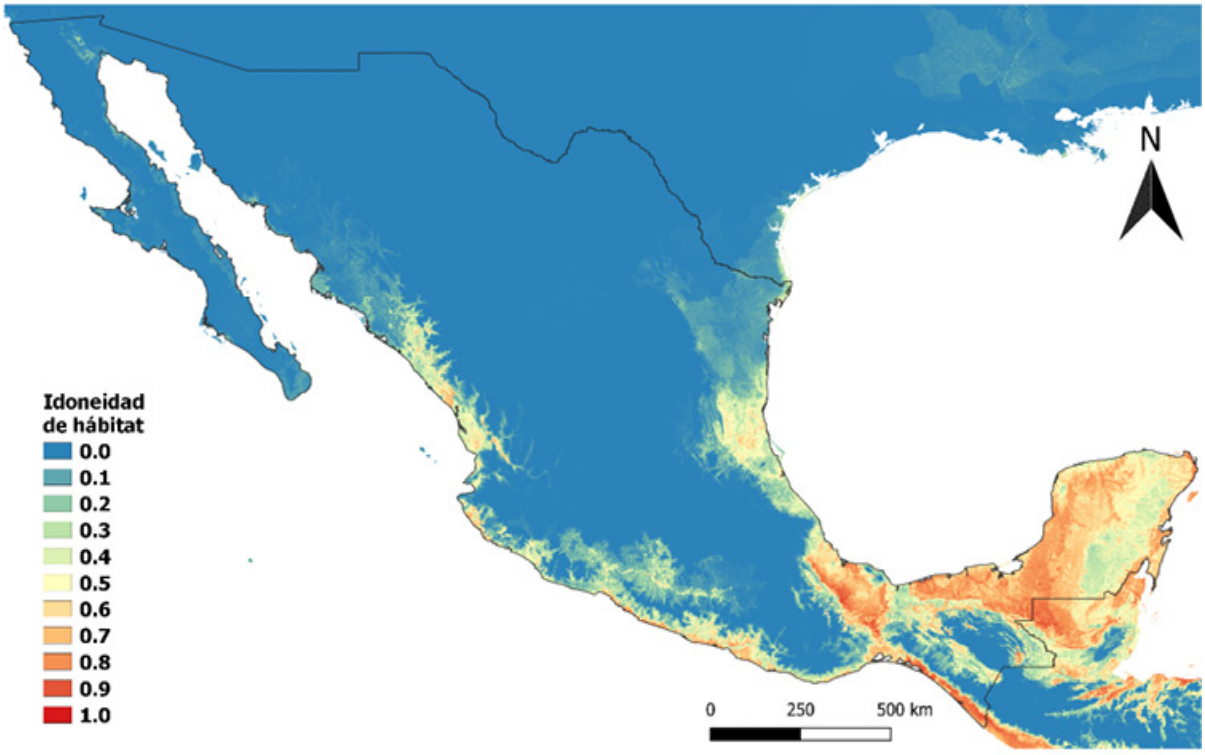


Figura 1. Distribución potencial de *Hemichromis bimaculatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen los posibles impactos de su introducción. Son portadores de *Mycobacterium ulcerans,* un microorganismo que ataca al hombre provocándole la úlcera de Buruli, una enfermedad necrótica de la piel y el hueso que prevalece en el oeste de África.

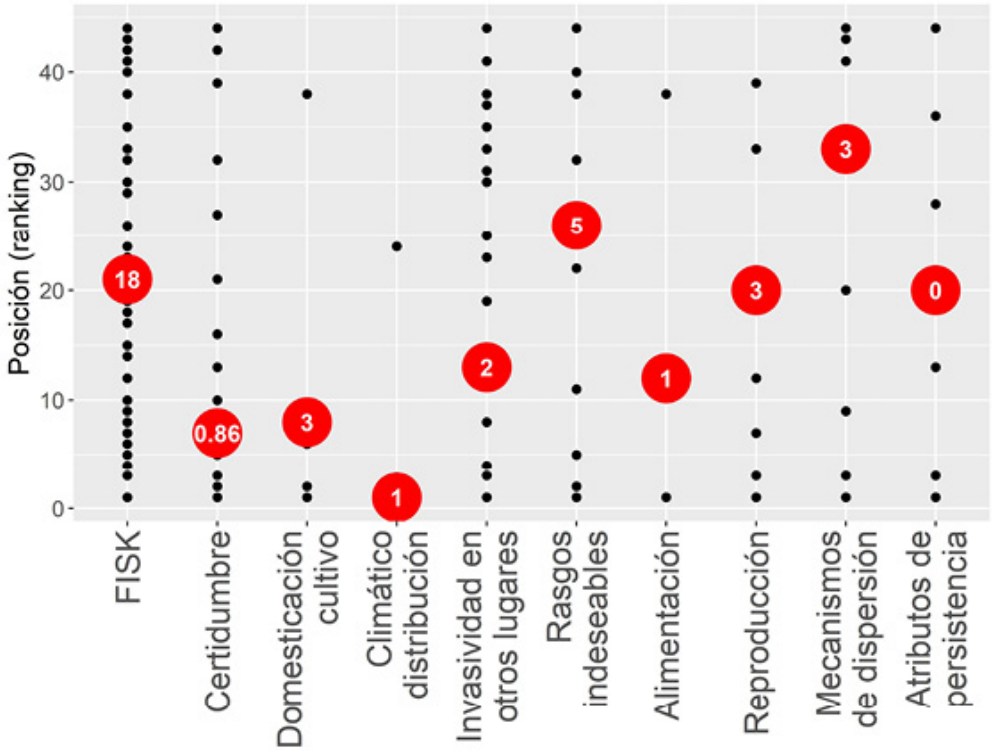


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Hemichromis bimaculatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Hemichromis guttatus Günther, 1862
Pez joya manchado

El pez joya manchado es una especie de cíclido africano introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se reportan impactos negativos en las poblaciones nativas debido a su introducción en México. La especie se reporta en las zonas climáticas Köppen–Geiger Aw y BW, las cuales corresponden a una fracción significativa del área de México. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Sergio Luna.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Hemichromis*

Especie: *Hemichromis guttatus*

Descripción

Dientes posterolaterales del hueso faríngeo inferior bicúspides, con una cúspide menor no serrada bien desarrollada evidente en los dientes medios y posterolaterales; dientes medios un poco bulbosos, nunca molariformes; 22–24 (el valor más frecuente o moda: 22) dientes en el margen posterior del hueso faríngeo inferior; punto medio en forma de lente desigualmente dividido por la línea mediolateral.

Distribución

Nativa de África: ríos costeros desde Sierra Leona hasta Camerún, excepto la cuenca del Bajo Volta.

Se encuentra establecida en Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Dulceacuícola. Se encuentra en asociación con rodales de plantas acuáticas emergentes o sumergidas; abundante en tramos menos profundos y tranquilos de grandes ríos, en pequeños afluentes laterales de arroyos, en lagos de meandro y en hábitats pantanosos;

incluso mantiene poblaciones reproductoras en lagunas costeras. Puede soportar un amplio rango de temperaturas entre 14.7 °C y 40.7 °C. Tolera ambientes perturbados.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización interna y son ovíparos. La especie muestra cuidado biparental, los huevos y larvas son protegidos por ambos padres. En Cuatro Ciénegas, Coahuila, se ha reportado actividad reproductiva durante todo el año con un aumento en agosto y una reducción en primavera. En cautiverio se han observado desoves de hasta 991 huevos por desove. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, aunque con tendencias piscívoras. Sus hábitos alimenticios ya han provocado impactos en especies nativas en México.

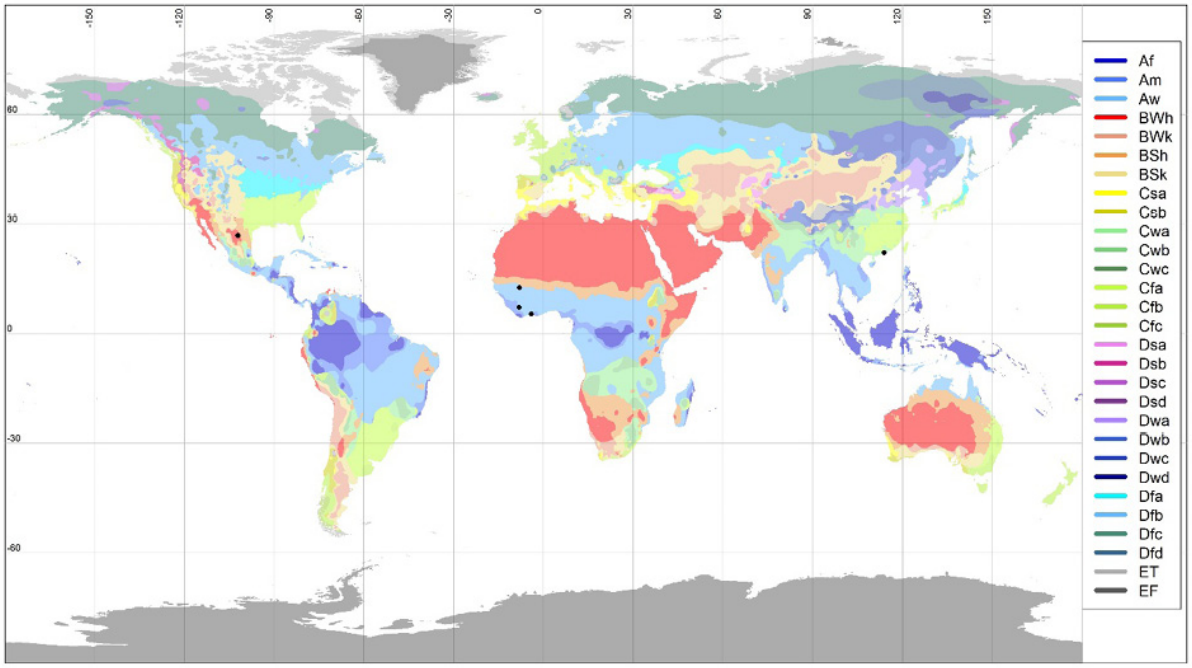


Figura 1. Registros de presencia de *Hemichromis guttatus* en el mundo (GBIF, 2020). Se muestran las zonas climáticas Köppen–Geiger.

Impactos

En Cuatro Ciénegas, México, la especie ha afectado poblaciones nativas de la mojarra *Herichthys minckleyi* y del bagre *Ictalurus* sp.

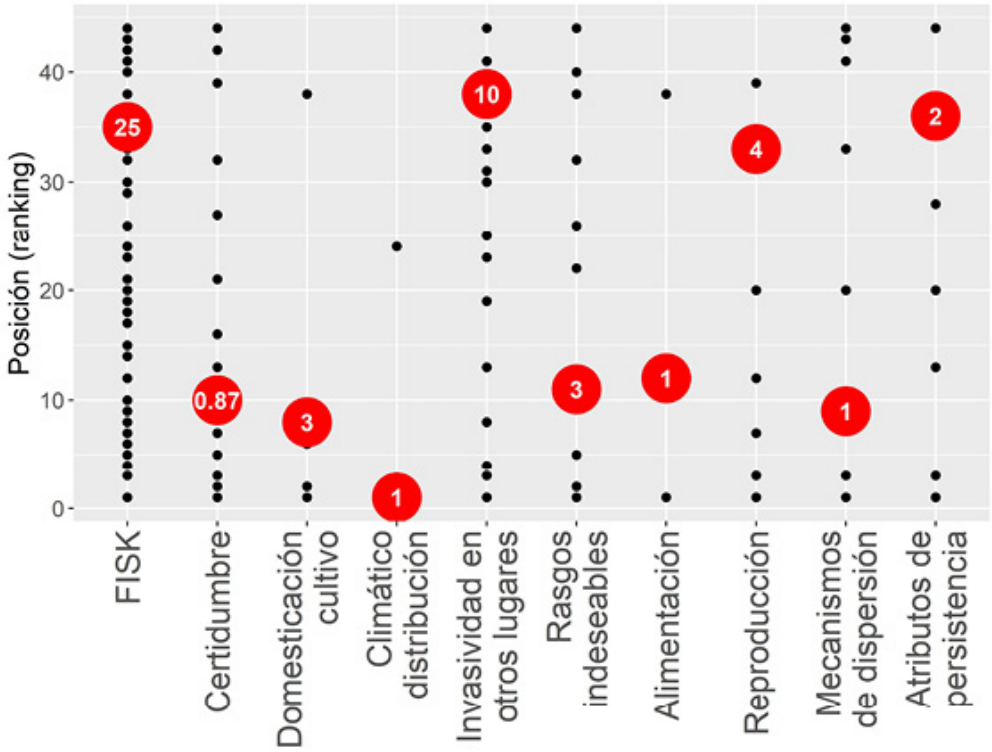


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Hemichromis guttatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Herichthys cyanoguttatus Baird & Girard, 1854
Mojarra del norte

La Mojarra del Norte es un pez cíclido introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se ha demostrado que compite y se muestra agresivo hacia los peces nativos en los sitios en que se ha introducido en EE. UU. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento relativamente bajo para gran parte de **México** y medio a alto para regiones cercanas a su área nativa además de Jalisco, Nayarit, Sinaloa y el sur de Sonora y Baja California Sur. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Herichthys*

Especie: *Herichthys cyanoguttatus*

Descripción

Su morfología y coloración varía a través de su rango de distribución nativo e introducido. Los juveniles son de color gris perlado, con puntos blancos en el cuerpo y las aletas y dos puntos negros en el centro del cuerpo y la base de la aleta caudal. Los adultos son de color oscuro a verde oliva con 4–6 manchas oscuras a lo largo de la mitad posterior del cuerpo y una mancha negra en la base de la aleta caudal. Tienen numerosas pequeñas manchas blancas a azules en los lados, manchas iridiscentes de color verde azulado o líneas onduladas en la cabeza, el cuerpo y las aletas. Las hembras son generalmente menos coloridas que los machos. Tienen 5–6 espinas en la aleta anal; 15–18 espinas en la aleta dorsal; 10–12 radios dorsales y 9–10 radios anales. Tienen una abertura de la fosa nasal a cada lado de la cabeza y una línea lateral interrumpida. Pueden alcanzar una longitud total de 30 cm, los machos son típicamente más grandes que las hembras.

Distribución

Nativa de Norteamérica: Río Bravo en Texas y noreste de México.

Se ha establecido en Florida, Luisiana y Texas. En México fue introducida en el río Verde, San Luis Potosí donde se encuentra establecida.

Estatus

Nativa de México, traslocada.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque tiene una alta tolerancia a la salinidad. Habita aguas lénticas y lóticas, incluidos estanques, lagunas, arroyos, ríos y manantiales con tipos de sustrato mixto. Se ha reportado en ambientes estuarinos. Puede soportar un amplio rango de temperaturas.

Ciclo de vida

Desova de 2,500 a 3,000 huevos por puesta, generalmente en sustratos sólidos en aguas poco profundas. Ambos padres se alternan en el cuidado de los huevos y larvas. Puede desovar varias veces durante un periodo de tiempo prolongado (marzo a agosto, con un pico en abril). Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, con una gran variación observada en las dietas de ejemplares en diferentes lugares. Se reportan poblaciones carnívoras, herbívoras y detritívoras. Su forrajeo puede

potencialmente afectar los sitios en donde se establezca.

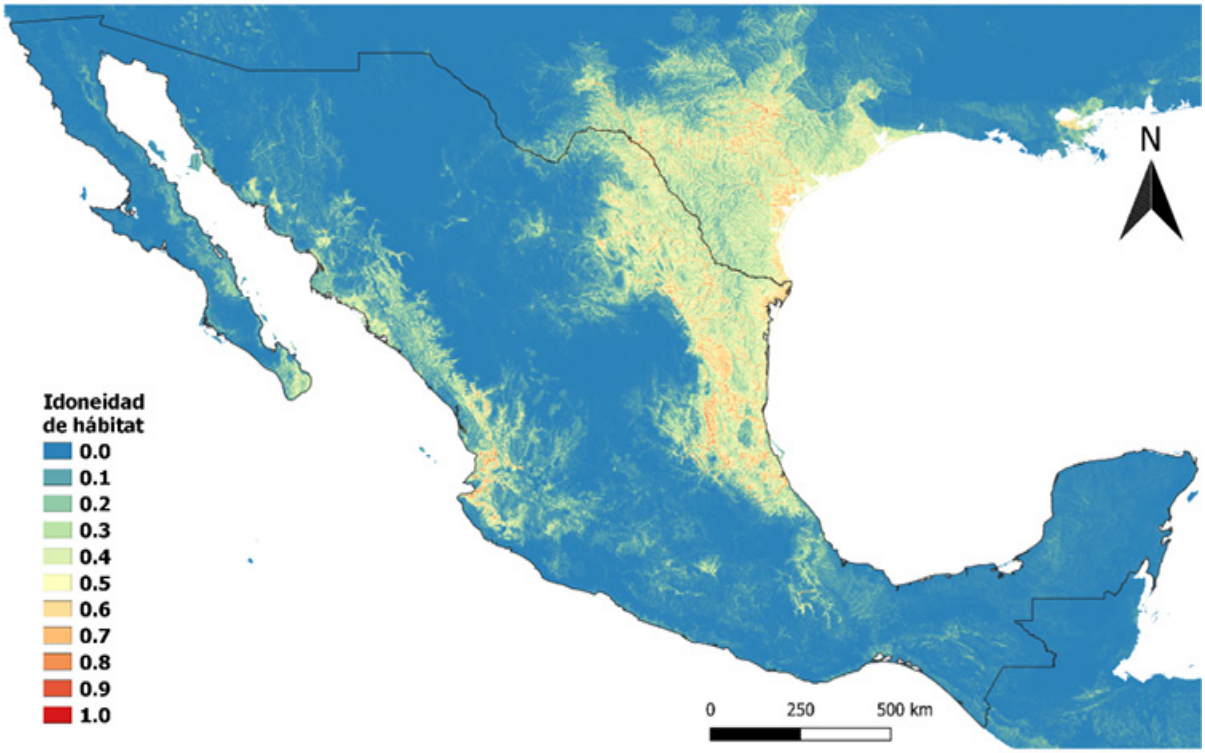


Figura 1. Distribución potencial de *Herichthys cyanoguttatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Compite con *Lepomis macrochirus* por los sitios de reproducción en Florida y Luisiana, EE. UU. De acuerdo con observaciones anecdóticas muestra comportamiento agonista hacia *Micropterus salmoides*, *Gambusia affinis*, *Poecilia latipinna* y *Callinectes sapidus*. De manera anecdótica también se reporta el declive de poblaciones de *Gambusia affinis*, *Poecilia latipinna* y *Heterandria formosa* en Luisiana. En Texas, EE. UU., la especie desplazó a un centrárquido

nativo en hábitats estresados y dominó el ecosistema. Algunos autores reportan que esta especie se hibridó con *H. minckleyii*, una especie endémica de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

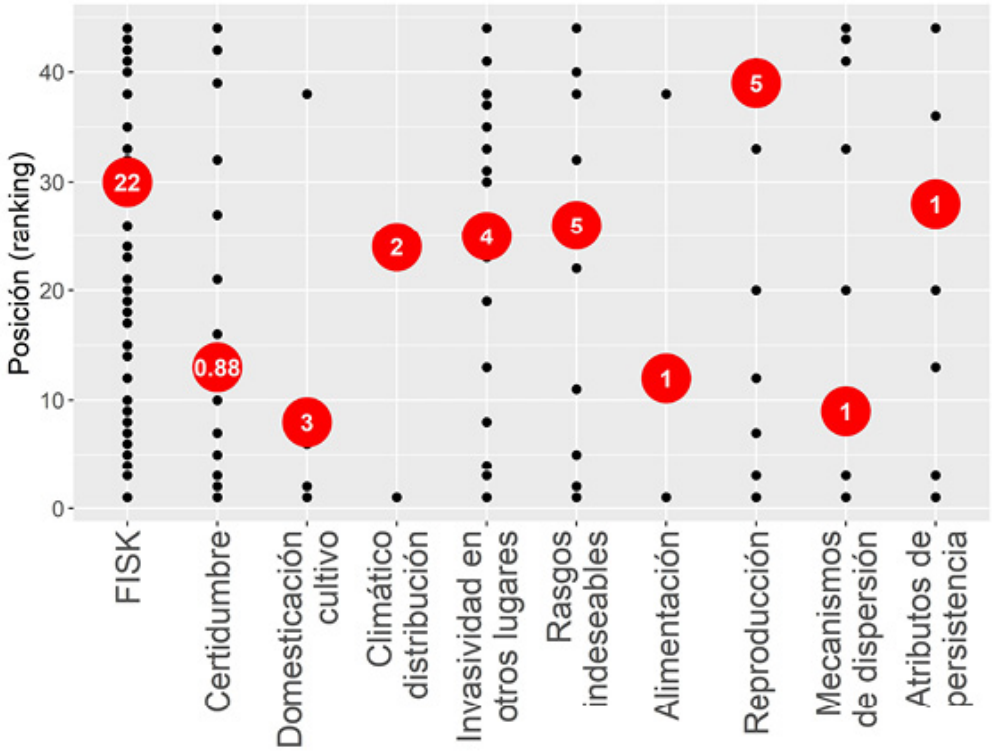


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Herichthys cyanoguttatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Heros severus Heckel, 1840
Cíclido de franjas

El cíclido de franjas (*Heros severus*) es una especie de pez cíclido sudamericano que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los posibles impactos de su introducción. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para la península de Yucatán y regiones cercanas a la costa de todo el país, excepto en la península de Baja California. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Alexxx1979 ⓒ.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Heros*

Especie: *Heros severus*

Descripción

Los lados del cuerpo, la cabeza y las aletas son uniformemente de color marrón claro con un patrón de barras verticales. El compás 4 acortado, más pronunciado en el lado derecho que en el izquierdo. Los labios son comparativamente gruesos. Sin mancha del pedúnculo caudal (barras 1 y 2 fusionadas). Vértebras 13 + 15. Cuerpo de ejemplares adultos uniformemente amarillo pálido, cabeza verdosa, pecho rojo oscuro. Pequeñas manchas de color granate a rojizo esparcidas sobre la cubierta branquial, la región inferior de la cabeza y los lados anteriores del cuerpo. Iris marrón o rojizo oscuro. Franja oscura en la parte inferior del preopérculo entre su borde posterior y la boca. En los juveniles generalmente todas las barras son claramente visibles, incluso en coloración neutra.

Distribución

Nativa de Sudamérica: Cuenca del río Orinoco, en el drenaje superior del río Orinoco en Colombia y Venezuela; Cuenca del río Amazonas, en la cuenca alta del río Negro.

Se reporta como introducida en Filipinas y EE. UU.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola y de agua salobre. Hábitat poco descrito. La información disponible indica que habita aguas extremadamente ácidas y de baja conductividad. Puede soportar un amplio rango de temperaturas entre 12 °C y 40 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, ovípara, con fertilización externa. Muestra cuidado biparental, en cada desove se depositan hasta 200 huevos en algún sustrato como rocas o raíces. Los huevos son defendidos por ambos padres y las larvas pueden ser resguardadas en la boca. El cuidado parental puede durar hasta 6 semanas. Vive hasta 10 años.

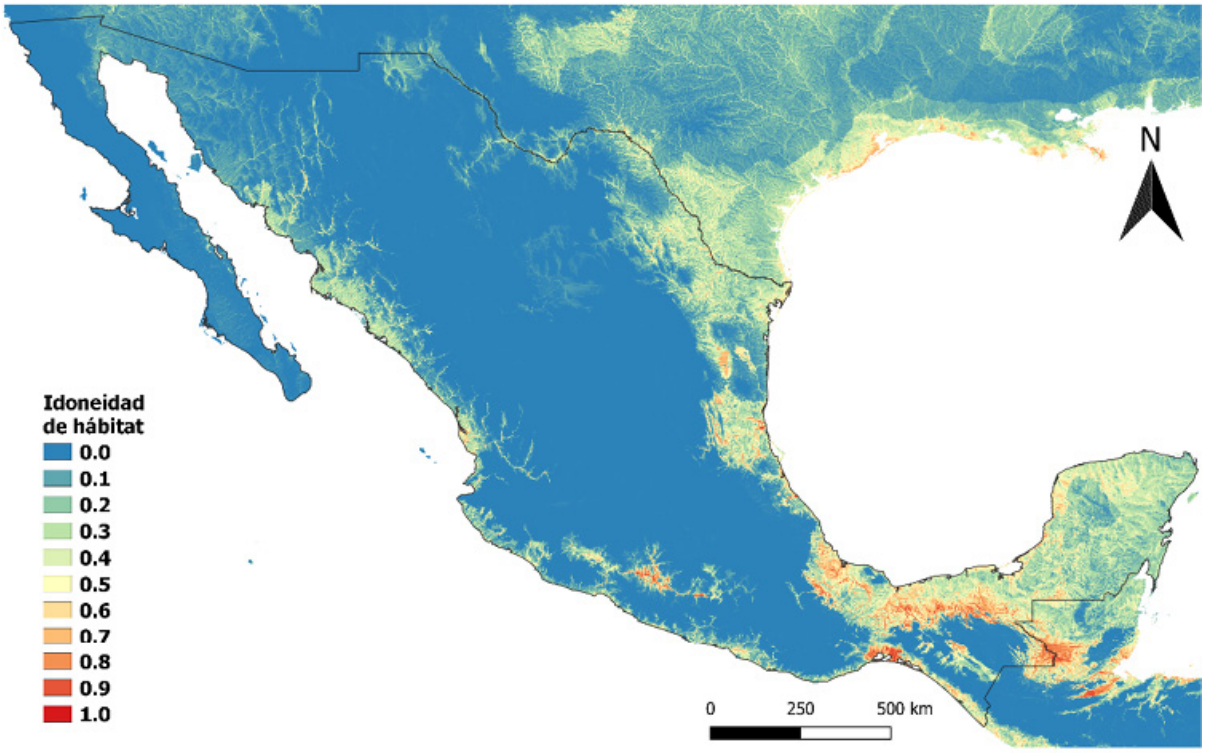


Figura 1. Distribución potencial de *Heros severus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Alimentación

Es una especie principalmente herbívora, aunque también puede consumir zooplancton y detritus.

Impactos

Se desconoce los posibles impactos de su introducción, aunque es un posible vector de diversos parásitos y patógenos.

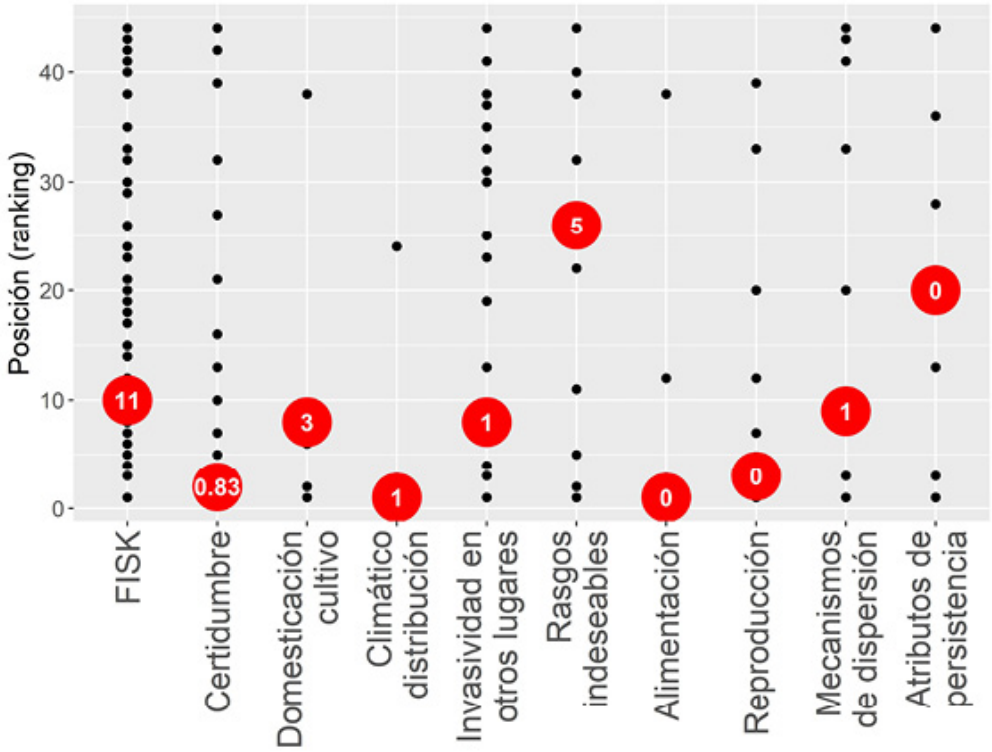


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Heros severus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Heterotilapia buttikoferi Hubrecht, 1881
Tilapia cebra

La tilapia cebra es un cíclido africano introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se ha sugerido que pueden amenazar y provocar la extinción de poblaciones de especies nativas por competencia, depredación y cambios en los atributos físicos y químicos del medio acuático. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para ciertas regiones de Nayarit, este y sur de México. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Hectonichus ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Heterotilapia*

Especie: *Heterotilapia buttikoferi*

Descripción

Espinas dorsales: 13–15; Radios blandos dorsales: 14–16; espinas anales: 3; radios blandos anales: 10–11. El hueso faríngeo inferior casi tan largo como ancho y con laminillas anteriores más cortas que el área dentada; los dientes medianos de la faringe ensanchados en comparación con los dientes laterales; 5–6 series de escamas en las mejillas; 4.5–6 escamas entre la espina de la primera aleta dorsal y la línea lateral superior; barras verticales oscuras más anchas que entre espacios más claros.

Distribución

Nativa de África: tramos inferiores de los ríos costeros desde Guinea–Bissau (ríos Geba y Corubal) hasta el oeste de Liberia.

Se ha establecido en Japón, Tailandia, Singapur y Florida.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita lagos de agua dulce y ríos costeros en áreas tropicales y subtropicales.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Esta especie tiene una gran prolificidad, con desove parcelado, baja competencia intraespecífica, altas tasas de crecimiento y maduración sexual temprana. El tiempo mínimo de duplicación de la población es de 1.4 años. Vive hasta 15 años.

Alimentación

Es una especie omnívora. Su alimentación puede provocar impactos en el área donde se ha introducido como otras especies de los géneros *Tilapia* y *Heterotilapia*.

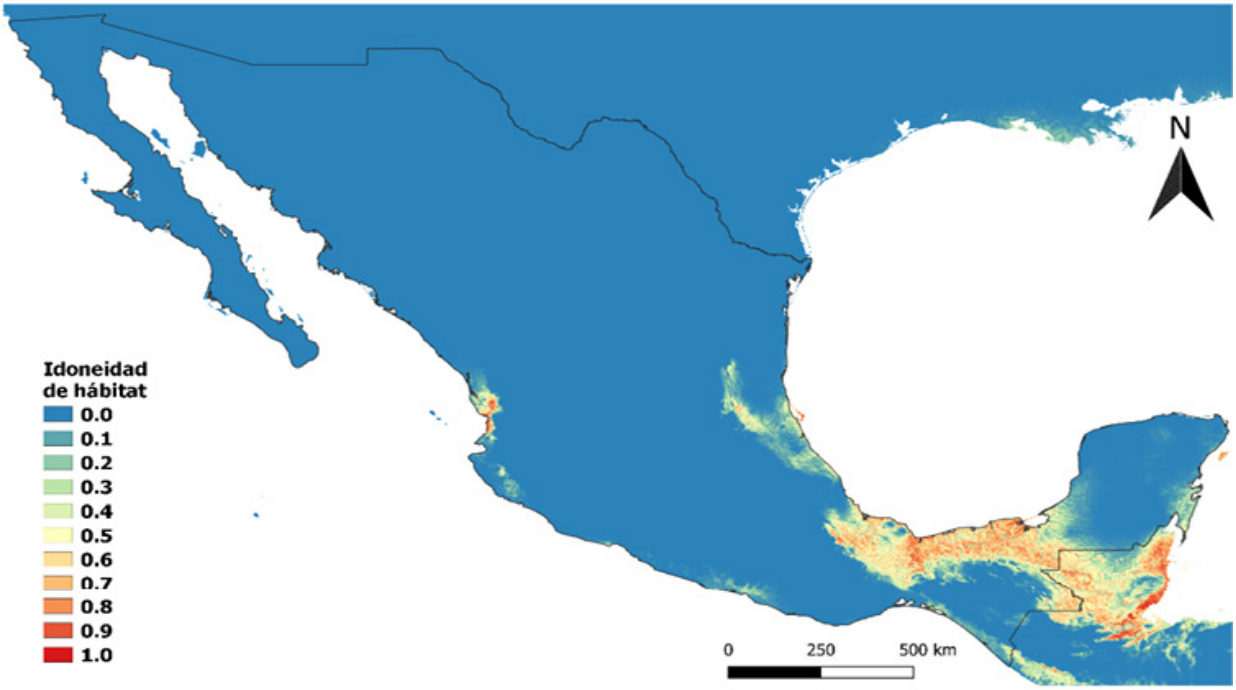


Figura 1. Distribución potencial de *Heterotilapia buttikoferi* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

No se encontró evidencia documentada de los impactos que la especie ha ocasionado ya que sus efectos sobre las poblaciones nativas son muy difíciles de cuantificar y evaluar, pero se ha sugerido que pueden amenazar y llegar a provocar la extinción de poblaciones silvestres de especies nativas por competencia, depredación y cambios en los atributos físicos y químicos del medio acuático. Como en otras especies filtradoras de tilapias podría provocar un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos, debido a los altos niveles de desechos en suspensión y el consumo de fitoplancton y

zooplancton pueden reducir la biomasa de los peces juveniles que dependen del zooplancton como recurso alimentario y de los peces planctívoros, que se alimentan de zooplancton durante toda su vida.

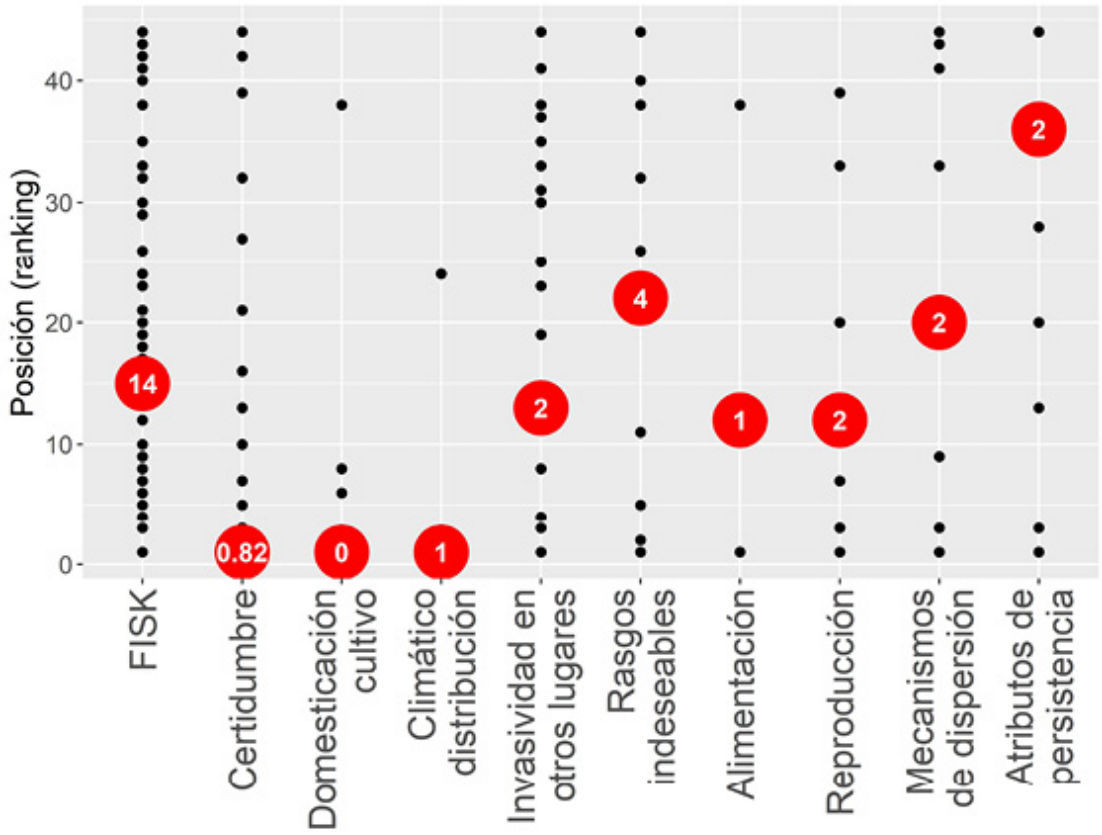


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Heterotilapia buttikoferi* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Hypostomus plecostomus Linnaeus, 1758
Pleco

El pleco (*Hypostomus plecostomus*) es un loricárido introducido en varios países por la vía del acuarismo. Por sus actividades de forrajeo y excavación de madrigueras dañan la estabilidad de los bancos y se ha demostrado que compite por alimento y espacio con las especies nativas en Hawái. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para ciertas regiones del noreste, este y sureste del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Raphaël Covain

Dibujo en blanco y negro Descripción generada automáticamente con confianza media
.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Loricariidae

Género: *Hypostomus*

Especie: *Hypostomus plecostomus*

Descripción

El cuerpo y aletas son de color marrón a marrón oliva con patrones vermiculados o manchados más oscuros y, en algunos individuos, faldillas dorsales oscuras. El abdomen es de color crema pálido con manchas marrones que pueden unirse irregularmente para formar un patrón vermiculado. No hay borde granular en el hocico. Hay una espina fuerte al frente de las aletas dorsal, pectoral y pélvica. Las aletas pectorales son horizontales y tienen espinas gruesas y dentadas que se utilizan en competencias entre machos y para locomoción. La aleta dorsal tiene una espina y 7–8 radios. La aleta anal tiene 1 espina y 3–5 radios. La cola es cilíndrica y no aplanada. Los machos adultos grandes poseen aletas pectorales engrosadas que se vuelven rosa rojizo, y las hembras adultas grávidas parecen más gruesas cuando se ven desde arriba.

Distribución

Nativa de Sudamérica: cuencas costeras de Guyana.

Establecida en Bangladesh, EE. UU., Tailandia, Vietnam, Malasia, Taiwán, Sri Lanka y Filipinas.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque podría tolerar bajos niveles de salinidad. Habita en aguas tranquilas y de movimiento lento y pantanos de los tramos inferiores de los ríos entre las cataratas inferiores y la zona estuarina.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización interna y son ovíparos. Depositan los huevos sobre rocas lisas o en depresiones. Los huevos pueden ser custodiados por uno o ambos padres. Vive hasta 15 años.

Alimentación

Se alimenta principalmente de algas y detritus. Debido a los impactos reportados en otros sitios, su forrajeo puede potencialmente afectar los sitios en donde se establezca.

Figura 1. Distribución potencial de *Hypostomus plecostomus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Pueden alterar el hábitat debido a actividades de forrajeo y excavación de madrigueras, dañando la estabilidad de los bancos y aumentando la turbidez del agua por resuspensión de los sedimentos. En Sri Lanka se ha observado que se adhieren por su ventosa ventral al cuerpo de peces de mayor tamaño, dañando la capa de mucus al desprenderse, lo que hace que el huésped sea más susceptible a enfermedades. Debido a su abundancia en Hawái, los *Hypostomus* y otros loricáridos introducidos pueden competir por alimento y espacio con las especies nativas. Es un posible vector de diversos parásitos de importancia como *Centrocestus formosanus* y *Lernaea cyprinacea*.

Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Hypostomus plecostomus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Lepisosteus platostomus Rafinesque, 1820
Pejelagarto hocico corto

El pejelagarto hocico corto es un pez lepisostéido de importancia en el acuarismo y la pesca deportiva. Se ha demostrado que afecta poblaciones de peces y crustáceos nativos en los Grandes Lagos. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo para casi todo México con algunas zonas de riesgo medio a alto en la costa del Pacífico y Atlántico, a excepción de la Península de Baja California y la Península de Yucatán. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Raver Duane

Dibujo en blanco y negro Descripción generada automáticamente con confianza media
.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Lepisosteiformes

Familia: Lepisosteidae

Género: *Lepisosteus*

Especie: *Lepisosteus platostomus*

Descripción

Se caracterizan por la mandíbula larga y dientes afilados; poseen escamas ganoideas no superpuestas y en forma de diamante; las aletas dorsales y anales en el cuerpo tienen una colocación posterior. Es color verde oliva o marrón, blanco en la parte ventral, los juveniles tienen rayas café oscuras y manchas en la parte posterior y lateral. Sus huevos son grandes, verdes y venenosos para los vertebrados. Mide hasta 88 cm y pueden pesar hasta 1.4 kg.

Distribución

Nativa de la cuenca del río Mississippi, EE. UU.

Introducida y establecida en los Grandes Lagos.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque puede soportar aguas salobres o marinas. Habita estanques tranquilos y remansos de arroyos y pequeños a grandes ríos, pantanos, lagos y áreas de desbordamiento de grandes arroyos. Generalmente ocurren cerca de la vegetación y los troncos sumergidos. Soportan bajos niveles de oxígeno disuelto por su capacidad de respirar aire atmosférico. También soportan concentraciones elevadas de amonio.

Ciclo de vida

La reproducción ocurre cuando las lluvias incrementan los niveles de agua durante la primavera (marzo–abril), aunque se puede extender hasta septiembre. Se reúnen cerca de la orilla en grupos de más de 20 individuos con un mayor número de machos que de hembras. Las hembras encabezan el grupo expulsando sus huevos, los cuales son adherentes y se fijarán a la vegetación sumergida, los machos avanzan por detrás liberando su esperma para fecundarlos. La fecundidad máxima es de 36,460 huevos por puesta. Viven hasta 20 años.

Alimentación

Es una especie carnívora, se alimentan de peces y crustáceos y se han encontrado restos de aves en sus estómagos. Es posible que su forrajeo impacte negativamente el área en donde sea introducido.

Figura 1. Distribución potencial de *Lepisosteus platostomus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se reporta que ha afectado poblaciones especies de importancia recreacional y deportiva como el róbalo y el muskallonga americano y crustáceos de importancia comercial que forman parte de su dieta. Los huevos de los pejelagartos son tóxicos y pueden causar serios daños al ser consumidos vertebrados superiores en los ambientes colonizados.

Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Lepisosteus platostomus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Melanochromis auratus Boulenger, 1897
Cíclido dorado

El cíclido dorado es una especie africana introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los impactos potenciales. La especie es nativa del lago Malawi, que corresponde a la zona climática Köppen–Geiger Cw, la cual está presente en México correspondiente a las zonas Cwa y Cwb. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: 5snake5

Dibujo en blanco y negro Descripción generada automáticamente con confianza media

.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Melanochromis*

Especie: *Melanochromis auratus*

Descripción

Machos con cuerpo negro con una banda media lateral ancha de color azul pálido que tiene una banda dorada a lo largo de su centro; banda dorso–medial azul pálido con una amplia banda marrón dorado que recorre su

centro, ambas bandas se extienden sobre la cabeza que es negra con una región occipital marrón amarillenta y una barra occipital negra; hocico marrón amarillento con dos barras interorbitales negras. Aleta dorsal de color amarillo dorado. Aleta caudal negra con bordes azul claro. Aleta anal negra con bordes exteriores azul pálido. Aletas pélvicas negras con bordes delanteros azul–blancos.

Distribución

Nativa de África: Lago Malawi.

Introducida en Colombia e Israel.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio. Introducida en la cuenca del rio Amacuzac, aunque probablemente no se encuentre establecida.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita aguas lénticas. Se desconoce el rango de temperaturas que puede tolerar.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización interna y son ovíparos. Puede desovar hasta 40 huevos por puesta. Muestra cuidado parental, se reporta que los padres pueden mantener a las larvas en la cavidad bucal para su protección. Vive hasta cinco años.

Alimentación

La especie se alimenta principalmente de algas, pero se menciona que se puede alimentar con casi cualquier planta. En su hábitat natural se alimenta del perifiton de costas rocosas. Se desconoce si sus hábitos alimenticios pueden tener un impacto.

Figura 1. Registros de presencia de *Melanochromis auratus* en el mundo. Se muestran las zonas climáticas Köppen–Geiger.

Impactos

Se desconocen los posibles impactos de su introducción.

Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Melanochromis auratus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Misgurnus anguillicaudatus Cantor, 1842
Misgurno de Asia

El Misgurno de Asia es una especie de pez asiático que se ha introducido en varios países principalmente como pez ornamental, recurso alimenticio y carnada viva. Facilitan la eutroficación e incrementan la turbidez del agua. Puede impactar especies nativas por competencia por sitios de refugio y desove y depredación de huevos y juveniles. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento media a alta para gran parte de México. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Manoel Jr. ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cobitidae

Género: *Misgurnus*

Especie: *Misgurnus anguillicaudatus*

Descripción

Cuerpo moteado con marcas de color gris verdoso oscuro a marrón oscuro, sobre un fondo amarillo marrón a marrón. Cuerpo cilíndrico, cinco pares de barbillas alrededor de su boca y su única aleta dorsal de base corta. En vista dorsal el macho muestra aletas pectorales más grandes y la hembra un abdomen más lleno. En machos maduros el segundo radio pectoral es largo y grueso. La aleta pectoral es triangular en lugar de redondeada. Tiene crestas adiposas conspicuas a lo largo de las líneas medias ventral y dorsal del pedúnculo caudal y la espina suborbitaria está oculta en la piel. La línea lateral es muy corta, no excede la longitud de la aleta pectoral. Longitud máxima de 24.8 cm.

Distribución

Nativa de Asia: Siberia (cuencas de Tugur y Amur), Sakhalin, Corea, Japón, China desde el sur hasta el norte de Vietnam.

Se ha establecido en EE. UU., Brasil, Australia, Península Ibérica, Alemania, Italia, España, Palau, Indonesia y Filipinas.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio. Introducida en canales de Chapingo, Estado de México, pero no establecida.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita la zona demersal de ríos, lagos, estanques, pantanos y arrozales. Es capaz de utilizar oxígeno atmosférico. Puede sobrevivir hasta un mes en temporada de sequía, al enterrarse en sustratos lodosos. Soporta un amplio rango de temperaturas entre 2 °C y 42 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. En su área nativa desovan varias veces durante la temporada de reproducción, desde abril hasta octubre. Fecundidad de 4,000 a 8,000 huevos por puesta. Los huevos tienen propiedades adhesivas; una vez fecundados, son dispersados en plantas acuáticas o sustratos fangosos, eclosionando después de dos o tres días; las larvas permanecen en la columna de agua durante un corto periodo antes de asentarse en el fondo. Vive hasta 10 años.

Alimentación

Es una especie omnívora, su dieta consiste en larvas de insectos acuáticos, rotíferos, algas, gasterópodos, crustáceos, detritus, huevos y alevines de otros peces y de anfibios.

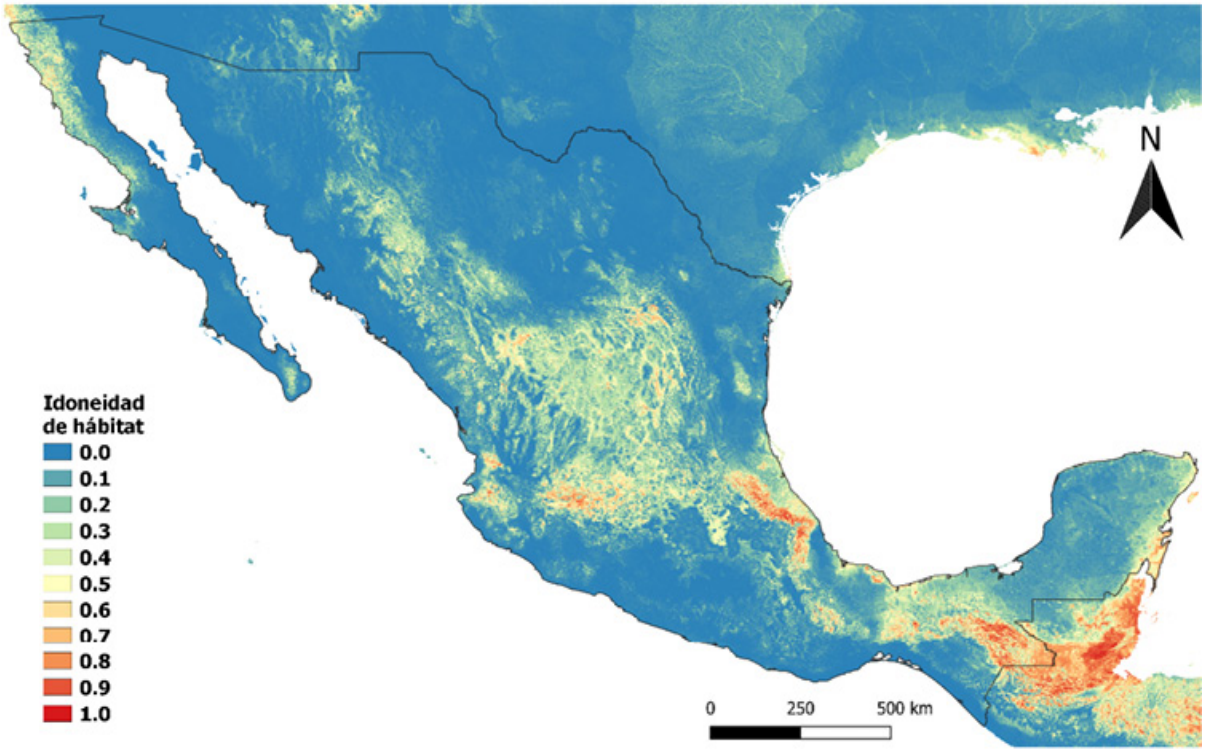


Figura 1. Distribución potencial de *Misgurnus anguillicaudatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Facilitan la eutroficación e incrementan la turbidez del agua, los niveles de amonio, nitritos y nitratos. Puede impactar especies nativas de peces mediante la reducción de macroinvertebrados y competencia por sitios de refugio y desove y depredación de huevos y juveniles. Se han asociado con la reducción de las poblaciones de *Oxygymnocypris stewartii* en el río Yarlung Zangbo, debido a la reducción de productores primarios y/o secundarios y competencia por alimento. En Australia compite por espacio y alimento con peces galáxidos. En Hawái ha provocado la disminución de poblaciones

nativas, debido al traslape de dietas. Es reservorio del Birnavirus LV1 (letal para salmónidos) y *Flexibacter columnaris* (causante de lesiones en la piel y muerte de peces).

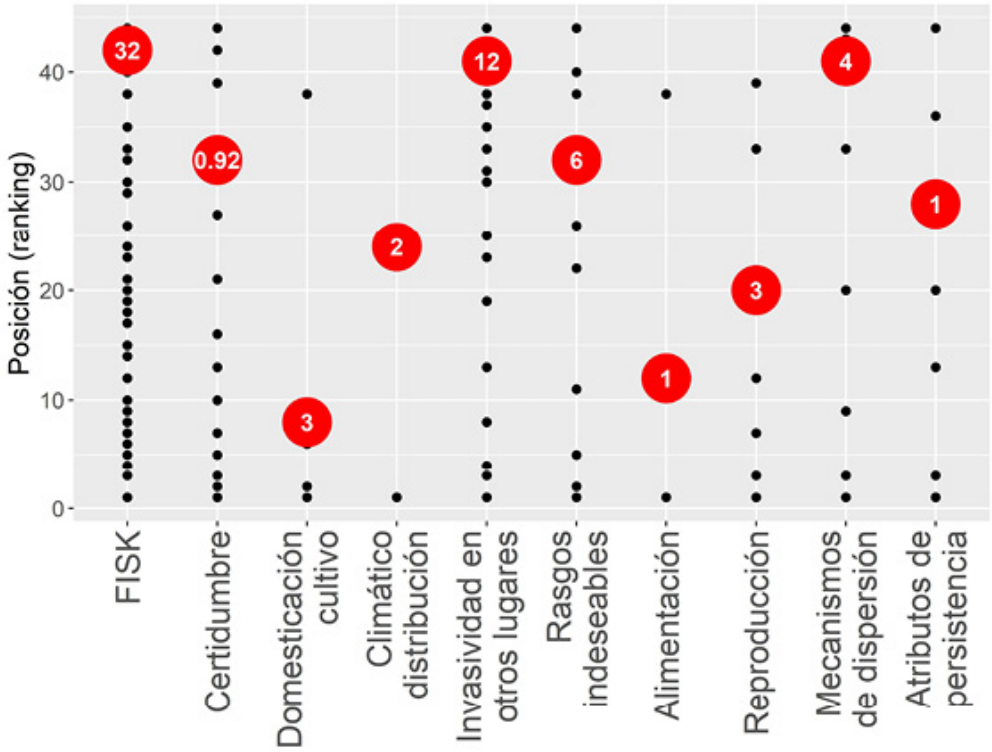


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Misgurnus anguillicaudatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Pangasianodon hypophthalmus Sauvage, 1878
Tiburón tres líneas

El Tiburón tres líneas (*Pangasianodon hypophthalmus*) es una especie de pez asiático que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se ha reportado que compiten por el alimento con las especies nativas y se atribuyen daños a la fauna local debido a los hábitos predadores, además de ser portadora de algunas especies de patógenos de importancia. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento relativamente bajo para gran parte del país con algunas regiones de riesgo medio a alto. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Vassil ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Pangasiidae

Género: *Pangasianodon*

Especie: *Pangasianodon hypophthalmus*

Descripción

Aletas de color gris–oscuro o negras; 6 radios ramificados de la aleta dorsal; normalmente se desarrollan branquiestras; jóvenes con una raya negra a lo largo de la línea lateral y una debajo de la línea lateral, adultos grandes uniformemente grises. Franja oscura en el medio de la aleta anal; franja oscura en cada lóbulo caudal; rastrillos branquiales pequeños regularmente intercalados con los más grandes. Branquiespinas desarrolladas normalmente; pequeñas interespaciadas (no rudimentarias). Vejiga natatoria usualmente extendiéndose más allá del abdomen, en una cámara simple (no dividida) y en posición dorsal a la base de la aleta anal.

Distribución

Nativa de Asia: cuencas del Mekong, Chao Phraya y Maeklong.

Se ha establecido en Bangladesh, Filipinas, China, India, Indonesia, Israel, Myanmar y Singapur.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita aguas de ríos caudalosos de corriente rápida, con bancos de arena entremezclados con canales rocosos y pozas profundas. Puede soportar temperaturas entre 15 °C y 39 °C y sobrevivir en salinidades de 13 ‰ y hasta 20 ‰ durante 22 días. También tolera bajos niveles de oxígeno disuelto debido a que poseen capacidad de respiración aérea.

Ciclo de vida

La reproducción se produce cuando las aguas comienzan a subir. Deben migrar a lo largo de los grandes ríos, por decenas de kilómetros, de otro modo sus gónadas se reabsorben. Los huevos son pegajosos y probablemente son adheridos a las raíces de los árboles en las zonas inundadas. Después de la eclosión las larvas se dispersan con la corriente hacia las zonas inundadas. La máxima fecundidad relativa reportada es de 317,000 huevos/kg. Vive hasta 20 años.

Alimentación

Es una especie omnívora, alimentándose de restos vegetales, frutas, crustáceos y peces pequeños. En sitios donde ha sido introducido se alimenta prácticamente de todo.

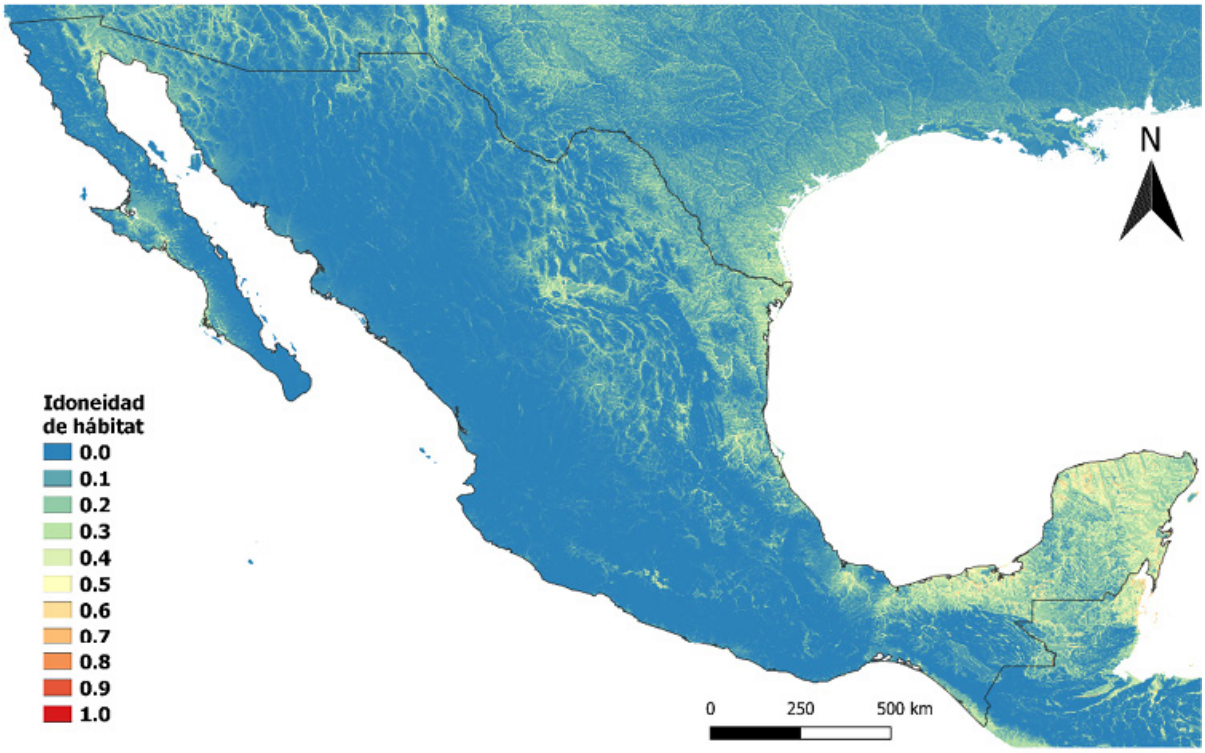


Figura 1. Distribución potencial de *Pangasianodon hypophthalmus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

En Bangladesh se ha reportado que compiten por el alimento con las especies nativas y se atribuyen daños a la fauna local debido a los hábitos predadores de estas especies. En este mismo país se reporta que no solamente depredan a especies nativas de peces, sino también a crías de patos y caracoles. En la India se reportan afectaciones a cultivos locales de carpas. Las descargas derivadas de su cultivo generan impactos ambientales cuando estas no son tratadas. Es un posible vector de diversos parásitos de importancia.

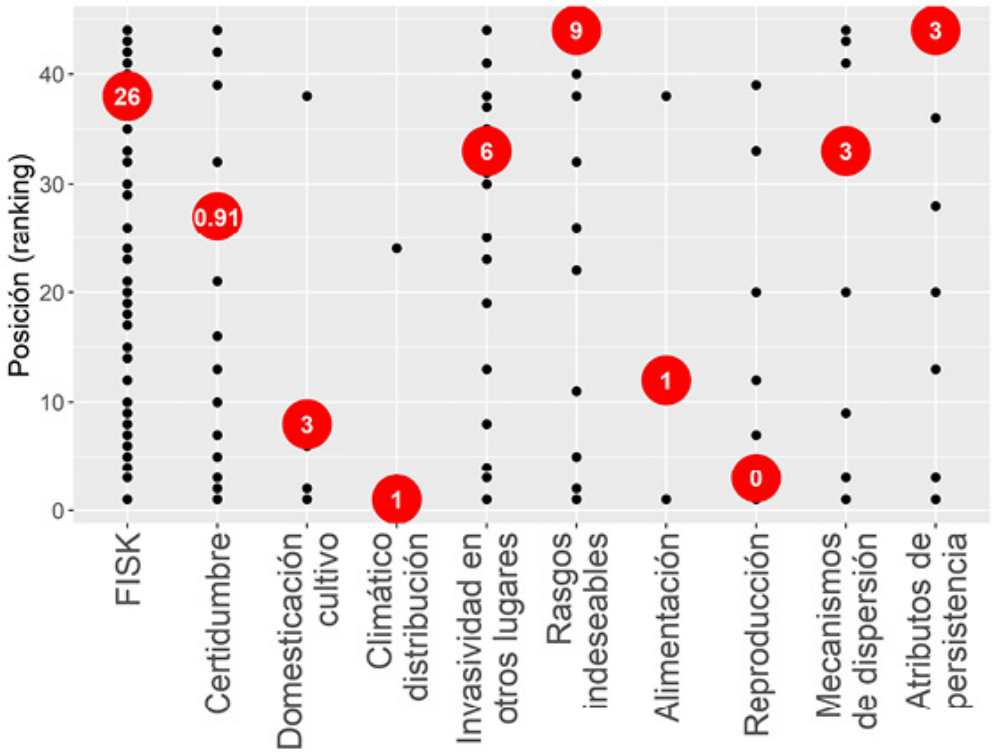


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Pangasianodon hypophthalmus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Parachromis managuensis Günther, 1867
Jaguar guapote

El guapote (*Parachromis managuensis*) es una especie de cíclido centroamericano que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Es considerado el guapote más depredador de todos porque es altamente piscívoro y agresivo. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento relativamente bajo para gran parte del país y medio a alto para ciertas regiones del noroeste, este y sureste del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: María del Rocío Rodiles Hernández
Dibujo en blanco y negro Descripción generada automáticamente con confianza media
.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Parachromis*

Especie: *Parachromis managuensis*

Descripción

Boca grande, mandíbula inferior protráctil, dientes caninos prominentemente alargados, puntos oscuros en las aletas y el cuerpo, banda negra más o menos continua entre el ojo y el margen opercular, otra banda entre el ojo el ángulo inferior del opérculo; una línea de manchas negras a lo largo de la parte central. Cuerpo plateado o dorado–verdoso a morado; la espalda más verde, los lados con iridiscencia purpura, vientre blanquecino o amarillento; aletas dorsal, anal y caudal con numerosas manchas negras, interespacios blanquecinos, amarillentos o con iridiscencias azules, una mancha negra en la base de la aleta caudal. Hembras reproductoras con fuerte tinte carmesí en los opérculos.

Distribución

Nativa de Centroamérica: vertiente atlántica desde el río Ulúa, Honduras, hasta el río Matina, Costa Rica.

Se ha establecido Hawái, México, Taiwán, Singapur, Puerto Rico, Honduras, Guatemala, Panamá, Cuba, China, EE. UU. y Filipinas.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita aguas tranquilas de movimientos lentos y de fondos suaves y firmes, asociadas cercanamente a sustratos rocosos y hoyos o cuevas en rocas.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. Ambos padres resguardan agresivamente los huevos y larvas. Las hembras contienen tres grupos de ovocitos en diferentes estados de maduración, lo que les permite tener periodos frecuentes de desove. Requieren de sustratos firmes o rocosos y de áreas con vegetación para el desove y temperaturas entre 25 °C y 36 °C. Vive hasta 15 años.

Alimentación

Es una especie principalmente piscívora y muy agresiva, se alimentan de peces pequeños, incluidos sus congéneres y macroinvertebrados.

Figura 1. Distribución potencial de *Parachromis managuensis* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Es considerado el guapote más predatorio de todos porque es altamente piscívoro y agresivo. En México han causado estragos en poblaciones de peces nativos. Se reconocen efectos adversos al ecosistema debido a la presencia de *Parachomis managuensis* en conjunto con otras especies invasoras y de forma directa el desplazamiento de poblaciones de cíclidos importantes. Su comportamiento agresivo incluye la destrucción de la vegetación, probablemente en su búsqueda de superficies adecuadas para el desove.

Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Parachromis managuensis* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Pethia conchonius Hamilton, 1822
Barbo rosado

El barbo rosado es un pez ciprínido asiático introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los impactos potenciales a causa de su introducción. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo para casi todo el país con algunas zonas aisladas de riesgo medio y alto en el este y suroeste del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2).
Fotografía: Usien
Dibujo en blanco y negro Descripción generada automáticamente con confianza media
.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Pethia*

Especie: *Pethia conchonius*

Descripción

Tamaño adulto pequeño, infraorbitario 3 ancho, ausencia de barbillas rostrales, barbillas maxilares diminutas o ausentes, último radio de la aleta

dorsal no ramificado rígido y serrado, línea lateral a menudo abreviada, patrón de color que incluye una mancha negra en el pedúnculo caudal, y quinto ceratobranquial amplio caracterizado por una punta dorsal puntiaguda, dientes espaciados de tamaño moderado y ausencia de ángulo dorsal. Puede llegar a medir hasta 14 cm.

Distribución

Nativa de Asia: Afganistán, Pakistán, India, Myanmar, Nepal y Bangladesh.

Se ha establecido en varios lagos y ríos de Puerto Rico, Queensland, Australia, Colombia y Singapur.

Estatus

Exótica presente en México, no invasora. Introducida en Guerrero, Nuevo León y cuenca de río Amacuzac, se desconoce si se encuentra establecida.

Hábitat

Dulceacuícola. Se ha reportado que ésta especie puede habitar lagos, arroyos y ríos. Puede soportar un rango corto de temperaturas entre 18 °C y 24 °C.

Ciclo de vida

Es una especie con fertilización interna y son ovíparos. La especie puede reproducirse durante todo el año, con una fecundidad promedio de 523 huevos por desove. Dispersan los huevos en el sustrato. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, comúnmente se alimenta de gusanos, crustáceos, insectos y materia vegetal. Se considera como un oportunista trófico, pudiendo impactar las comunidades nativas por competencia y depredación.

Figura 1. Distribución potencial de *Pethia conchonius* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Los impactos de esta especie son desconocidos. Se ha sugerido la posibilidad de que la especie compita con ciprínidos nativos por alimento. Posible vector de diversos parásitos de importancia como *Aphanomyces invadans*, *Gyrodactylus salaris* y *Aeromonas hydrophila*, entre otros.

Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Pethia conchonius* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Piaractus brachypomus Cuvier, 1818
Cachama

La cachama es una especie de pez sudamericano que se ha introducido en varios países por la vía de la acuacultura y acuarismo. Se reporta que ataca a otros peces cuando los insectos son escasos. También hay reportes de ataques a humanos. Los ejemplares de gran tamaño hacen daño a las plántulas de arroz y su daño se compara al que producen las ratas. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento relativamente bajo para gran parte del país, con un riesgo medio a alto para regiones cercanas a la costa del Atlántico. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Citron ⊙.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Serrasalmidae

Género: *Piaractus*

Especie: *Piaractus brachypomus*

Descripción

Se puede distinguir de las pirañas principalmente por las dos filas de dientes molariformes. Se puede distinguir de *Colossoma macropomum* por la ausencia de radios en la aleta adiposa, el espacio triangular entre filas de dientes premaxilares y dientes en el hueso maxilar y el opérculo corto y no semilunar con una relación alto/ancho >2.0. Se puede distinguir de *P. mesopotamicus* y *P. orinoquensis* por el número de escamas de línea lateral (84–100), filas de escamas por encima de la línea lateral (31–37), y filas de escamas debajo de la línea lateral (33–37). Longitud total máxima de 88 cm.

Distribución

Nativa de Sudamérica: cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco.

Se ha establecido en Papúa Nueva Guinea, China y Filipinas.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, soporta altas salinidades. Habita en ríos y cuerpos de agua de poco flujo.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización externa y son ovíparos. No exhiben cuidado parental. La hembra esconde los huevos, los juveniles son arrastrados por la corriente en su dinámica natural de maduración. Machos y hembras alcanzan su madurez sexual de 2 a 4 años y sus ciclos de reproducción son anuales, aunque las hembras están listas para volver a desovar en tan solo 10 semanas. Los machos producen esperma todo el año. Su ciclo reproductivo migratorio requiere de ríos y estanques. Vive hasta 25 años.

Alimentación

Es una especie principalmente herbívora, se alimenta principalmente de frutas, semillas, invertebrados terrestres y plantas en descomposición.

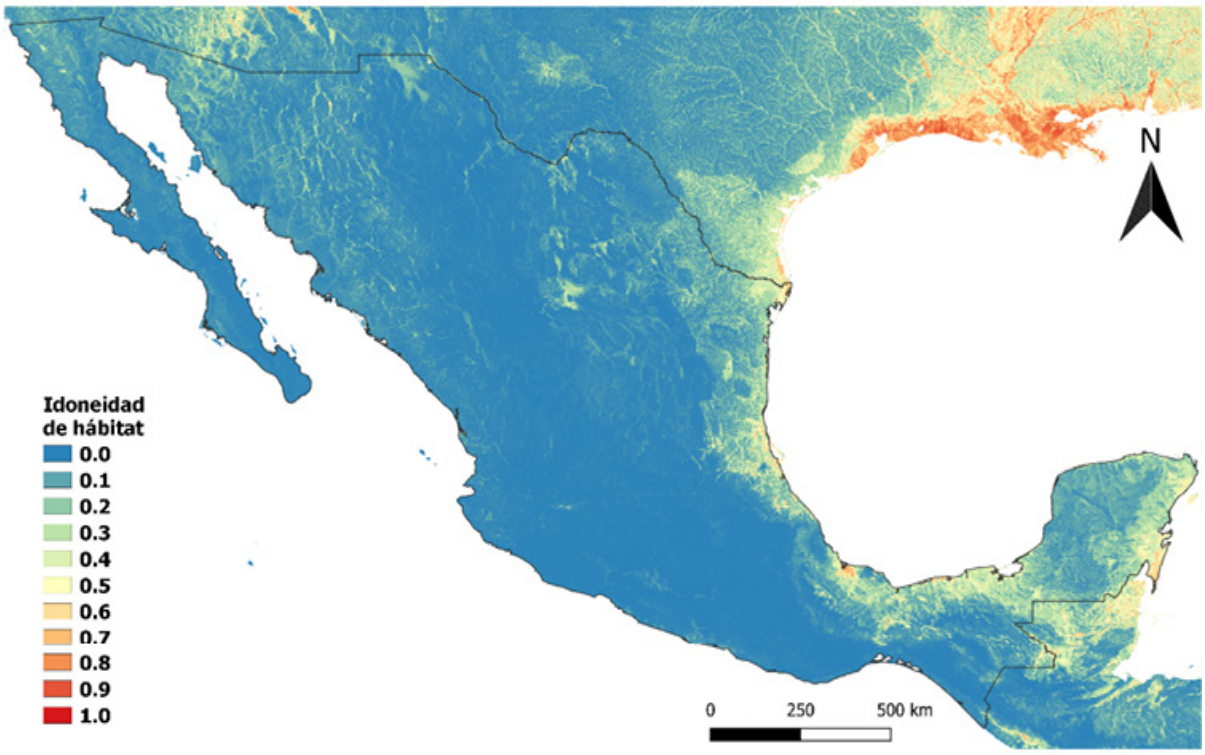


Figura 1. Distribución potencial de *Piaractus brachypomus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

Se reportan ataques a otros peces en los ríos Sepik y Ramu en 1999 cuando los insectos eran escasos y eran su principal alimento. También hay reportes de ataques a humanos, se le ha dado el apodo de “cortador de bolas” porque algunos lugareños han sido mordidos en los testículos cuando caminan entre el agua. Se ha reportado que las cachamas o pacus de gran tamaño hacen daño a las plántulas de arroz y su daño se compara al que producen las ratas. En el estadio larvario puede competir por el plancton con las larvas de otras especies nativas de peces.

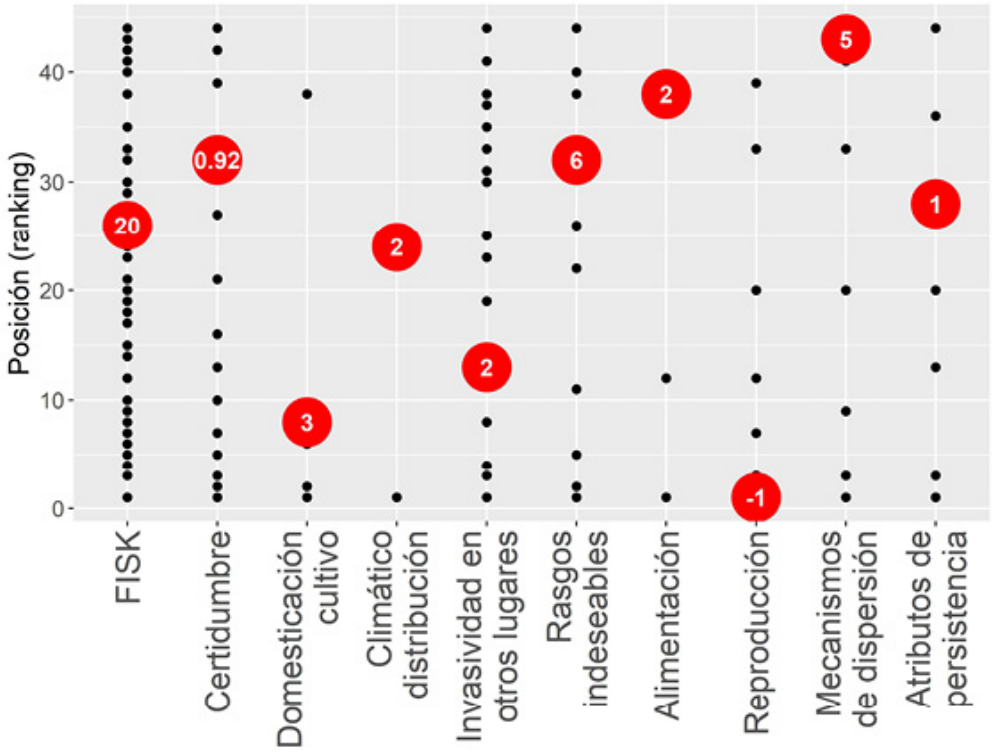


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Piaractus brachypomus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Poecilia reticulata Peters, 1859
Gupi

El gupi es una especie de pez sudamericano que se ha introducido en varios países por ser una de las especies más populares en la acuariofilia. Representan una amenaza para los ciprínidos y Cyprinodontiformes nativos y se han relacionado con la disminución invertebrados acuáticos en Hawái. En México es una amenaza para algunas especies nativas. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio a alto para casi todo el país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: José Antonio Ramírez Reséndiz ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia reticulata*

Descripción

Tiene un claro dimorfismo sexual. Los machos tienen patrones de color polimórficos llamativos que consisten en combinaciones de negro, blanco, rojo–naranja, amarillo, verde, manchas, líneas y motas iridiscentes, hasta 35 mm de longitud patrón. Tienen un gonopodio; una aleta anal delgada y modificada que se utiliza como órgano para la cópula, mientras que la aleta anal de las hembras es redondeada. Las hembras son de color gris plateado uniforme, y tienen un cuerpo más grande y profundo que los machos, hasta 60 mm de longitud patrón. Los juveniles se parecen a las hembras.

Distribución

Nativa de Sudamérica: Venezuela, Barbados, Trinidad, norte de Brasil y las Guayanas.

Se ha establecido en al menos 47 países.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Dulceacuícola, puede soportar agua marina. Habita una amplia

gama de hábitats, desde arroyos claros de montaña hasta aguas turbias y de movimiento lento a bajas elevaciones. Soporta temperaturas entre 20 °C y 30 °C.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización interna y son vivíparos. Después de un lapso de gestación de cuatro a seis semanas, las hembras dan a luz de 20 a 40 crías vivas. Puede producir descendencia cada cuatro semanas. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimentan de zooplancton, pequeños insectos y detritus.

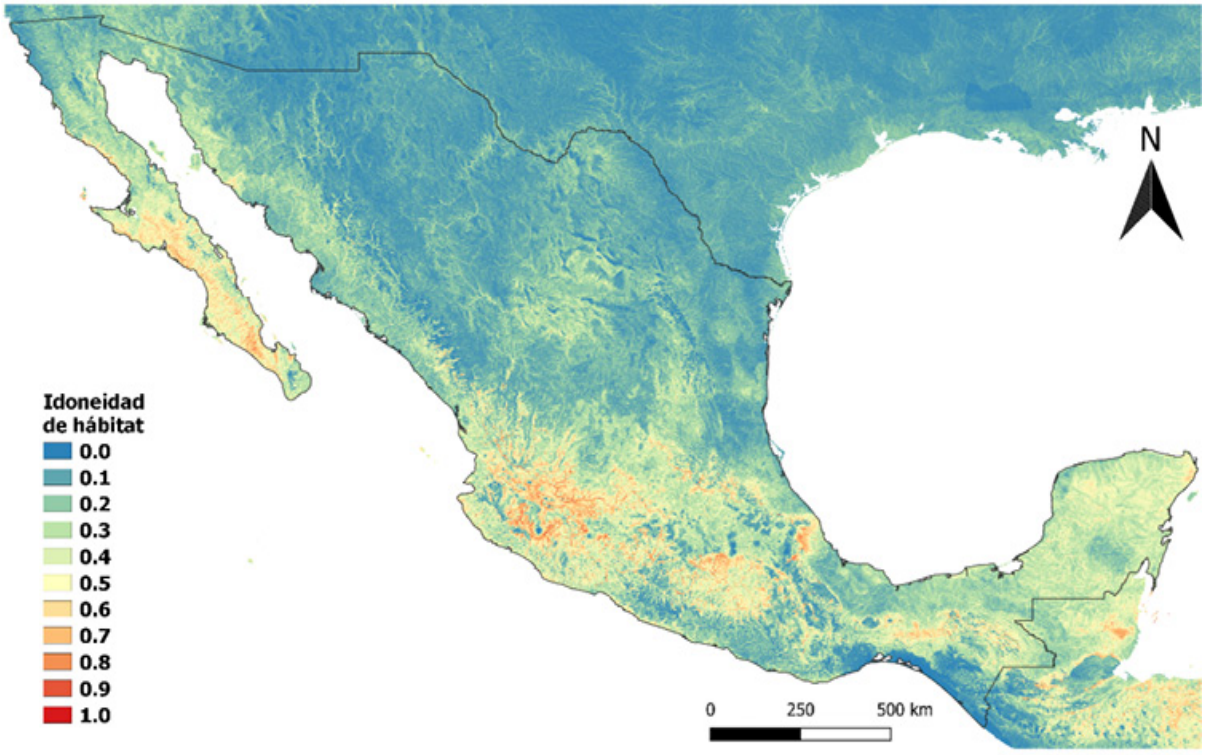


Figura 1. Distribución potencial de *Poecilia reticulata* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Representan una amenaza para los ciprínidos y Cyprinodontiformes nativos. En altas densidades pueden provocar cambios en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno y carbono. Se ha relacionado con la disminución de los peces nativos en Nevada y Wyoming, y los caballitos del diablo, quironómidos, hidroptílidos e incluso gobios nativos en Hawái El pez nativo *Aphyocypris lini* podría ser seriamente amenazado por guppies introducidos. En sitios de Australia donde los guppies y *Gambusia* sp. son abundantes, los peces endémicos son raros. También han provocado la disminución

de las poblaciones nativas de *Crenichthys baileyi*. En México amenaza a *Menidia ferdebueni*, además de competir y depredar los juveniles de *Fundulus lima*. En Perú se planteó que a través del traslape de dietas tiene el potencial de desplazar a la ictiofauna nativa.

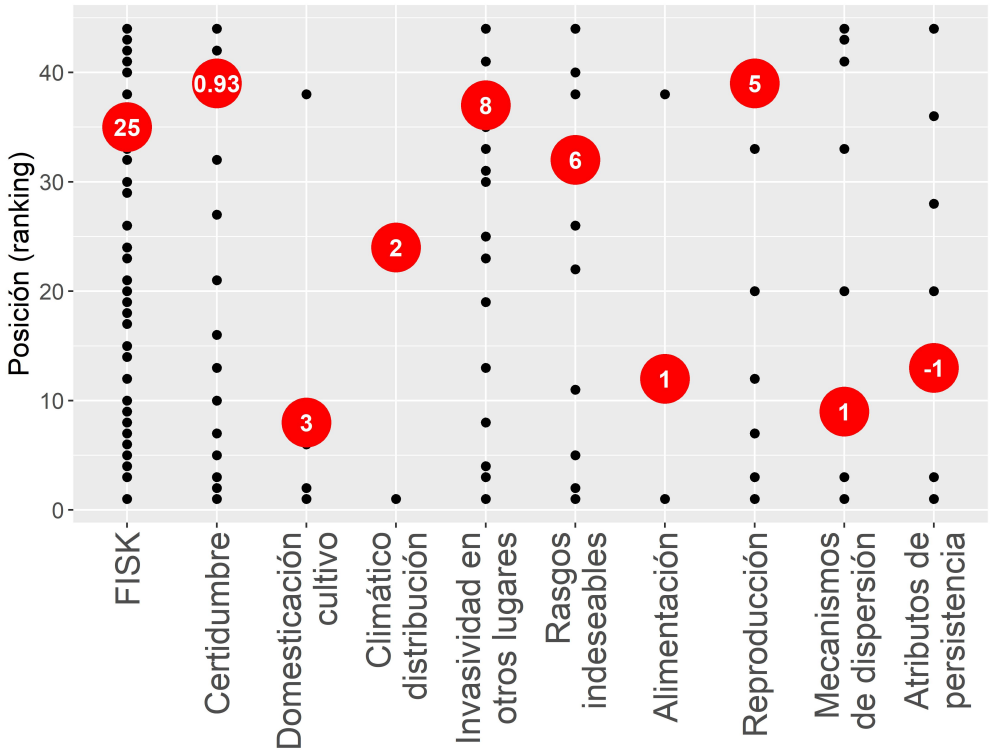


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Poecilia reticulata* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Poecilia sphenops Valenciennes, 1846
Molly

El molly es una especie que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo debido a que su fácil cultivo y reproducción. Se desconocen los posibles impactos ocasionados, aunque en conjunto con otros poecílidos constituyen una amenaza para las comunidades nativas. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento medio en los estados de Sinaloa y Nayarit y un riesgo alto en prácticamente todo el sur de México. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia sphenops*

Descripción

Exhiben variación de color. La variedad silvestre tiene una coloración plateada opaca, con puntos negros dispersos en su piel y una franja amarilla brillante en los extremos de sus aletas dorsal y caudal redondeadas. El cuerpo es oblongo con un pedúnculo caudal redondo y una pequeña cabeza aplanada dorsoventralmente con mandíbulas protuberantes. Su boca también posee muchas filas de dientes muy pequeños, siendo la fila exterior la más grande y reduciendo su tamaño con cada fila sucesiva. Muestra dimorfismo sexual, los machos son más pequeños y coloridos y tienen un gonopodio (aleta modificada) para transferir esperma durante el apareamiento.

Distribución

Nativa de Centroamérica y Sudamérica: desde México hasta Colombia.

Establecida en Argelia, Indonesia, Japón, Filipinas, Trinidad y Tobago, Singapur, República Checa, Eslovaquia, Hungría, Brasil, EE. UU., Puerto Rico y posiblemente en la Polinesia Francesa.

Estatus

Nativa de México, traslocada.

Hábitat

Habita en cuerpos de agua dulce y salobre, principalmente en áreas poco profundas y arroyos con corriente rápida, pasando poco tiempo en aguas salobres costeras antes de regresar a los biotopos de agua dulce. Se ha observado que se reproducen en las aguas costeras del mar y en los pantanos salobres.

Ciclo de vida

Es una especie dioica y son vivíparos. La fertilización ocurre internamente a través de aletas anales altamente modificadas de los machos. Producen entre 10 y 140 crías vivas en cada evento reproductivo, cuyo número depende de la madurez y el tamaño de la hembra. Los períodos de gestación pueden variar entre 3–4 semanas. Las hembras pueden almacenar esperma y tener crías en múltiples ocasiones durante todo el año. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimenta de gusanos, crustáceos, insectos y plantas, representando una amenaza potencial para otros peces nativos.

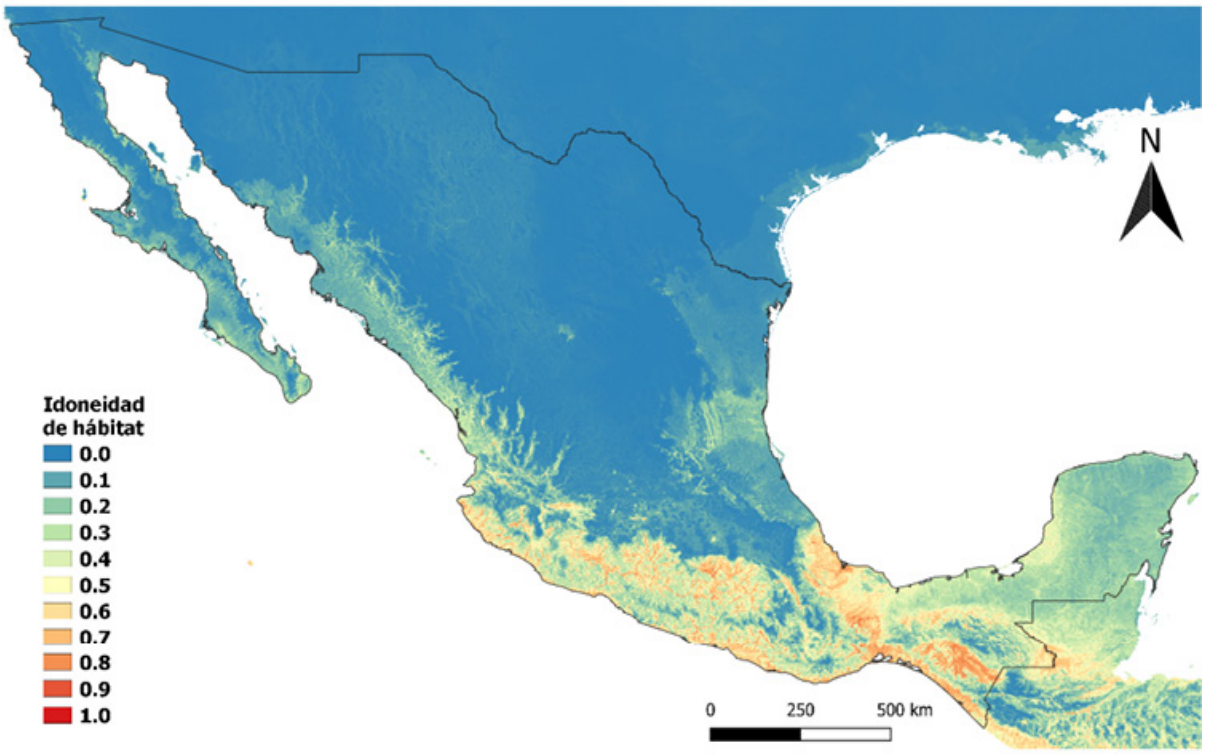


Figura 1. Distribución potencial de *Poecilia sphenops* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Junto con otras especies introducidas, ha afectado negativamente al ciprínido *Moapa coriacea* y el pez de manantial del río Blanco *Crenichthys baileyi* en el Valle de Pahranagat, Nevada, (ambas especies en peligro de extinción), y son una amenaza potencial para otros peces nativos. En Brasil, junto con otras seis especies de poecílidos, constituyen una amenaza para las comunidades nativas debido a sus impactos negativos, tales como cambios en la estructura de los peces nativos y la homogenización biótica.

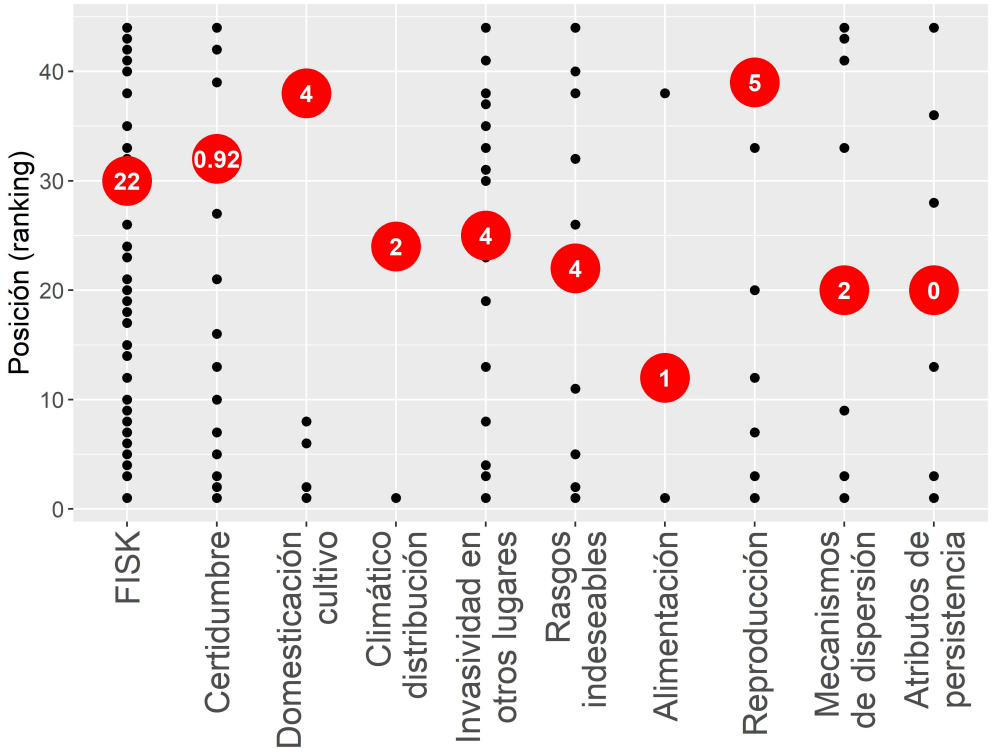


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Poecilia sphenops* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Poecilia velifera Regan, 1914
Topote aleta grande

El topote aleta grande es un pez poecílido introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se ha reportado que es capaz de erradicar a los peces nativos pequeños como resultado de depredación y/o competencia por el alimento y espacio. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo para casi todo el país con algunas zonas de riesgo medio a alto para ciertas regiones cercanas a la costa en Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Veracruz y en su área nativa en la Península de Yucatán. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: J. Mirella Hernández de Santillana ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia velifera*

Descripción

Presenta una coloración grisácea o celeste acero metalizada con manchas que llegan a formar franjas de color verde y azul fuerte. La aleta dorsal y la parte ventral son de color anaranjado. Hay variedades verde azulado, albino, dorado, albino–dorado, leopardo, negro, marmolado y negro. Los machos presentan una longitud máxima de 15 cm, mientras que las hembras alcanzan hasta 18 cm. Poseen cabeza puntiaguda, con la mandíbula inferior prominente. La aleta dorsal presenta 18 o 19 radios espinosos y un gran desarrollo.

Distribución

Nativa de México: aguas costeras al norte de la península de Yucatán, incluidas las islas Mujeres y Cozumel, hasta un arroyo de marea unos 50 km al suroeste de Campeche y laguna de Términos.

Se ha establecido en Colombia, Perú, Tailandia, Israel, Vietnam y Brasil.

Estatus

Nativa de México, no invasora.

Hábitat

Dulceacuícola y salobre, puede vivir al menos 150 días en agua marina. Habita aguas lénticas, las zonas de fuertes corrientes se consideran barreras efectivas para su dispersión.

Ciclo de vida

Es una especie dioica, con fertilización interna y son vivíparos, la hembra da a luz a los juveniles. En zonas en donde ha sido introducida ha modificado sus características reproductivas, encontrándose hembras grávidas todo el año. Su fecundidad es de hasta 252 embriones por hembra. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie detritívora, se alimenta principalmente de algas y materia vegetal. Como especie invasora, podría afectar especies nativas al competir por el alimento y mediante depredación.

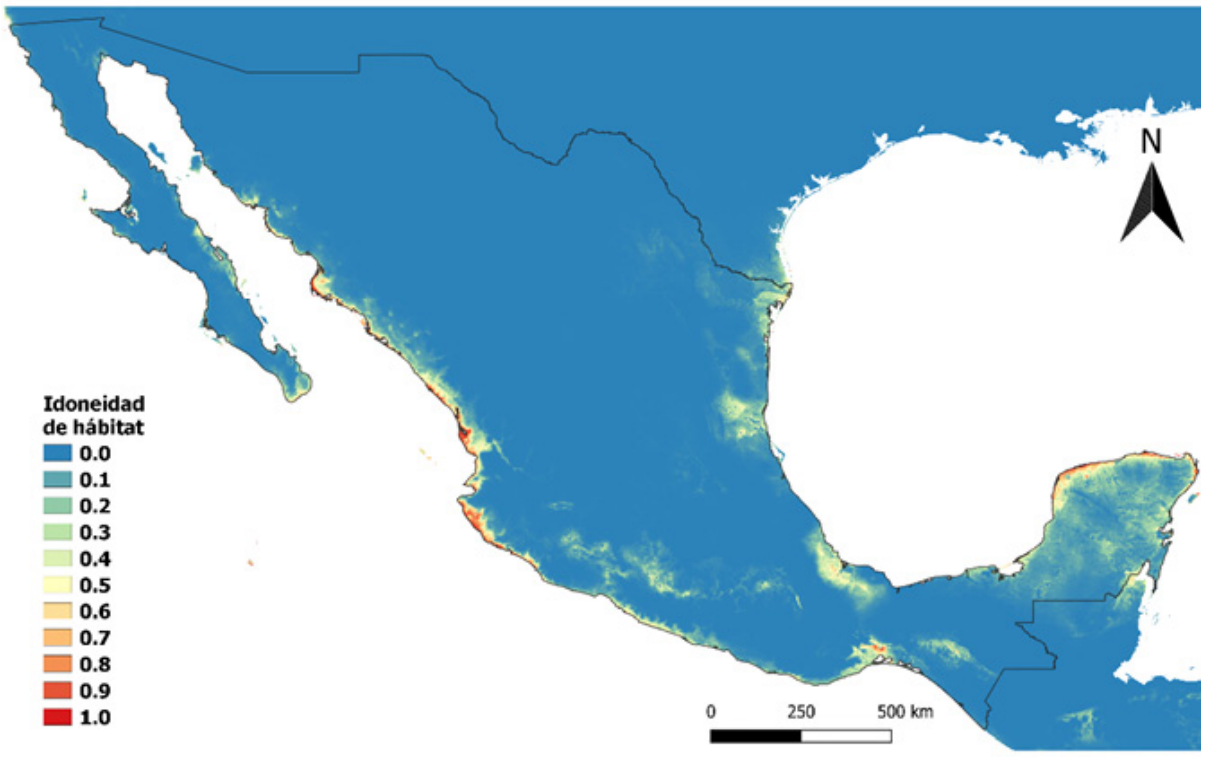


Figura 1. Distribución potencial de *Poecilia velifera* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

En Queensland, los poecílidos introducidos (*Poecilia*, *Gambusia* y *Xiphophorus*) pueden haber erradicado especies de los géneros *Melanotaenia* y *Pseudomugil*, que se consideran valiosas especies ornamentales. Se ha reportado que esta especie es capaz de erradicar a la mayoría o todos los peces nativos pequeños como resultado de depredación y/o competencia por el alimento y espacio.

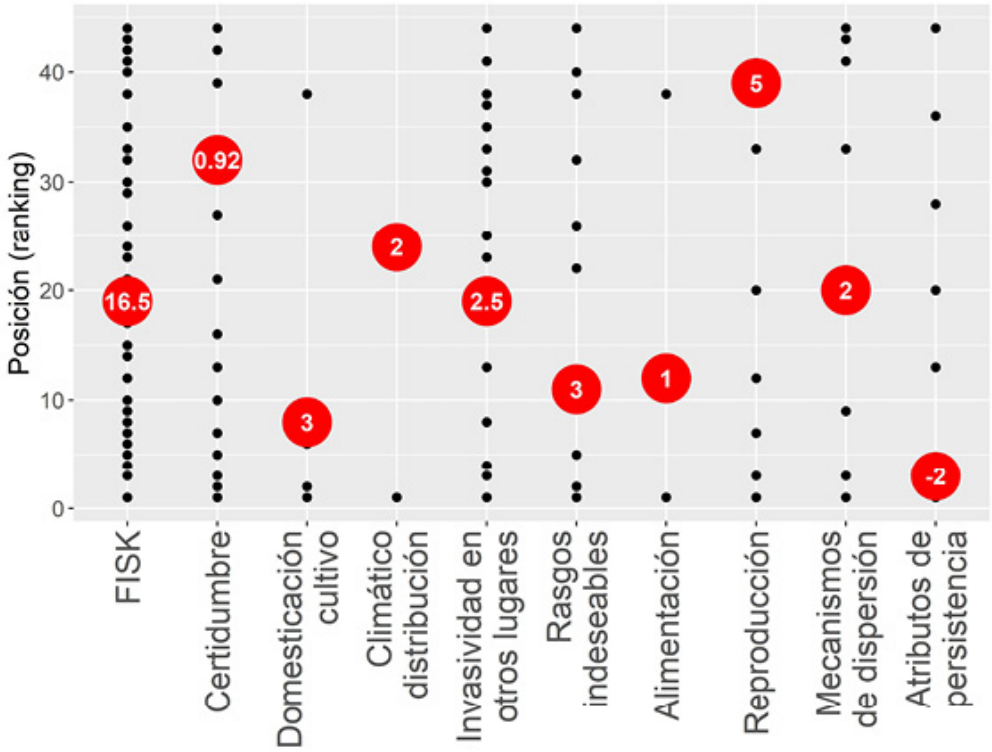


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Poecilia velifera* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Pterophyllum scalare Schultze, 1823
Pez ángel

El pez ángel es una de las principales especies en el acuarismo a nivel mundial, ha sido introducida en varios países por esta vía. No se reportan poblaciones establecidas en ningún país, aunque se tienen registros del escape o liberación de individuos en diversas partes. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento relativamente bajo para gran parte del país y medio a alto para regiones cercanas a la costa, excepto desde Nayarit hasta Chiapas y Baja California. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Sergio Luna.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Pterophyllum*

Especie: *Pterophyllum scalare*

Descripción

Especie de cuerpo comprimido y en forma de disco, radios dorsales y anales espinosos que aumentan de longitud desde la parte anterior a la posterior de la aleta; color del cuerpo plateado con cuatro barras verticales oscuras en los adultos y siete en juveniles. Puede alcanzar una talla máxima de 15 cm.

Distribución

Nativa de Sudamérica: Brasil, Colombia, Guyana Francesa, Guyana, Perú y Surinam.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, aunque puede tolerar bajas salinidades. Habita principalmente en pantanos y terrenos inundados, pero es capaz de vivir en sitios con aguas más claras donde su color se vuelve más obscuro. Puede soportar un rango corto de temperaturas entre 24 °C y 30 °C.

Ciclo de vida

Es una especie monógama. La pareja prepara un área para el desove sobre la vegetación acuática. Cada hembra puede desovar más de 1,000 huevos por puesta, los cuales son cuidados por ambos padres. Puede desovar durante todo el año. Se reproduce fácilmente en cautiverio. Requieren de aguas ligeramente ácidas durante su desarrollo embrionario, en un pH alcalino muestra mortalidades de hasta 98%. Vive hasta 10 años.

Alimentación

Es una especie omnívora. En su hábitat natural las crías de esta especie se alimentan de organismos planctónicos y cuando alcanzan la etapa juvenil–adulto se alimentan principalmente en larvas de insectos y crustáceos, plantas y gusanos.

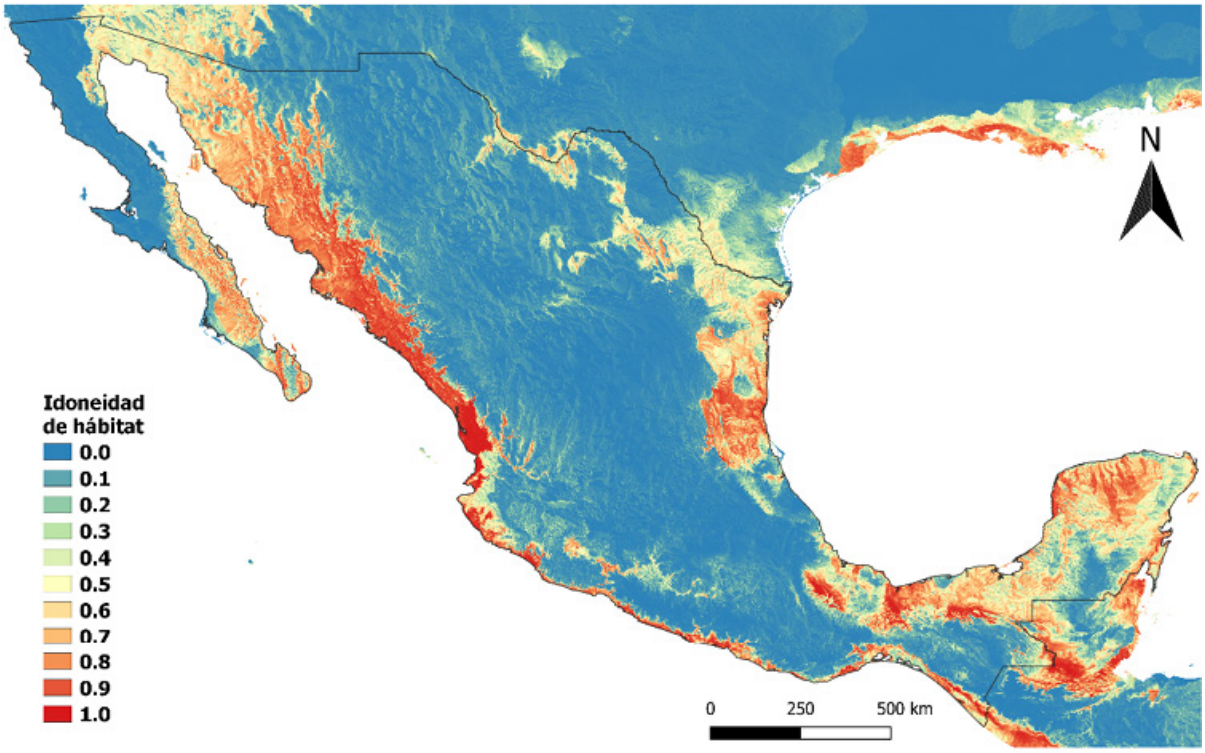


Figura 1. Distribución potencial de *Pterophyllum scalare* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen los posibles impactos que pueda ocasionar. Es un posible vector de diversos patógenos de importancia como *Mycobacterium angelicum* y *Saprolegnia parasitica*.

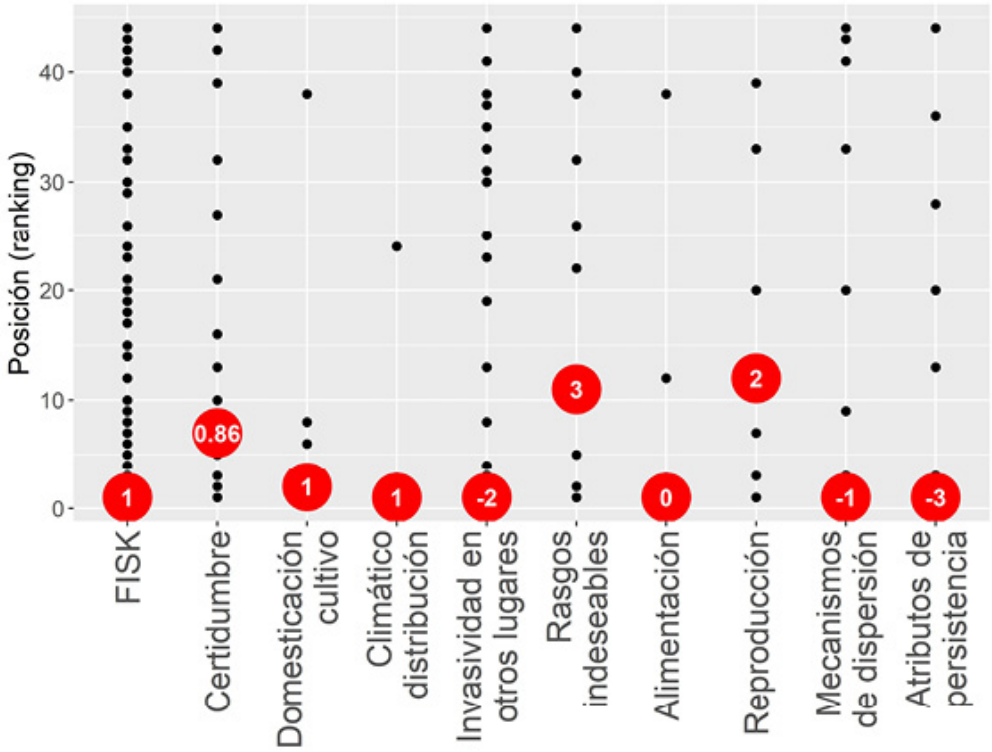


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Pterophyllum scalare* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Pterygoplichthys disjunctivus Weber, 1991
Plecóstoma rayado

El plecóstoma rayado (*Pterygoplichthys disjunctivus*) es un cíclido sudamericano que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Debido a su hábito de eliminar los sedimentos del fondo suelen destruir los nidos de lobina negra, alterando las poblaciones de estas populares especies de pesca deportiva. En México han provocado una disminución considerable de la pesquería de tilapia y carpa en el embalse de Infiernillo, mientras que en Filipinas ha destruido jaulas y redes, y provocando una disminución de peces nativos más deseables. El modelo de distribución potencial muestra algunas regiones con riesgo de establecimiento medio. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Loricariidae

Género: *Pterygoplichthys*

Especie: *Pterygoplichthys disjunctivus*

Descripción

Los adultos, generalmente sin odontoides hipertrofiados en las mejillas evertibles (algunos adultos muy grandes pueden tener uno o dos odontoides de las mejillas muy ligeramente alargados). De 11–14 radios de la aleta dorsal. Adultos con manchas en la cabeza y sin patrón geométrico de líneas claras. Casi todas las manchas en el abdomen de los adultos se fusionan para formar vermiculaciones (las manchas pueden estar separadas en los juveniles). Las manchas laterales suelen separarse, sin formar galones. Juveniles con manchas o manchas lateralmente. La longitud total máxima reportada es de 70 cm.

Distribución

Originaria de América del Sur, en la cuenca del río Madeira. Introducida en Japón, Singapur, Filipinas, Puerto Rico, EE. UU., México, Java, Taiwán y la India. Establecida en todos ellos y

probablemente también en Java, Taiwán y la India.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Pueden sobrevivir salinidades de hasta 10 ppt con poca mortalidad, pero no más de unas pocas horas a 16 ppt. Las especies del género *Pterygoplichthys* y muchos otros loricáridos tienen respiración aérea facultativa y son capaces de persistir indefinidamente en condiciones hipóxicas. Incluso, puede sobrevivir varios días de desecación en madrigueras excavadas en arroyos o riberas de ríos. Se han encontrado en cuencas, ríos, estanques, presas, estuarios, manglares y ríos que se inundan con agua dulce, pueden surgir conexiones acuáticas temporales, esto permite que los peces invadan otras áreas. Prosperan en aguas eutróficas.

Ciclo de vida

Especie que muestra cuidado parental de los huevos; los machos suelen excavar en las orillas de los ríos para crear madrigueras donde las hembras atraídas pondrán los huevos. La especie tiene una extensa temporada reproductiva. Puede desovar varios lotes de ovocitos desde mayo a septiembre o de abril a octubre, con una fecundidad promedio de hasta 6902 huevos por puesta. Tiene un mínimo de tres a cinco episodios de desove en cada temporada de

reproducción. De acuerdo con análisis de otolitos y datos reproductivos, el tiempo estimado de maduración es de dos años.

Alimentación

La especie es principalmente detritívora/algívora.

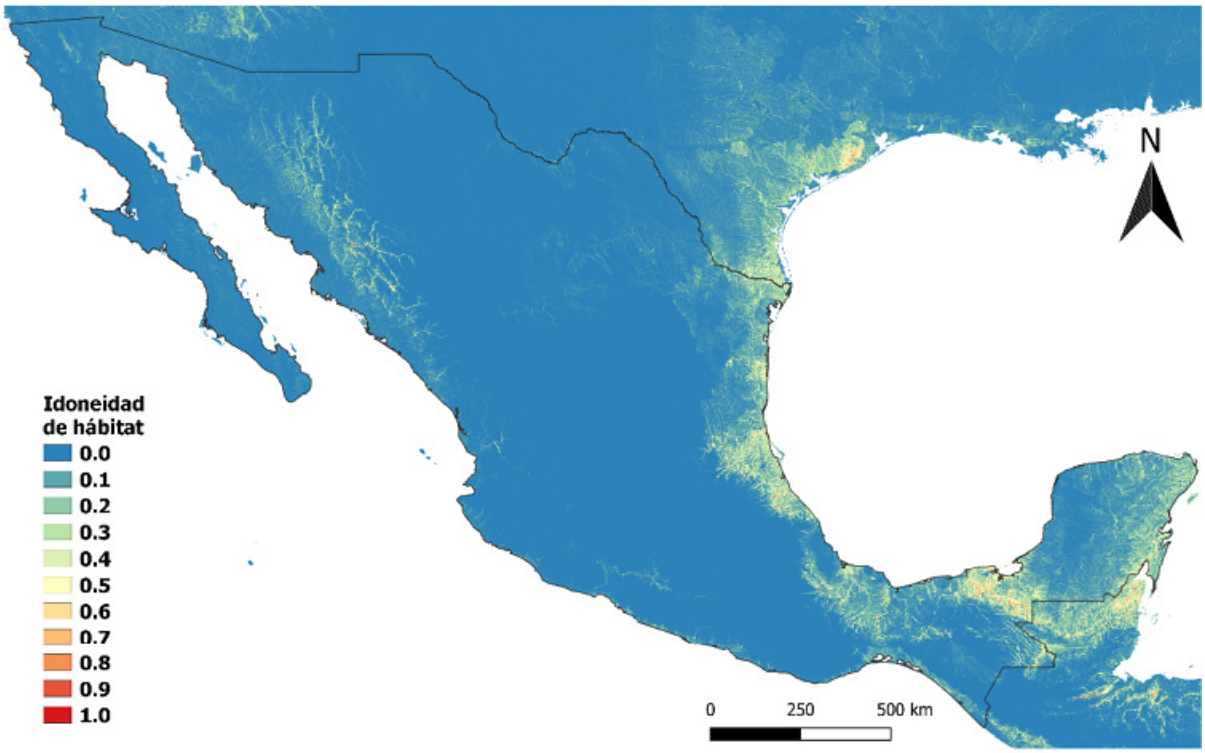


Figura 1. Distribución potencial de *Pterygoplichthys disjunctivus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat.

Impactos

En México ha afectado las pesquerías locales de tilapias, con pérdidas anuales de $36 millones. Pueden dañar tilapias y otros peces de importancia debido al revestimiento exterior abrasivo, y las espinas pueden romper las redes de arrastre o es posible que haya

que cortarlas para extraer al animal. En el río Chacamax (Chiapas, México) las altas densidades de loricáridos invasores amenazan la estructura y función de los ecosistemas, alterando la dinámica de los nutrientes y ciclos biogeoquímicos. Debido a su comportamiento de búsqueda de alimento, excreción y agitación de sedimentos crean problemas de calidad del agua, generando florecimientos microscópicos de algas y cambios en la disponibilidad de nutrientes del plancton. Producen cambios significativos en las concentraciones de nitrógeno disuelto y turbidez en el agua al cavar sus sitios de anidación. Compite y desplaza especies nativas en Filipinas. Se han encontrado pelícanos muertos, ahogados debido a las espinas de estos peces. Crean impactos negativos en el perifiton y los peces que desovan en el fondo, como *Etroplus suratensis.* Vector de los parásitos *Heteropriapulus heterotylus* y *Neoergasilus japonicus* en Okinawa, Japón. Pueden alterar significativamente el balance energético de un cuerpo de agua al reducir la cantidad de energía disponible para otros herbívoros, como insectos acuáticos y otros artrópodos, reduciendo sus poblaciones y afectando otros animales que se alimentan de artrópodos. Los loricáridos pueden disminuir las poblaciones de algas en el área donde han sido introducidos. Esta especie pudo haber desplazado a otros peces en Texas, debido a la competencia por el alimento.

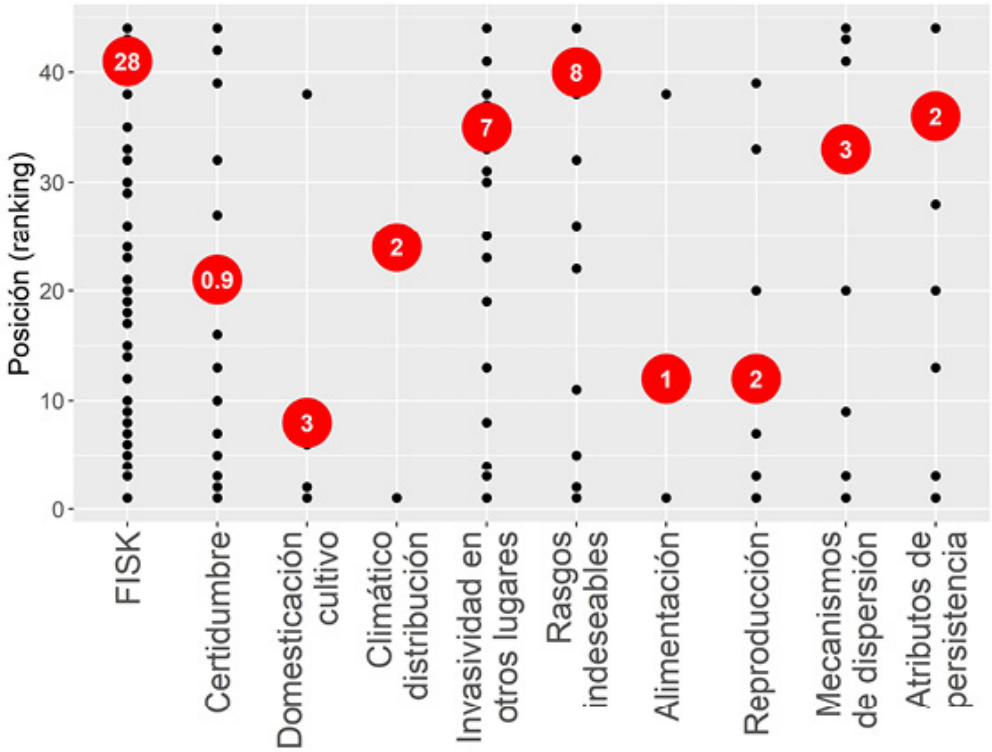


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Pterygoplichthys disjunctivus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Pterygoplichthys gibbiceps Kner, 1854
Pleco leopardo

El pleco leopardo (*Pterygoplichtys gibbiceps*) se alimenta principalmente de algas y detritus. Puede afectar a especies nativas al competir por alimento. Sin embargo, esta especie ha sido introducida en Puerto Rico, Polonia, EE. UU. y España sin éxito de establecimiento. El modelo de distribución muestra establecimiento potencial relativamente bajo para gran parte del país y un riesgo medio a alto para Baja California y ciertas regiones de Sonora, Baja California Sur, este y sureste del país. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Miroslav.vajdic ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Loricariidae

Género: *Pterygoplichthys*

Especie: *Pterygoplichthys gibbiceps*

Descripción

El patrón de color es generalmente marrón oscuro con manchas vermiculares. Abdomen casi completamente cubierto de pequeñas placas. Cola bifurcada con el lóbulo inferior más largo que el superior. Cinco filas de placas en el lado del abdomen. Se diferencia de otras especies de *Pterygoplichthys* por tener una elevada cresta supraoccipital. Presenta una línea de odontoides en las placas de todo el cuerpo. Puede llegar a medir 50 cm de longitud total.

Distribución

Originaria de la cuenca media y alta del Amazonas y del Orinoco, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Introducida en Puerto Rico, Polonia, EE. UU. y España, sin éxito de establecimiento.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Las especies del género *Pterygoplichthys* son fisiológicamente

capaces de sobrevivir en condiciones mesohalinas, logrando permanecer largos periodos de tiempo en estuarios y ambientes costeros. Debido a su capacidad de respirar aire atmosférico, los loricáridos son capaces de resistir fuera del agua por más de 30 h. Pueden encontrarse en una amplia variedad de hábitats, desde ríos de alto flujo hasta aguas estancadas. Son altamente tolerantes a la baja calidad del agua y comúnmente se encuentran en aguas contaminadas.

Ciclo de vida

Las especies del género *Pterygoplichthys* muestran cuidado parental. Es una especie iterópara, alcanza su madurez sexual a los 11 meses, cada hembra puede desovar entre 500–600 huevos por puesta dependiendo el tamaño. Los machos construyen madrigueras horizontales de 120 a 150 cm de largo, que son utilizadas como nidos para proteger los huevos y crías. La reproducción de los loricáridos ocurre principalmente durante el verano, sin embargo, en algunos lugares puede durar todo el año. Los machos de algunas especies llevan los huevos en su labio inferior.

Alimentación

Consume principalmente algas bentónicas.

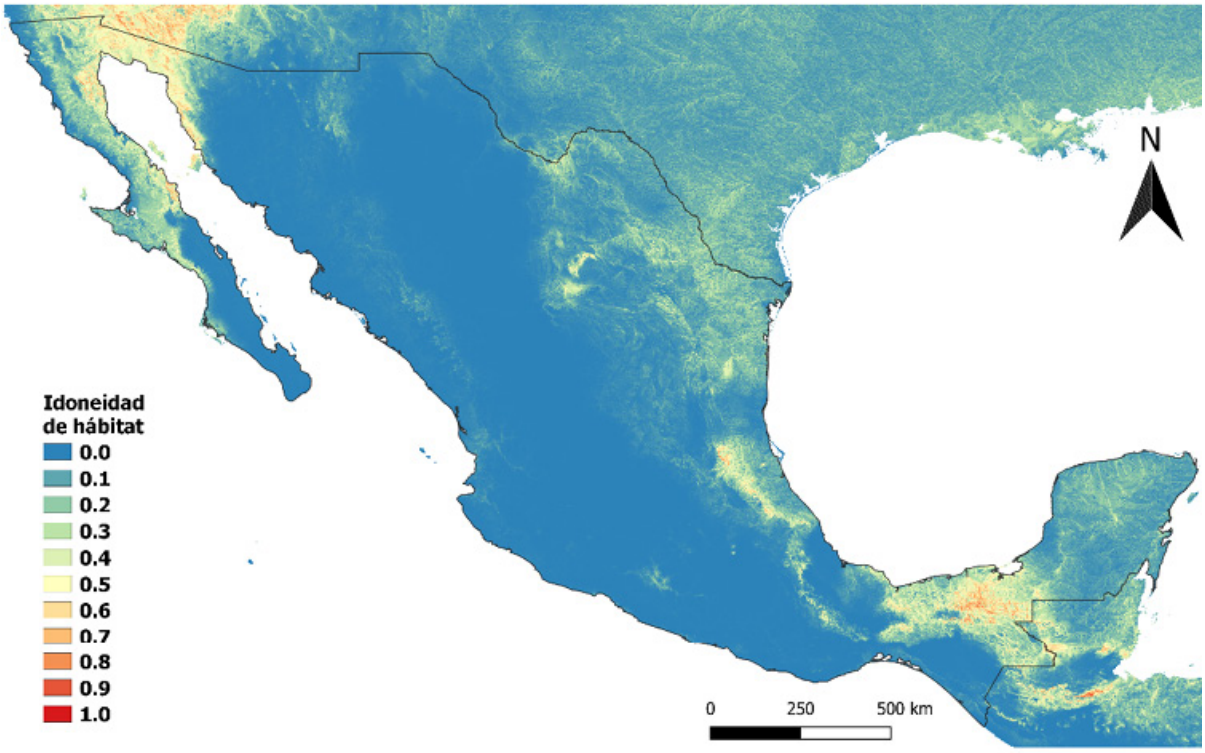


Figura 1. Distribución potencial de *Pterygoplichthys gibbiceps* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

El género *Pterygoplichthys* causa desplazamiento de especies nativas por competencia de espacio y alimento. Originan cambios significativos en el ciclo biogeoquímico, la carga de nutrientes y la sedimentación. Además de la erosión causada por los machos al excavar sus madrigueras, su excreción y la agitación del sedimento durante su alimentación, reducen la calidad del agua favoreciendo los florecimientos de algas microscópicas y provocando cambios en la disponibilidad de nutrientes para el plancton, alterando la calidad del agua y la función del ecosistema. Se ha demostrado que los

loricáridos son capaces de bioacumular metales pesados, bacterias y patógenos, pudiendo ser transmitidos a las personas que coman estos peces y exponiendo a las especies nativas que no tienen resistencia a ellos. Las especies del género *Pterygoplichthys* compiten con especies nativas mediante el consumo de algas y detritus bentónico, alterando y reduciendo la disponibilidad de alimento. Además, se ha reportado que consumen los huevos de otras especies de peces.

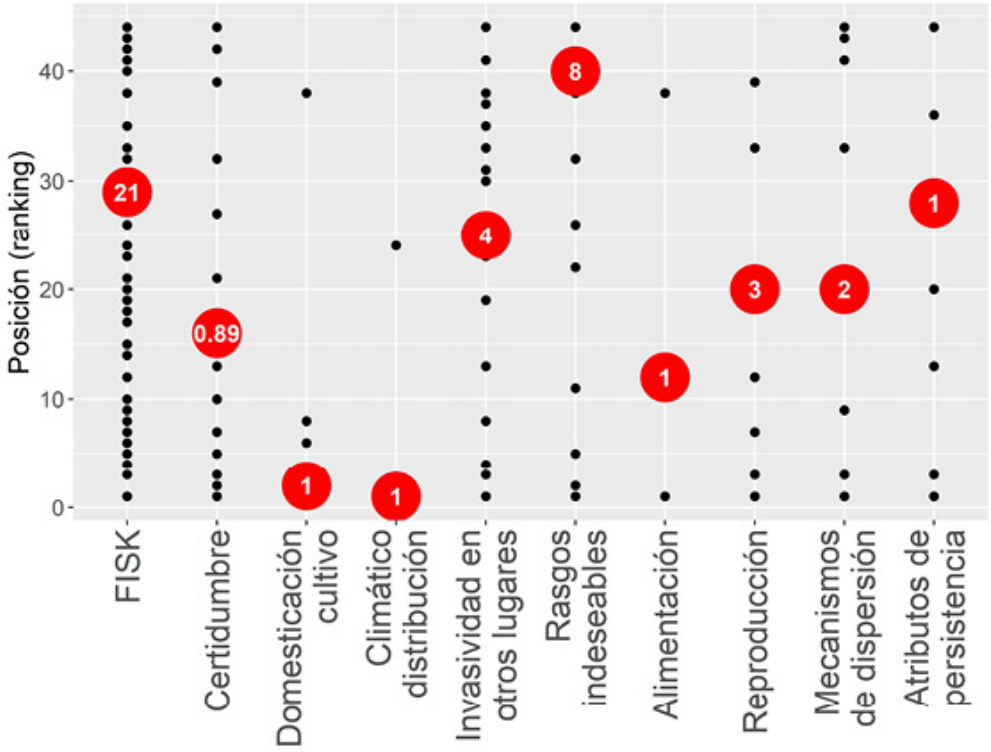


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Pterygoplichthys gibbiceps* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Pterygoplichthys pardalis Castelnau, 1855
Plecóstoma del Amazonas

El plecóstoma del Amazonas (*Pterygoplichthys pardalis*) es un pez sudamericano, introducido en varios países por la vía del acuarismo, resultado en el establecimiento de poblaciones en varios de ellos. Ocasiona diversos impactos en los ambientes en que se establece hasta el grado de perder funcionalidad ecosistémica. El modelo de distribución potencial muestra algunas regiones con riesgo de establecimiento medio a alto. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Luis Enrique Amador del Ángel ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Loricariidae

Género: *Pterygoplichthys*

Especie: *Pterygoplichthys pardalis*

Descripción

Pterygoplichthys es un bagre con armadura de la familia Loricariidae, los cuales se distinguen por la presencia de placas óseas flexibles (ausentes en ictalúridos) y una boca ventral (terminal en ictalúridos). Los *Pterygoplichthys* suelen confundirse con los *Hypostomus*, los cuales se pueden diferenciar por el número de radios de la aleta dorsal: 7–8 en *Hypostomus* y 9–14 en *Pterygoplichthys*. Los adultos de *P. pardalis* muestran un patrón geométrico de líneas claras en la cabeza. Las manchas en el abdomen de los adultos son en su mayoría discretas, por lo general no más de cinco manchas se fusionan para formar vermiculaciones cortas. Manchas laterales que se fusionan para formar galones que delimitan el borde posterior de las placas laterales (particularmente fuertes ventralmente posteriormente a la aleta pectoral). Juveniles con galones lateralmente, manchas abdominales separadas. La presencia de las aletas espinosas y la morfología externa dura hacen que estos peces los protege de depredadores. No obstante, el tamaño y la armadura más delgada de los juveniles los hace más susceptibles a la depredación por aves, catanes y caimanes. El tamaño máximo reportado es de 49 cm. Tienen respiración aérea,

soportan desecación por exposición prolongada al aire.

Distribución

Originaria de América del Sur, en la Cuenca baja, media y alta del río Amazonas. Introducida en la India, Indonesia, Malasia, Singapur, Filipinas, Puerto Rico, Bangladesh, España, EE. UU., Serbia, Vietnam y México. Establecida en la India, Indonesia, Malasia, Singapur, Filipinas, Puerto Rico, Bangladesh, Sri Lanka y México.

Estatus

Exótica presente en México, invasora.

Hábitat

Son capaces de sobrevivir en salinidades de hasta 10–12 ppt sin mortalidad. Son tolerantes a baja calidad del agua y pueden soportar condiciones hipóxicas y de desecación por su capacidad para respirar aire.

Ciclo de vida

Es una especie dioica e iterópara. La especie muestra cuidado parental, los huevos son custodiados por los machos en un nido.

Alimentación

Es una especie principalmente detritívora y algívora.

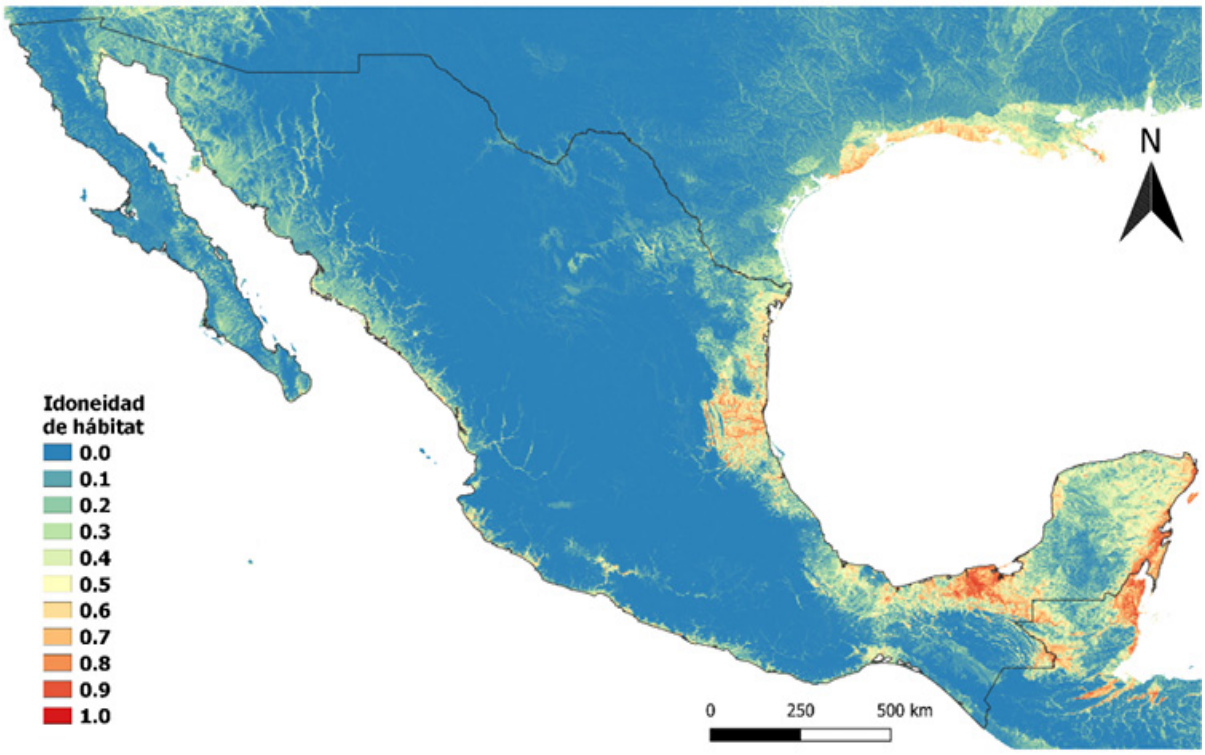


Figura 1. Distribución potencial de *Pterygoplichthys pardalis* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Destruyen los nidos de lobina negra al eliminar los sedimentos del fondo, lo cual altera las poblaciones de estas populares especies de pesca deportiva. Afecta pesquerías locales. Ocasiona daños a los corrales y jaulas de producción acuícola. Altas densidades de loricáridos invasores amenazan la estructura y función de los ecosistemas, alterando la dinámica de los nutrientes y generando puntos críticos biogeoquímicos debido a la excreción de nitrógeno y fósforo y a la remineralización. Competidor adverso de especies nativas, es hospedera del trematodo exótico *Clinostomum*

marginatum, el cual puede afectar anfibios, peces, serpientes y mamíferos, ocasionalmente reportado en humanos. Deterioran la calidad del agua al aumentar la turbidez cuando crean madrigueras en el fondo. Por su alimentación ha provocado impactos en los sitios introducidos. Se

han establecido firmemente en lagos y ríos urbanos contaminados. Ocasiona daños a los corrales y jaulas de producción acuícola. Se han encontrado pelícanos muertos, ahogados con las espinas de estos bagres.

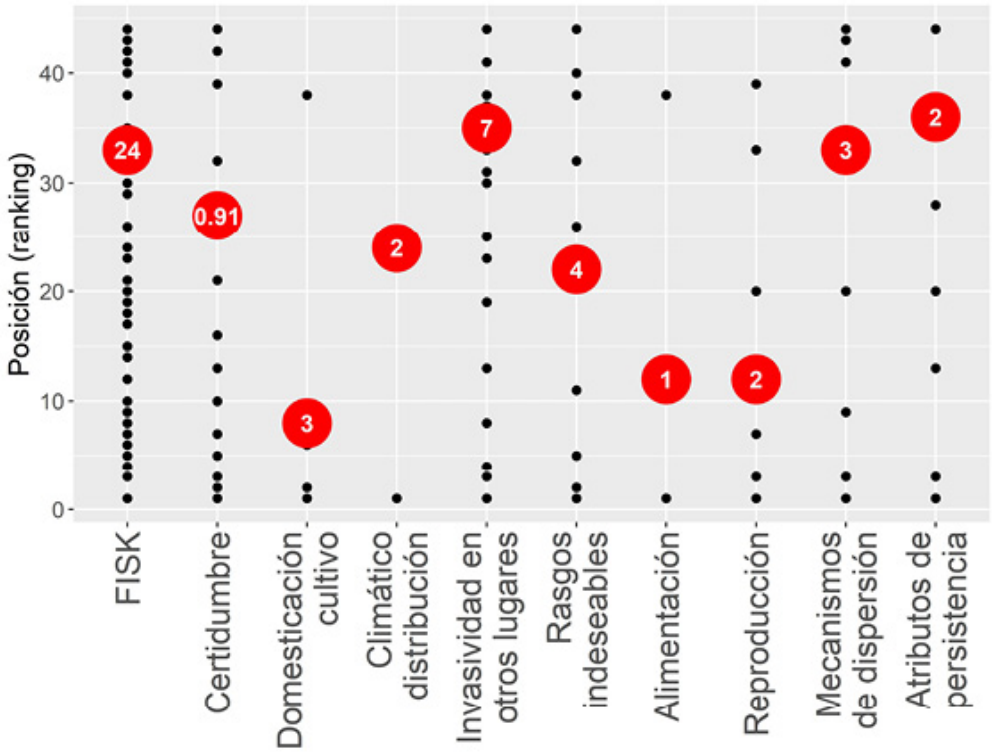


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Pterygoplichthys pardalis* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Puntigrus tetrazona Bleeker, 1855
Barbo tigre

El barbo tigre (*Puntigrus tetrazona*) es un pez asiático que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se desconocen los impactos que pueda ocasionar su introducción, aunque se ha reportado que es hospedera de algunos patógenos de importancia. El modelo de distribución potencial muestra algunas regiones con riesgo de establecimiento medio. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: André Karwath aka Aka ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Género: *Puntigrus*

Especie: *Puntigrus tetrazona*

Descripción

Especie dioica que se distingue de los congéneres por la siguiente combinación de caracteres: línea lateral incompleta; 12 escamas circunpedunculares; 19–21 + 2 escamas en la fila lateral; aleta dorsal mayormente negra con margen exterior más pálido; aletas pélvicas negras en el medio, hialinas en la base y la punta; barras oscuras del cuerpo relativamente anchas, que cubren hasta 2.5 escamas. Este género se diagnostica mediante la posesión de un patrón de color único que comprende cuatro barras negras en un cuerpo pálido y pigmentación negra en al menos la mitad basal de la aleta dorsal. La barra del cuerpo más anterior pasa a través del ojo, la segunda es anterior a la base de la aleta pélvica, la tercera está por encima de la aleta anal y continúa sobre ella, y la más posterior está en la base de la aleta caudal. El tamaño máximo que alcanza la especie es de 7 a 8 cm de longitud.

Distribución

Nativa de Asia: Sumatra y Borneo.

Introducida en Australia, EE. UU., Surinam, Canadá y Australia. Establecida en Colombia, Filipinas, Florida, Singapur y en Puerto Rico.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Dulceacuícola, bentopelágico y tropical. Tiene poca tolerancia fisiológica a altas salinidades. Presencia en aguas con corrientes moderadamente fluidas. Tolera rangos de temperatura de 18 °C a 32 °C y pH de 6.0–8.0.

Ciclo de vida

La edad mínima de maduración sexual es un año. Puede reproducirse durante todo el año y una hembra puede llegar a poner hasta más de 700 huevos por desove. No presentan cuidado parental, dispersan los huevos en el medio; estos son adhesivos y demersales, es poco probable que sean arrastrados por la corriente. Las especies de este género realizan migraciones cortas para desovar. En condiciones artificiales interrumpen de forma súbita del comportamiento reproductor e inhibición del desove.

Alimentación

Son omnívoros, comen gusanos, pequeños crustáceos y materia vegetal.

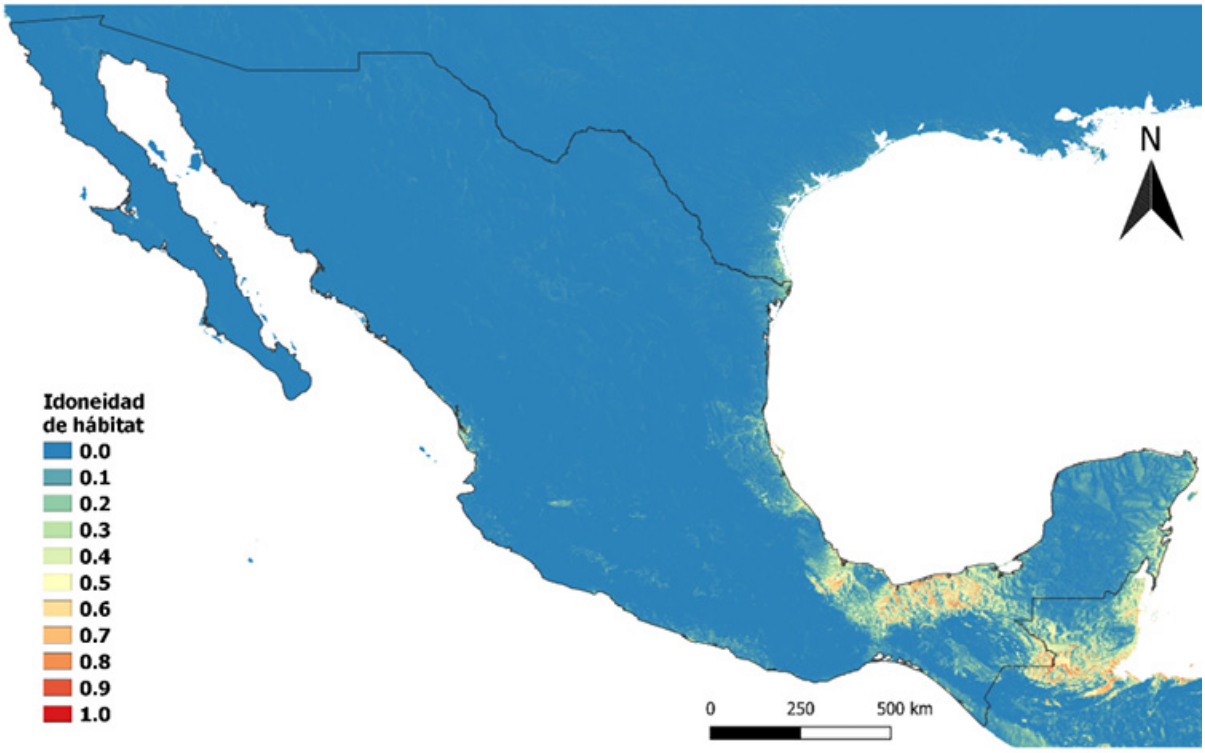


Figura 1. Distribución potencial de *Puntigrus tetrazona* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

Se desconocen. Se ha reportado como vector de *Dactylogyrus volfi*, *Ichthyopthirius multifiliis, Trichodina* sp. y *Enteromyxum leei.*

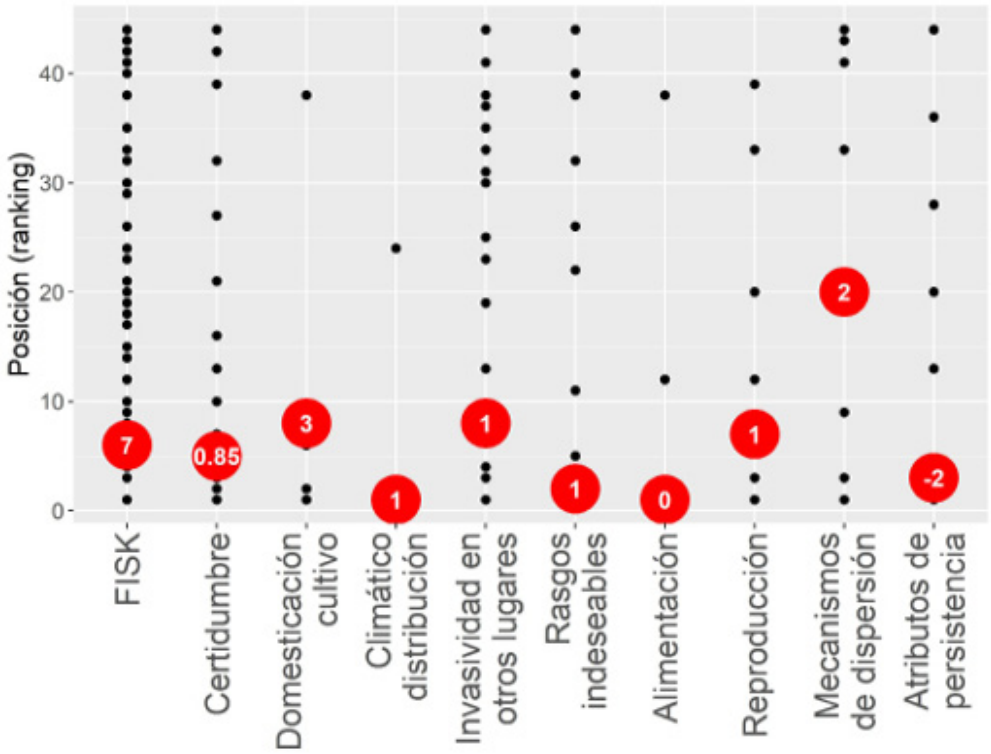


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Puntigrus tetrazona* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Rineloricaria parva Boulenger, 1895
Vieja del agua

La Vieja del agua es un pez sudamericano cultivado y vendido en el acuarismo global por ser pequeños, tranquilos y limpian las peceras. Son de difícil identificación, *Rineloricaria parva* y *R. hasemani* pueden ser comercializadas con el nombre de *whiptail catfish* o *lizard catfish*. Se desconocen los impactos que pueda ocasionar. El modelo de distribución potencial muestra algunas regiones con riesgo de establecimiento medio a alto. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Vera–Alcaraz *et al*. (2012) ⓒ.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Loricariidae

Género: *Rineloricaria*

Especie: *Rineloricaria parva*

Descripción

Machos y hembras diferenciados física y etológicamente. Son distintivos por tener cuatro series de placas laterales en filas longitudinales por debajo de la aleta dorsal, sin la serie dorsal media. A excepción de *Rineloricaria castroi* y *R. wolfei*, la aleta caudal es distintiva con ambos radios no ramificados extendidos como largos filamentos. La longitud máxima reportada es de 11 cm.

Distribución

América del Sur, endémica de la cuenca del río Paraguay, se le ha observado más al noreste, en algunos arroyos de la Guayana Francesa. No hay reportes de poblaciones introducidas o establecidas fuera de su área nativa.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

Son de agua dulce en zonas subecuatoriales templadas, en rápidos, anclados a rocas y troncos, o en fondos arenosos y enterrados en la

arena. Anidan en cuevas puesto que los huevos pueden ser depredados por otros organismos diversos. Son tranquilos junto a sus cohabitantes y no dañan la vegetación superior directamente. En acuarios su rango óptimo de temperatura es de 20–25 °C y pH de 6 a 7.5. Habitan aguas claras o con alto contenido de sólidos disueltos. Durante la anidación y eclosión son muy susceptibles a la calidad de agua.

Ciclo de vida

Especie longeva, de 5 a 8 años de vida. Se reproducen a los 2 o 3 años en múltiples ocasiones. El macho elige y acondiciona un sustrato firme en una cueva, mismo que la hembra visita para depositar los huevos. Lo común en este género son puestas de 60 hasta más de 200 huevos, según la edad reproductiva de la hembra; tardan menos de cinco días en adherirse y eclosionan 2 a 3 días después. El macho realiza todo el cuidado hasta la eclosión de los huevos y se muestra agresivo. Deja de alimentarse durante una semana y queda muy debilitado, por lo que es necesario un número de machos suficiente para asegurar las poblaciones.

Alimentación

Tienen hábitos nocturnos y se alimentan de algas epilíticas y epífitas, detritus, biopelículas diversas, pequeños crustáceos y materia vegetal blanda. Las larvas necesitan alimento abundante.

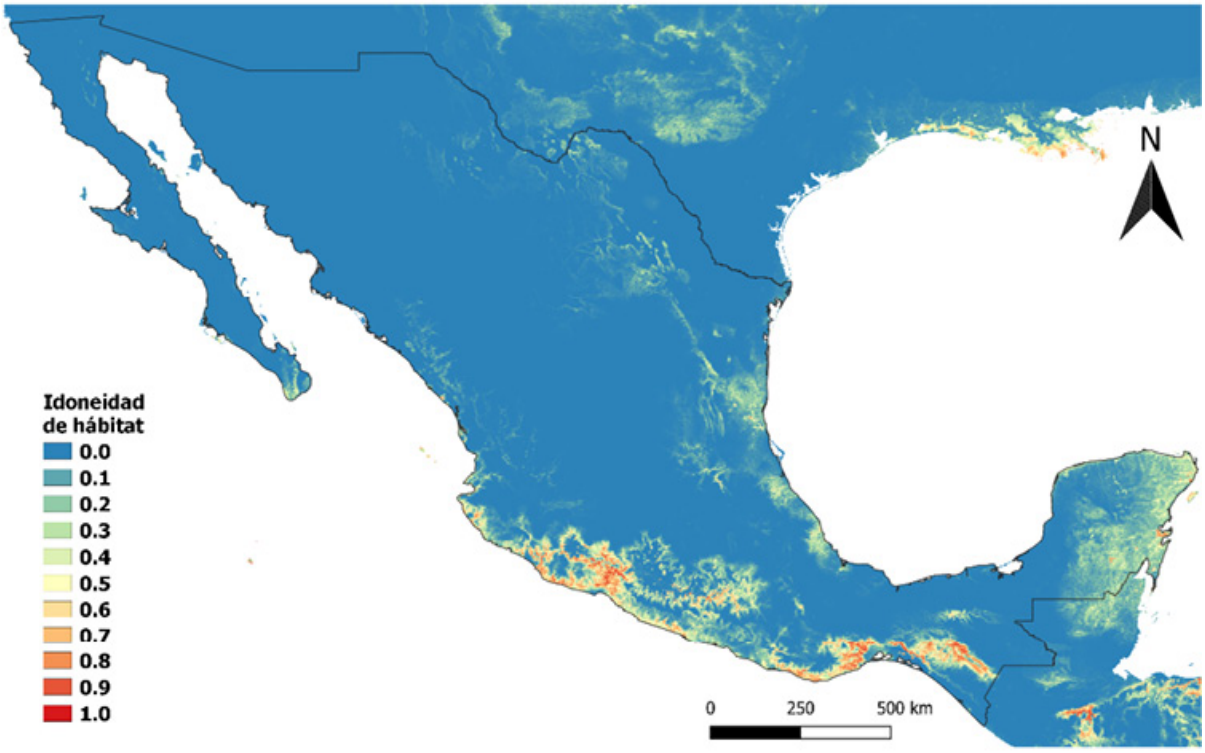


Figura 1. Distribución potencial de *Rineloricaria parva* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen impactos. Las especies de este género exhiben gran adaptación a ambientes con disturbios ambientales. También, conforme se desarrollan cambian coloraciones grises y marrones para mimetizarse con el sustrato.

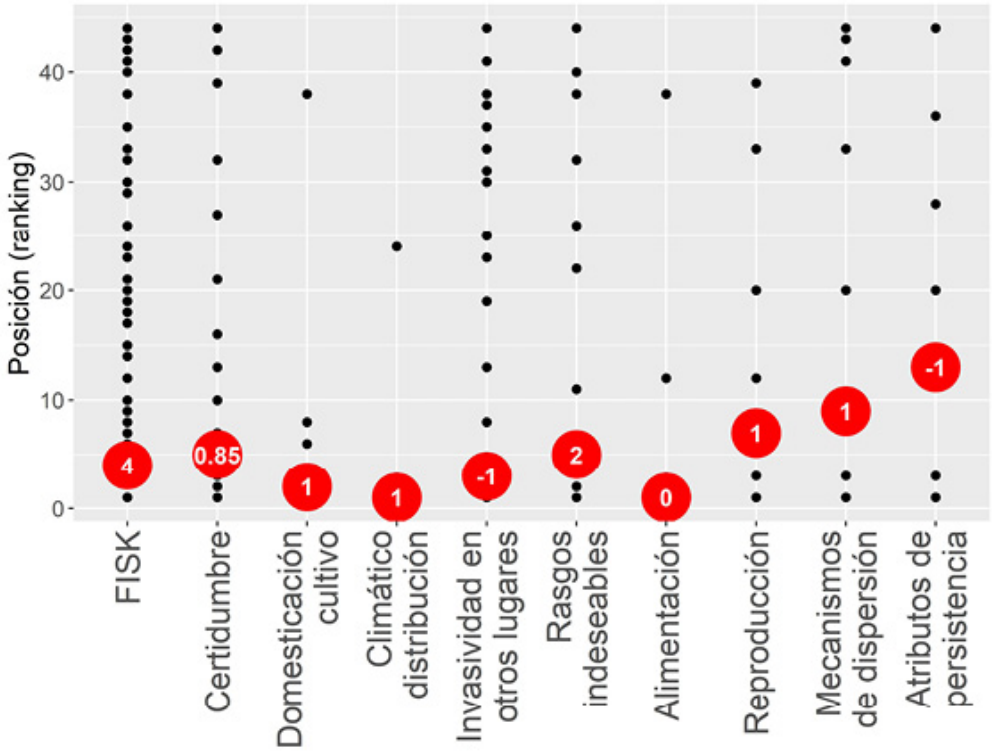
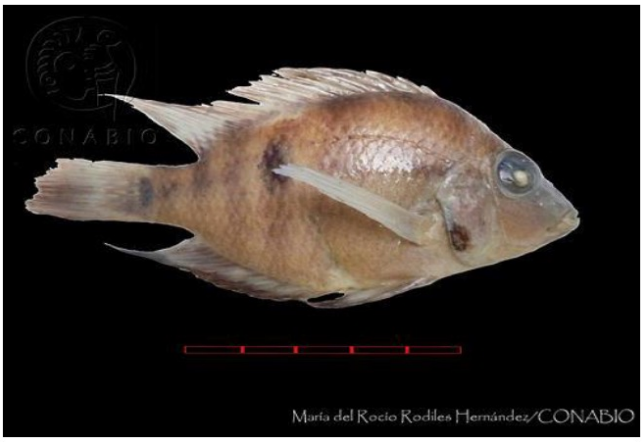


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Rineloricaria parva* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Thorichthys meeki Brind, 1918
Mojarra boca de fuego



La mojarra boca de fuego (*Thorichthys meeki*) es un cíclido centroamericano que se ha introducido en varios países por la vía del acuarismo, resultando en el establecimiento de poblaciones en Colombia, Singapur, Puerto Rico, EE. UU. y Hawái. Se desconocen los posibles impactos de su traslocación. El modelo de distribución potencial no muestra regiones riesgo de establecimiento fuera de su área de distribución nativa. La evaluación general del riesgo para esta especie es media. Se observa una probabilidad de establecimiento relativamente baja para gran parte del país, con un riesgo medio a alto para algunas regiones de la península de Yucatán. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: María del Rocío Rodiles Hernández ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Thorichthys*

Especie: *Thorichthys meeki*

Descripción

La longitud total máxima reportada es de 17.0 cm, aunque los individuos mayores a 12 cm son raros en su medio natural; fórmula dorsal, rara vez XV, XVI o XVII, 8–10; longitud de la última espina dorsal 2.0–2.7 veces en la longitud cefálica; fórmula anal, VIII–X, generalmente IX, 7 u 8, a veces 9; aleta anal, anaranjada en vida; branquiespinas, 14–18; membranas branquióstegas, no negras; sin manchas en las escamas de la línea lateral superior; mancha subopercular oval, no en forma de medialuna, prominente y oscura, incluso en especímenes pequeños; aleta pectoral, no extendida hasta el nivel de la última espina anal; sin mancha en la base de la aleta caudal; machos reproductivos, rojos en vida.

Distribución

Centroamérica, vertiente del Atlántico, en la cuenca del río Usumacinta, cuenca del río Belice y cerca de Progreso, México. La

especie se reporta introducida en Colombia, Israel, Filipinas, Singapur, Puerto Rico, EE. UU. y Australia, en tanto que es reportada como establecida en Colombia, Singapur, Puerto Rico, EE. UU. y Hawái.

Estatus

Nativa de México, no invasora.

Hábitat

Vive en canales y estanques rocosos con fondo de barro y arena. Permanece cerca de la vegetación de la costa para protegerse. Puede soportar una salinidad máxima de 28 ppt. Prefiere aguas lenticas. Tolera temperaturas entre 10.5 °C y 40 °C.

Ciclo de vida

La especie muestra cuidado parental. Los huevos son depositados sobre un sustrato abierto como piedras, un trozo de madera sumergida o una depresión poco profunda excavada en el sustrato; de 100 a 500 huevos son depositados por puesta y custodiados por ambos padres. Las larvas recién eclosionadas son transferidas a pozos poco profundos y los padres continúan protegiéndolas hasta por tres meses. La especie es iterópara. En Florida se reporta reproducción desde febrero a septiembre. En ambientes más estables como Laguna Bacalar podrían reproducirse todo el año. Durante la temporada de lluvias migran de estanques permanentes

más profundos a estanques efímeros y someros para regresar a los refugios permanentes durante la temporada seca.

Alimentación

Es una especie principalmente un omnívora bentónica. Consume detritos, moluscos, copépodos, cladóceros e insectos

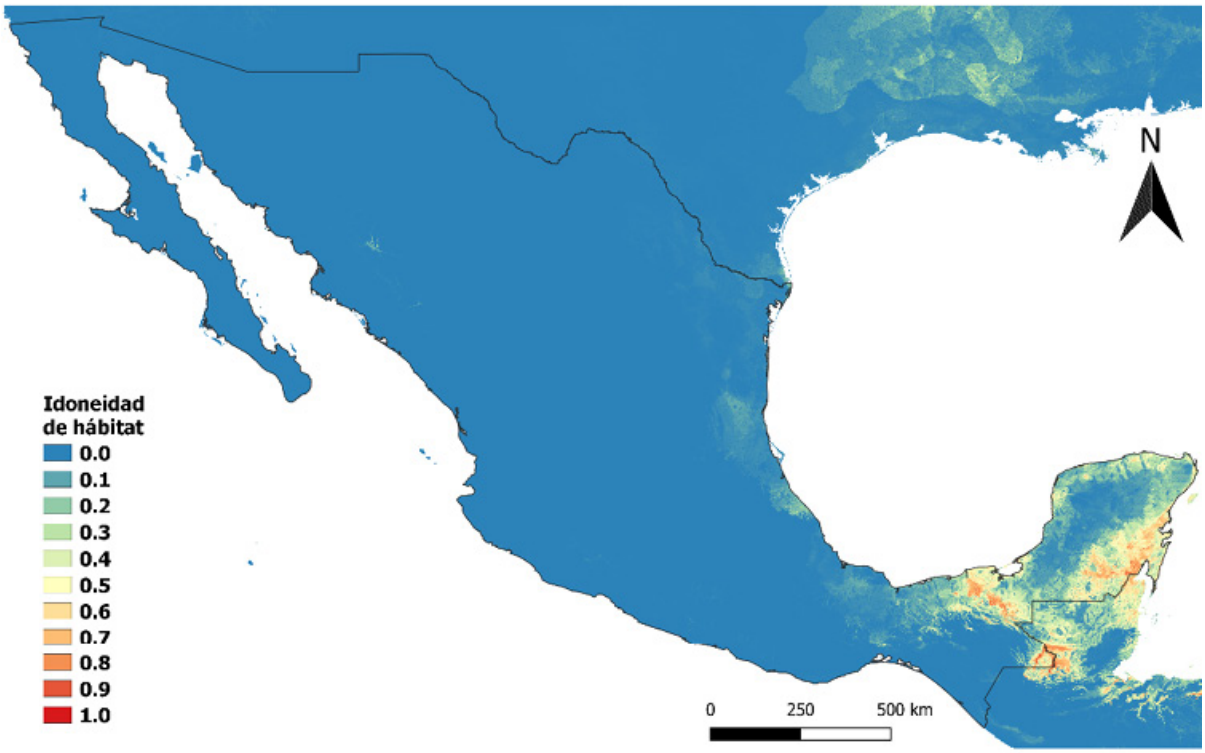


Figura 1. Distribución potencial de *Thorichthys meeki* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen los impactos. En EE. UU. se considera que existe la posibilidad de que compita con los centrárquidos nativos. Se reportan al menos 31 enfermedades y parásitos reportados para la

especie. Destacan en importancia la enfermedad de punto blanco y el céstodo asiático *Schyzocotyle acheilognathi*.

Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Thorichthys meeki* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Trichogaster lalius Hamilton, 1822
Gurami enano

Esta especie es la más pequeña y popular de todos los guramies, introducida en varios países principalmente como pez ornamental. Porta patógenos dañinos para otras especies de peces. Las condiciones climáticas del hábitat nativo de la especie son altamente similares a las presentes en México. La probabilidad de establecimiento es media a baja para gran parte del país y alta para el este y sureste del país, así como zonas cercanas a la costa desde Sonora hasta Chiapas. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: JanRehschuh ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Osphronemidae

Género: *Trichogaster*

Especie: *Trichogaster lalius*

Descripción

Cuerpo comprimido lateralmente; posee una boca pequeña, aletas dorsal y anal con puntas redondeadas; aletas con púas escarlatas; línea lateral incompleta; su cuerpo color escarlata, con finas bandas azul pálido brillante, bandas finas rojas o naranja oscuro en forma de zigzag; Es la especie más pequeña y popular de todos los guramies, alcanza una talla máxima de 9.5 cm; como otras especies anabantoideas, es capaz de respirar fuera del agua gracias a la presencia del órgano laberinto y la enzima anhidrasa carbónica II.

Distribución

Originaria del Ganges y la cuenca superior del Brahmaputra en India, se distribuye también en Pakistán, India, Nepal, Bangladesh y Myanmar. Se ha reportado la introducción de esta especie en Singapur, Colombia, Canadá, Taiwán, EE. UU. y Filipinas y se ha reportado como establecida en Taiwán, Colombia y EE. UU. Además, se ha encontrado en la cuenca del río Amacuzac en el estado de Morelos, México.

Estatus

Exótica presente en México**.** Introducida en la cuenca del río Amacuzac, aparentemente no establecida.

Hábitat

Especie de agua dulce, no tolera altas salinidades. Habita diversos flujos como arroyos, riachuelos y lagos. Debido a la capacidad de la especie de respirar aire atmosférico, es capaz de soportar bajos niveles de oxígeno disuelto.

Ciclo de vida

Es una especie es dioica. Sexualmente maduros antes del año. La especie muestra cuidado parental, los machos construyen un nido de burbujas donde protegen los huevos. Después de tres días de la eclosión, las larvas desarrollan una forma de vida libre y abandonan el nido. La especie es iterópara y puede reproducirse durante todo el año, con una fecundidad de 127 a 2,309 huevos por puesta.

Alimentación

La especie es omnívora y se alimenta principalmente de invertebrados.

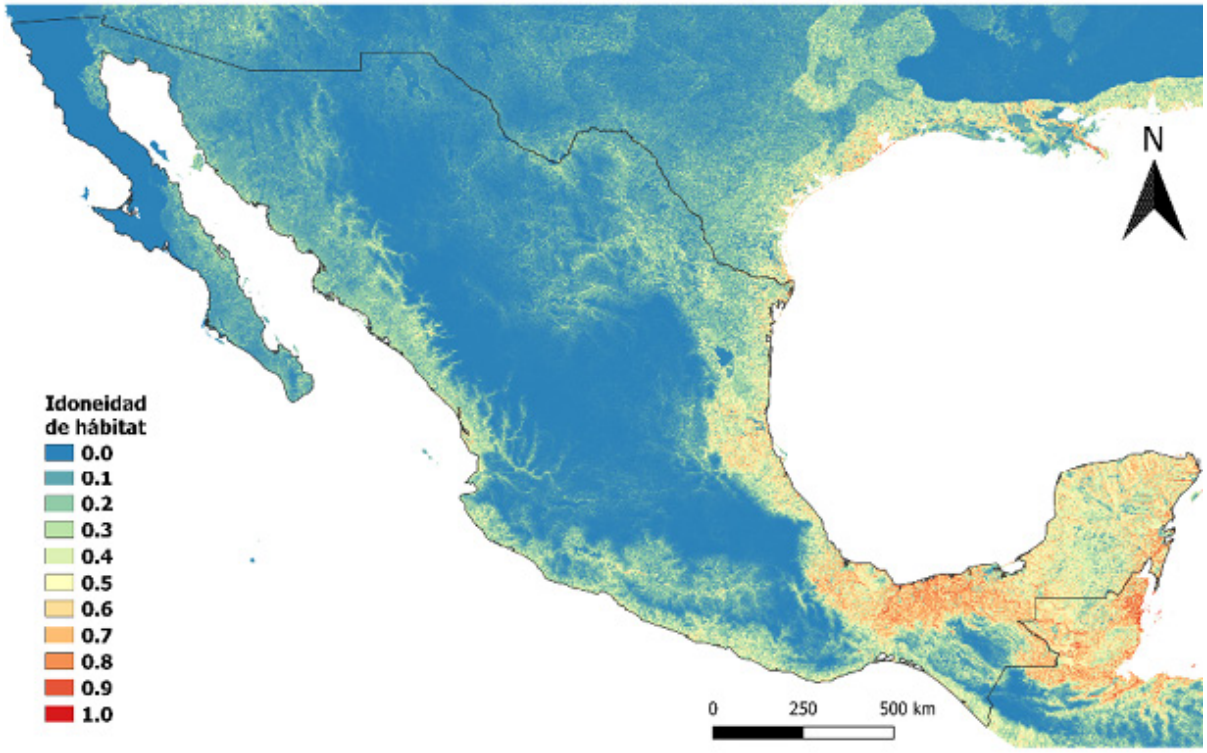


Figura 1. Distribución potencial de *Trichogaster lalius* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: media).

Impactos

En 2003, el *Iridovirus Dwarf Guramii* causó una mortalidad en masa en granjas intensivas de Murray cod (*Maccullochella peelii*), una especie emergente en la acuicultura con un alto valor de conservación. La transmisión horizontal del virus fue demostrada entre organismos de *M. peelii* y organismos infectados de *T. lalius*. La especie es hospedero de parásitos ya presentes en México, como *Centrocestus formosanus* y *Gyrodactylus* sp. La especie es hospedero de parásitos como el *Centrocestus formosanus* y *Gyrodactylus* sp.

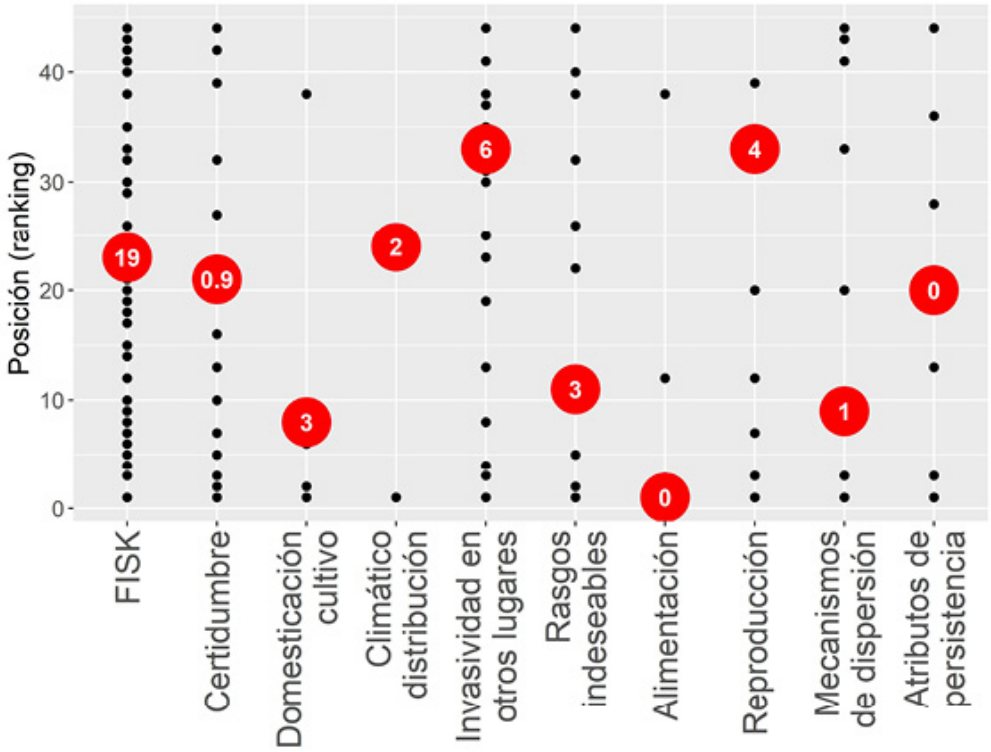


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Trichogaster lalius* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Trichogaster leerii Bleeker, 1852
Gurami perla

El Gurami perla (*Trichogaster leerii*) es un cíclido asiático introducido en varios países por la vía del acuarismo, aunque no se han reportado poblaciones establecidas fuera de su área de distribución nativa. Se desconocen los posibles impactos de su establecimiento y debido a la escasez de datos y su distribución restringida no fue posible realizar un modelo de distribución potencial. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Stefan Maurer ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Osphronemidae

Género: *Trichogaster*

Especie: *Trichogaster leerii*

Descripción

El color de fondo es plateado pardo tendiendo al violeta, con un punteado más claro que cubre todo el cuerpo. Una gruesa línea negra extendiéndose desde la boca y hasta tres cuartas partes de la longitud del cuerpo. Suelen presentar una mancha negra en la base de la cola. Los ejemplares adultos en esta especie pueden alcanzar los 12.5 cm. Los machos, por lo general, son más grandes, con la aleta dorsal más alargada que en la hembra y termina en punta, mientras que la aleta anal está mucho más desarrollada y tiene un aspecto deshilachado. Los machos son de coloración más brillante colores más vivos y vientre rojizo. Las hembras presentan una coloración más apagada coloración predominantemente amarronada y vientre blanquecino, menor tamaño y aletas anal y dorsal redondeadas. La talla comercial es de 6 cm para individuos medianos y >7.5 cm para individuos grandes. El tamaño máximo reportado para la especie es de 12 cm. Esta especie pertenece al suborden Labyrinthici, el cual se caracteriza por la presencia de una cámara sobre las branquias para la retención de aire para la respiración. Por lo cual es probable que pueda sobrevivir durante periodos prolongados fuera del agua.

Distribución

Asia: Península Malasia, Tailandia e Indonesia (Sumatra y Borneo).

Introducida en Florida, Hawái, Colombia, Taiwán y Filipinas.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio.

Hábitat

El hábitat natural de esta especie son estanques y lagos someros con vegetación densa. Prefiere los ríos de aguas tranquilas, pero usualmente se les encuentra en zonas inundadas con abundante vegetación, la cual sirve de refugio y sustrato para el nido de burbujas. Habita zonas con aguas tranquilas y ácidas. La capacidad de respirar oxígeno atmosférico les permite sobrevivir en aguas con muy poco oxígeno disuelto; si el pez sigue estando húmedo puede sobrevivir varias horas fuera del agua, aunque no hay información acerca de la cantidad de tiempo que pueda permanecer fuera. Esta especie puede tolerar bajas concentraciones de oxígeno, los guramis pueden respirar aire de la superficie a través de un órgano respiratorio accesorio llamado órgano laberinto. Esta es una adaptación a la vida en aguas tropicales que son muy pobres en oxígeno, ya que muchos de los cuerpos de agua en los que habitan acumulan sustancias húmicas y, a menudo, crean un ambiente hipóxico.

Ciclo de vida

Es una especie dioica con cuidado parental. Los machos construyen un nido de burbujas donde se colocan los huevos después del desove. Posteriormente la hembra abandona el nido y el macho resguarda los huevos hasta la eclosión de las larvas. Las larvas permanecen bajo el resguardo del padre en el nido y alrededores por un tiempo. Es una especie iterópara y las hembras desovan un promedio de 955 huevos por puesta, los cual equivale a más de 10,000 huevos/kg ya que los individuos no llegan a pesar más de 10 gramos. La edad de la primera reproducción es de alrededor de 8–9 meses.

Alimentación

Principalmente carnívora, su dieta natural comprende diferentes especies de invertebrados.

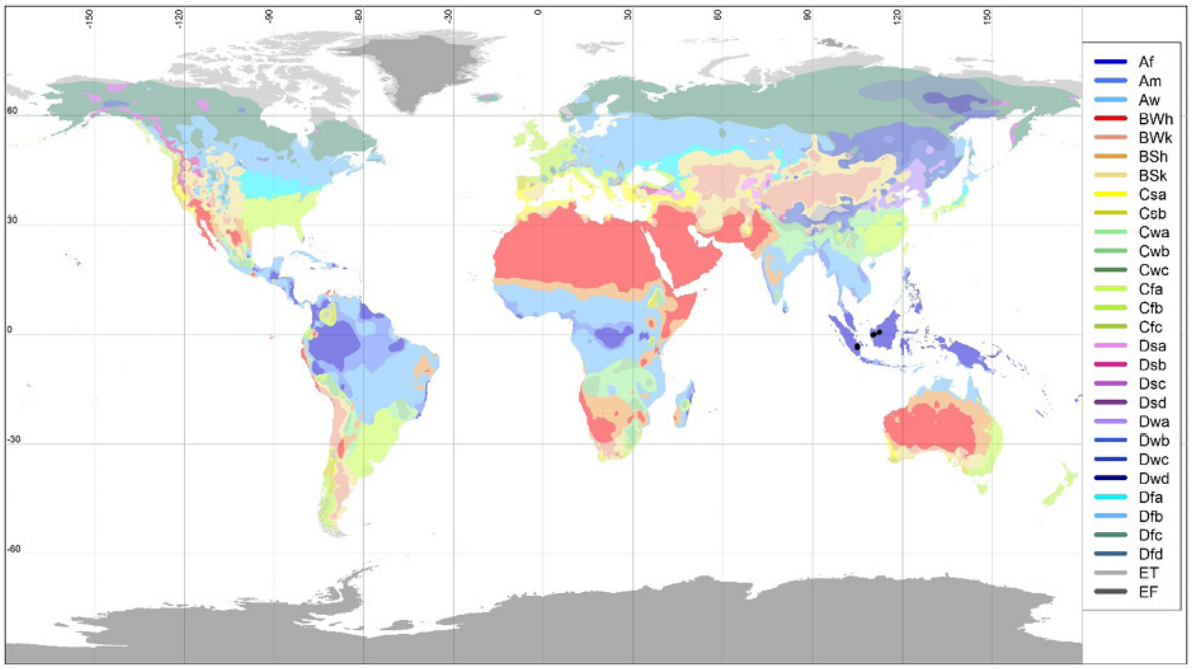


Figura 1. Registros de presencia de *Trichogaster leeri* en el mundo. Se muestran las zonas climáticas Köppen–Geiger.

Impactos

Se desconocen los posibles impactos ocasionados por esta especie.

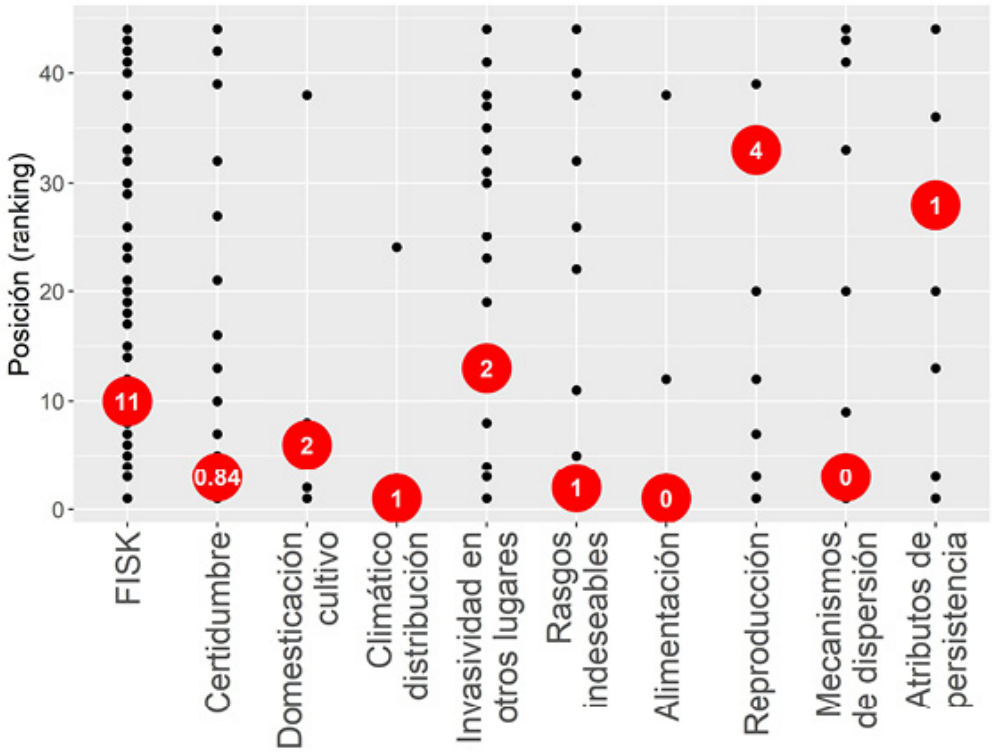


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Trichogaster leeri* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Trichopodus trichopterus Pallas, 1770
Gurami azul

Es un pez carnívoro, oportunista, muy agresivo y con un marcado comportamiento territorial, por lo que representa una amenaza para las especies nativas, además de ser portador de enfermedades causadas por *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda* y *Aphanomyces invadans*. Debido a su popularidad como especie ornamental ha sido introducida en varios países. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Gourami Watcher ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Osphronemidae

Género: *Trichopodus*

Especie: *Trichopodus trichopterus*

Descripción

Su cuerpo es de color marrón y el vientre amarillento. La mandíbula es oblicua, muy pequeña y protráctil, y la mandíbula baja es prominente. La aleta caudal truncada. La longitud máxima reportada para la especie es de 15 a 20 cm. Esta especie es capaz de respirar oxígeno atmosférico, debido a la presencia del órgano laberinto

Distribución

Borneo, Camboya, China, Indonesia, Java, Laos, Malasia, Myanmar, Sumatra, Tailandia y Vietnam. Se ha reportado como establecida fuera de su área de distribución nativa en Namibia, India, Colombia, Taiwán, Sri Lanka, Filipinas, Papúa Nueva Guinea, República Dominicana, Perú, Nueva Caledonia, Australia y Jamaica.

Estatus

Exótica presente en México, en cautiverio

Hábitat

Esta especie solo se ha reportado en pantanos, canales y otros cuerpos de agua de flujo lento. Es capaz de vivir en agua salobre y se ha reportado que los adultos pueden tolerar al menos 14 ppt. En el río Mekong realiza migraciones desde cuerpos de agua

permanentes hacia zonas inundadas durante la temporada de lluvias, regresando al final de ésta. Este comportamiento podría favorecer su dispersión en sitios en donde se ha establecido. Además, es capaz de tolerar bajos niveles de oxígeno gracias a su respiración atmosférica.

Ciclo de vida

La especie muestra cuidado paternal. Los machos construyen un nido de burbujas y protegen los huevos hasta que las larvas poseen la capacidad de nadar libremente. Es una especie iterópara que muestra múltiples desoves en el año. Además, puede llegar a producir más de 250,000 larvas/kg, cerca de 2,400 larvas por una hembra de 9 gramos. Puede alcanzar su madurez sexual entre las 12 y 14 semanas de edad y su tiempo de duplicación de la población es menor a un año.

Alimentación

Esta especie es omnívora Esta especie es omnívora. Dado que se han reportado impactos en otros sitios, es muy probable que su forrajeo provoque impactos en el área de análisis

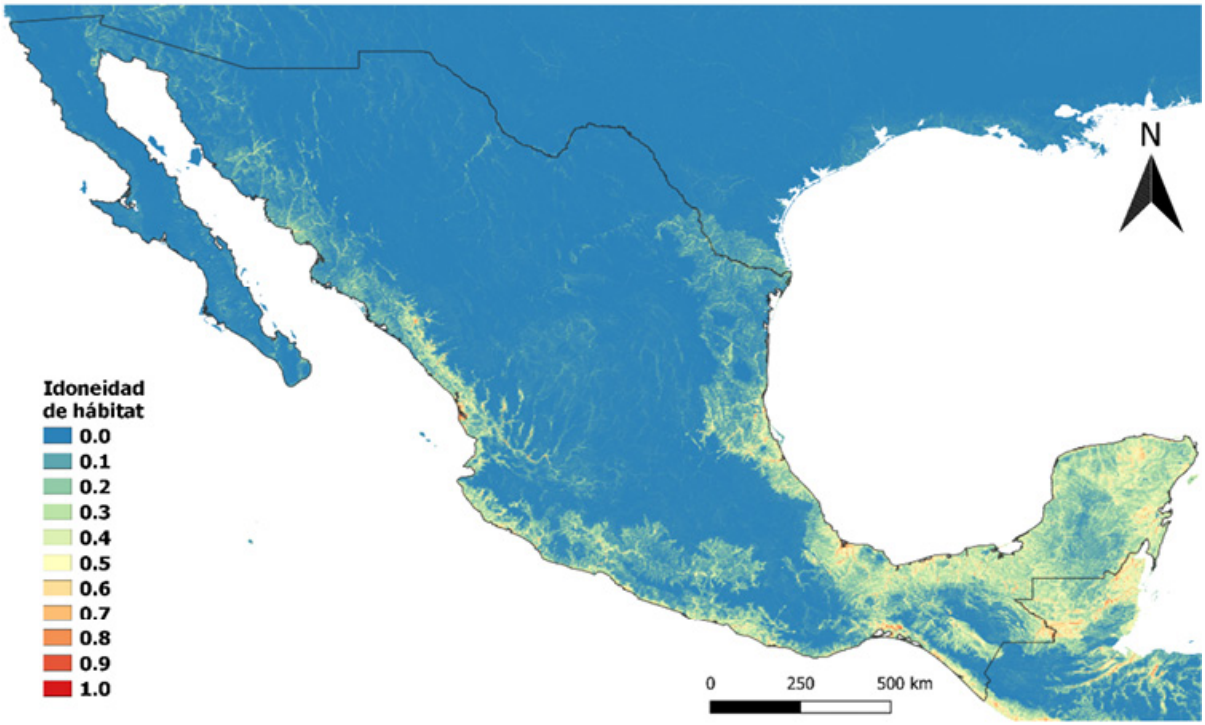


Figura 1. Distribución potencial de *Trichopodus trichopterus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Trichopodus leerii es considerada como especie invasora en EE. UU., Colombia y Filipinas. Debido a sus comportamientos agresivos y territoriales, se ha sugerido que la especie puede ser causa del declive de poblaciones de peces comerciales como *Rhyacichthys aspro* y *Mesopristes cancellatus*. Debido al comportamiento agresivo y oportunista de la especie se considera posible que llegue a competir con especies nativas.

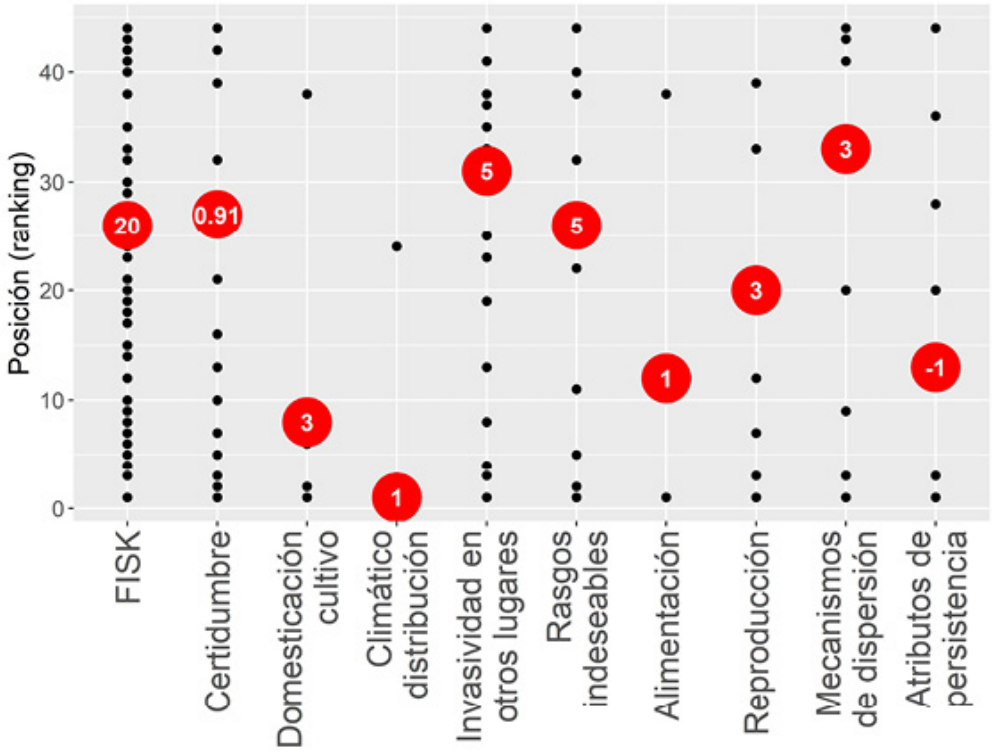


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Trichopodus trichopterus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Trichromis salvini Günther, 1862
Guapote tricolor

El guapote tricolor (*Trichromis salvini*) es un cíclido centroamericano, introducido en varios países por la vía del acuarismo, logrando establecer poblaciones en Taiwán, EE. UU. y Filipinas. Se desconocen los impactos de su introducción. Es una especie omnívora y muestra cuidado parental de su descendencia. El modelo de distribución potencial muestra un riesgo de establecimiento bajo fuera de su área de distribución nativa. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor medio (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Trichromis*

Especie: *Trichromis salvini*

Descripción

La forma general del cuerpo es ovalada; la boca es pequeña; espinas dorsales, XVII o XVIII (a veces XVI), anales, normalmente VII; típicamente tres o cuatro barras o líneas oscuras y estrechas, desde entre los ojos hasta la región predorsal anterior a la aleta dorsal. Las marcas interorbitales no son tan amplias. Ambos sexos son coloridos (amarillo, rojo, azul/verde) y la coloración se vuelve más vívida durante la reproducción. La longitud máxima reportada es de 22.0 cm.

Distribución

Vertiente atlántica, desde el sur de México hasta Guatemala y Belice.

Establecida en canales y zanjas en Florida, además en Taiwán y Filipinas.

Estatus

Nativa de México, no invasora.

Hábitat

Especie dulceacuícola. Prefiere cuerpos de agua de flujo moderado

a rápido de los valles fluviales bajos y medios en lugares con una densa vegetación. Su rango de temperatura es de 22 °C a 32 °C. Suele reportarse en llanuras de inundación y aguas turbias o lodosas por lo que no se ve afectada por disturbios ambientales.

Ciclo de vida

Especie dioica, muestra cuidado parental. Los adultos limpian una superficie para el desove. La hembra pone hasta 500 huevos por puesta. Ambos padres protegen los huevos y los alevines. Cuenta con una extensa temporada reproductiva, en vida libre se han capturado juveniles desde febrero hasta agosto. Se desconoce la edad de primera maduración, pero se reporta tiempo mínimo de 1.4–4.4 años de duplicación de la población.

Alimentación

Es una especie omnívoro generalista, cuya composición de la dieta depende principalmente de la abundancia local de alimentos, siendo estos macroinvertebrados y peces pequeños.

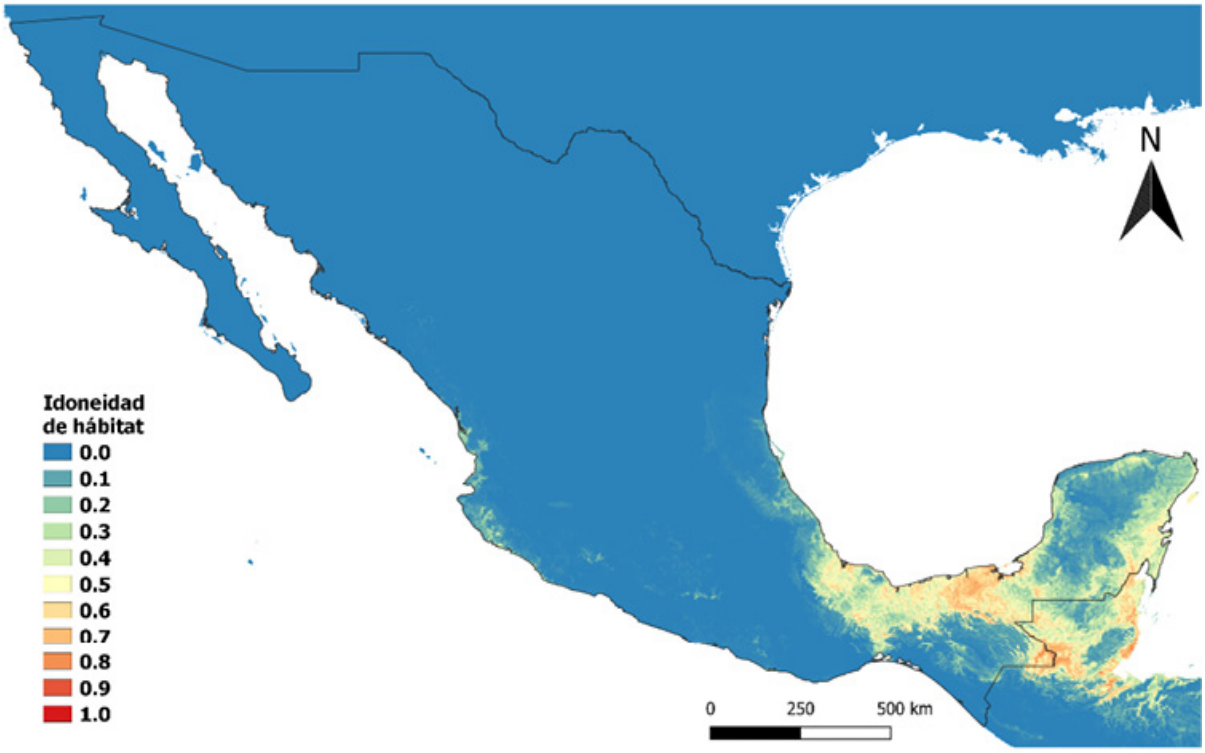


Figura 1. Distribución potencial de *Trichromis salvini* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se desconocen impactos adversos derivados de su introducción y establecimiento, aunque es un vector potencial del trematodo *Centrocestus formosanus*.

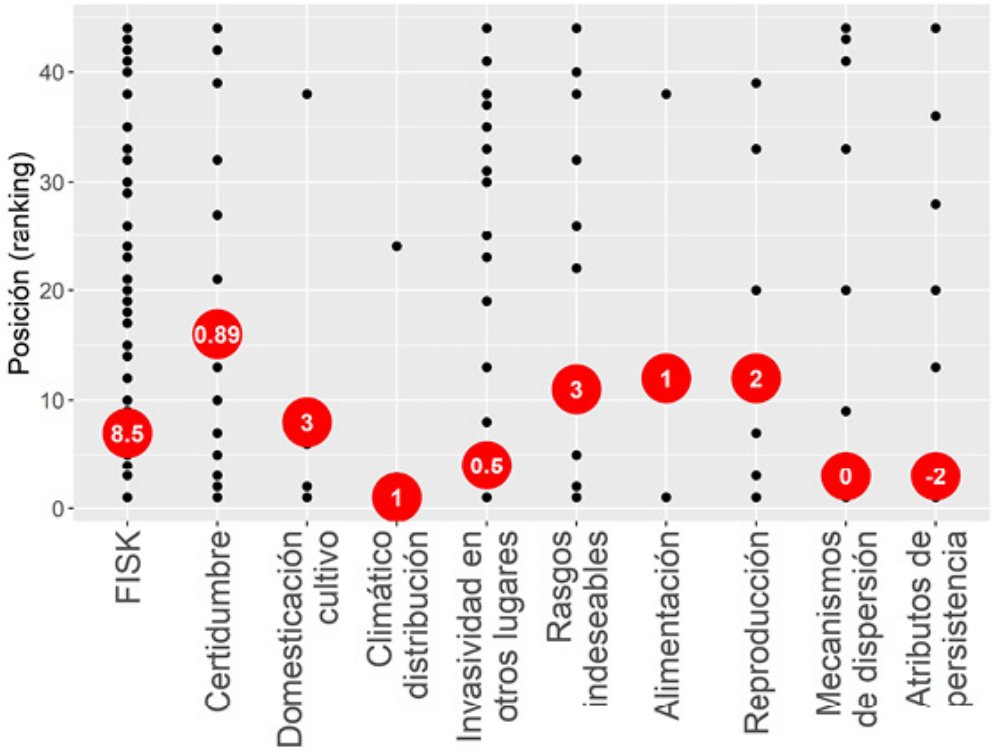


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Trichromis salvini* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Xiphophorus hellerii Heckel, 1848
Cola de espada

El cola de espada (*Xiphophorus hellerii*) es un poecílido de introducción vía acuarismo con poblaciones establecidas en 31 países. Disminuye la población de peces nativos por desplazamiento, se hibrida y depreda huevos y juveniles. Portan una gran cantidad de patógenos. El modelo de distribución potencial muestra algunas regiones con riesgo de establecimiento medio a alto y la evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Rolando Quetzalcoatl Torres García ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Xiphophorus*

Especie: *Xiphophorus hellerii*

Descripción

Sin espinas dorsales ni anales; Radios blandos, 11–14 dorsales y 8–10 anales. Cola con apéndice caudal largo y recto; franja mediolateral oscura, marrón o roja y puede haber una franja rojiza adicional por encima y por debajo; segmento terminal del radio gonopoidal 3 en gancho en forma de media luna y una hoja apuntando distalmente; el radio 4^a se curva fuertemente hacia atrás sobre la hoja en un ángulo superior a 90°; serras distales del radio 4^p reducidas en tamaño y número y serras proximales bastante delgadas; segmento terminal del radio 5^a en una garra, varias veces más grande que las serras distales del radio 4^p.

Distribución

Río Nautla, Veracruz, México hasta el noroeste de Honduras. Presente en todos los continentes, excepto en la Antártida.

Estatus

Nativa de México, traslocada.

Hábitat

Agua dulce y ligeramente salobre, pH 7–8. Climas tropicales y

cálidos. Tolera bajas concentraciones de oxígeno al subir a la superficie a respirar. Aunque soportan corrientes rápidas y ríos, prefieren condiciones lénticas o anabranqueales, manantiales, canales lodosos y estanques, en todos los casos debe existir vegetación abundante pues el estado larvario es susceptible a depredación incluso por sus progenitores. Temperatura mínima de 7–9 °C, los híbridos pueden tolerar temperaturas más bajas, máximas de 15–29 °C, especialmente para reproducción.

Ciclo de vida

Ovovivíparos, de fertilizados e incubados interna en la hembra. Después de un solo apareamiento, las hembras almacenan esperma viable para fertilizar grupos subsecuentes de huevos y paren de 5 a 9 veces y hasta por dos años 20–200 juveniles. La gestación dura 24–30 días. El tiempo mínimo para la duplicación de la población es 15 meses y el tiempo mínimo para alcanzar la maduración reproductiva es menor a un año cuando logra los 25–30 mm de longitud, esto en Australia tarda 10–12 semanas. Si las hembras cambian su sexo a machos, existe la posibilidad de formar poblaciones reproductoras incluso si solo existieran hembras inicialmente.

Alimentación

Omnívoros, con plasticidad alimenticia: zooplancton, pequeños insectos, larvas de dípteros, efemerópteros, anélidos y detritus. En

algunas regiones puede consumir principalmente hormigas y larvas de quironómidos, mientras que en otras consume insectos acuáticos junto con microalgas y plantas.

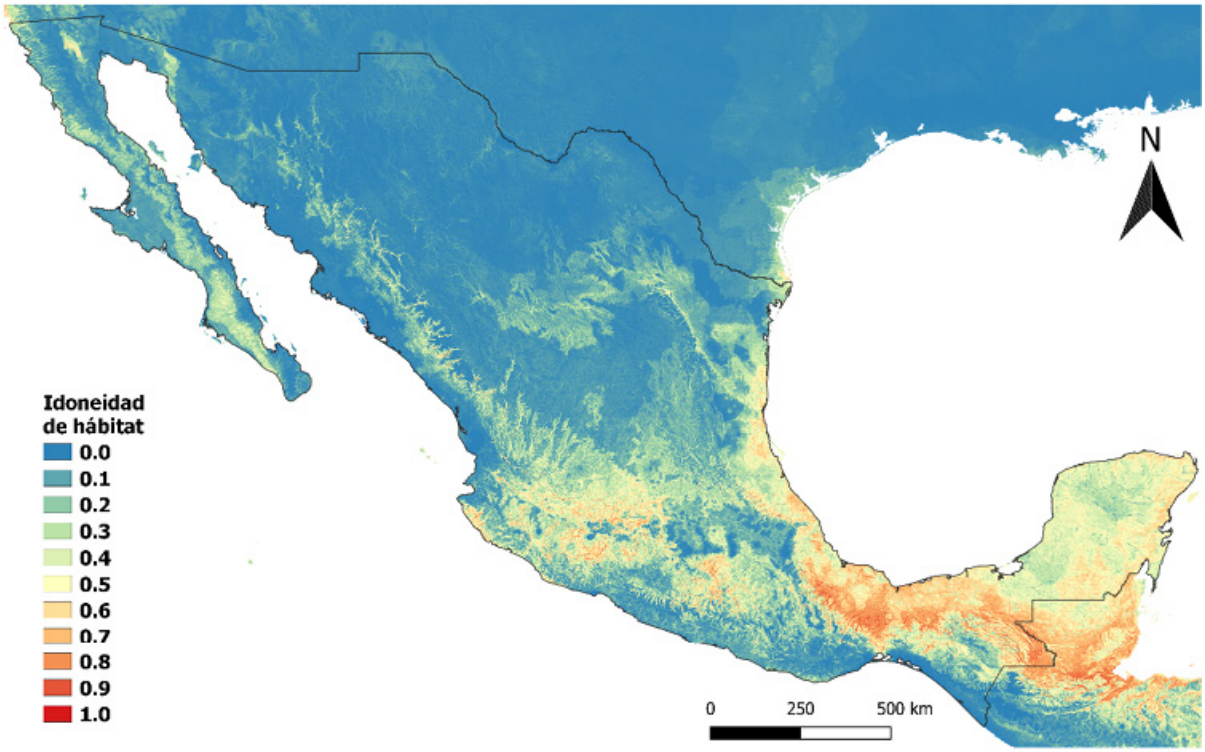


Figura 1. Distribución potencial de *Xiphophorus hellerii* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Disminución de la población de *Catostomus ardens* en Wyoming, de odonatos y caracoles nativos en Hawái, de pequeños peces nativos en Australia. Disminuye las fuentes de alimento del ambiente donde se introduce, depreda los huevos y juveniles de otras especies. Puede ser dominante por desplazamiento. Potencial vector de

bacterias, hongos y metacercarias. Es plaga, con afectación sobre la fauna de peces e insectos nativos. Puede tener comportamiento agresivo y los daños se potencian cuando cohabita con otros poecílidos. Asociado con regímenes hidrológicos interrumpidos, vegetación acuática exótica y contaminación química. Son invasores pioneros en zonas con disturbios (CABI, 2019).

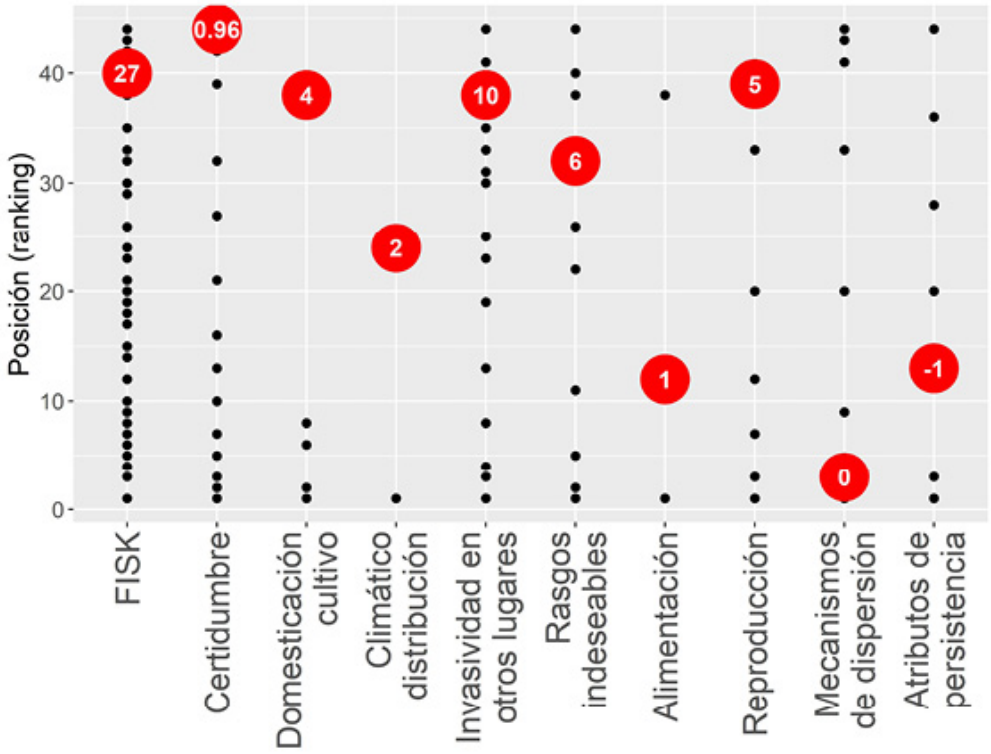


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Xiphophorus hellerii* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Xiphophorus maculatus Günther, 1866
Platy

El platy (*Xiphophorus maculatus*) es un poecílido introducido en varios países por la vía del acuarismo, logrando establecer poblaciones en algunos de ellos. Es insectívoro por lo que resulta ser un competidor potencial para especies nativas, además de portar bacterias patógenas y parásitos. El modelo de distribución potencial muestra bajo riesgo de establecimiento fuera de su área de distribución nativa. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Xiphophorus*

Especie: *Xiphophorus maculatus*

Descripción

Cuerpo profundo y comprimido lateralmente. El color es variable, dictado por el hábitat. Pueden ser gris oliva pálido con o sin parches melánicos/moteados o poseer coloraciones rojizas, brillantes o negras. No tienen raya lateral media. Los machos poseen gonopodio que no se extiende hasta la base de la aleta caudal; el tercer radio tiene un gancho fuerte. Radios de la aleta dorsal 7 a 11; escamas laterales 22 a 25; vértebras 26 a 28. Machos y hembras pueden alcanzar los 30–40 mm y 40–60 mm, respectivamente.

Distribución

Nativa desde México hasta el norte de Belice.

Establecida en Arabia Saudita, Jamaica, Japón, Madagascar, Palau, India, Colombia, Siri Lanka, Brasil, Bahamas, Australia, Hawái, EE. UU., Puerto Rico, Nigeria y Singapur.

Estatus

Nativa de México, traslocada.

Hábitat

Dulceacuícola, de baja salinidad 0–10 ppt, de aguas cálidas poco

variables en temperatura. Canales, arroyos, aguas de movimiento lento. Requieren de vegetación abundante para refugio. Sin embargo, se dice que pueden vivir en hábitats muy degradados para otros peces.

Ciclo de vida

Son ovovivíparos, de fertilización interna. La hembra porta los huevos en el abdomen hasta que eclosionan como juveniles independientes. La gestación dura un mes, con un promedio de 50 alevines por parto y se puede repetir cada mes durante la temporada de reproducción, la cual está determinada por la temperatura. Sexualmente maduros a los seis meses. Las hembras alcanzan la madurez sexual a los 2 cm de longitud y existe una relación positiva entre talla y número de crías en el parto. Su tiempo de duplicación poblacional es de 15 meses.

Alimentación

Es una especie omnívora, no se reporta consumo de peces. Se adaptan en respuesta a las condiciones. Comen gusanos, material vegetal, insectos acuáticos y terrestres, gambas carídeas de agua dulce, algas en menor cantidad, aunque si son el único recurso disponible pueden ser un componente mayoritario de su dieta.

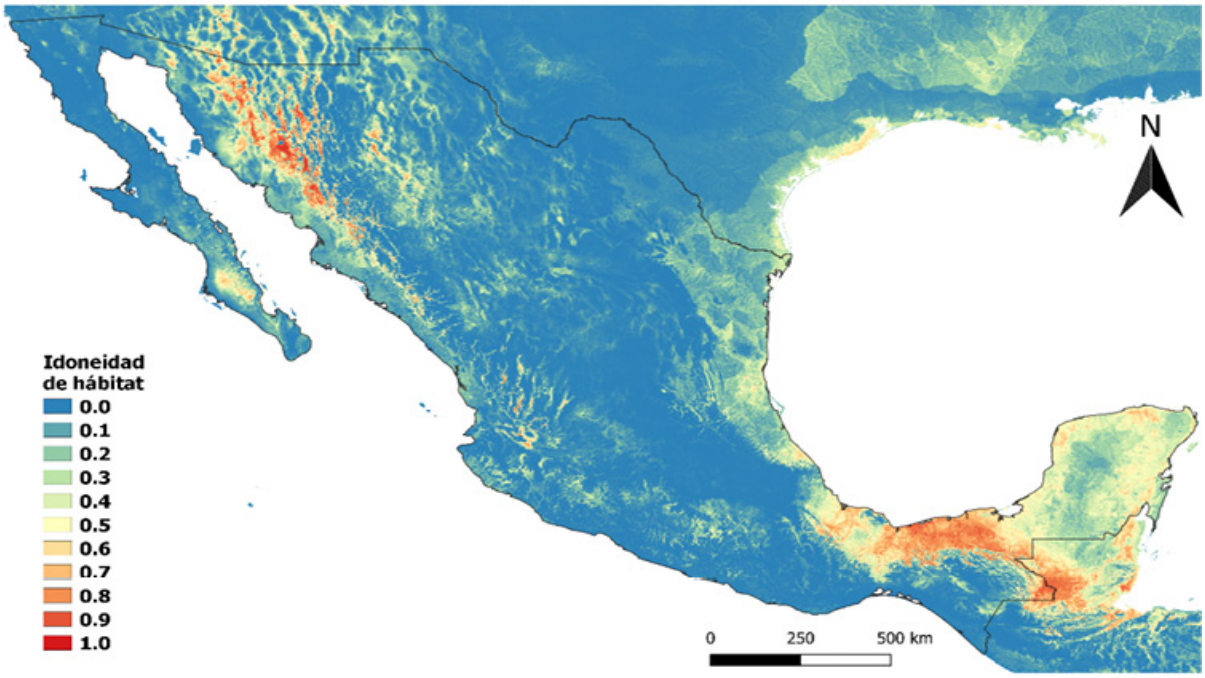


Figura 1. Distribución potencial de *Xiphophorus maculatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se le atribuye la merma de las poblaciones de odonatos nativos en Hawái debido a su depredación. Compite con otras especies de ornato con las que coexiste. Domina las vías de agua debido a su habilidad de reproducción alta y supervivencia en hábitats impactados no aptos para los peces nativos.

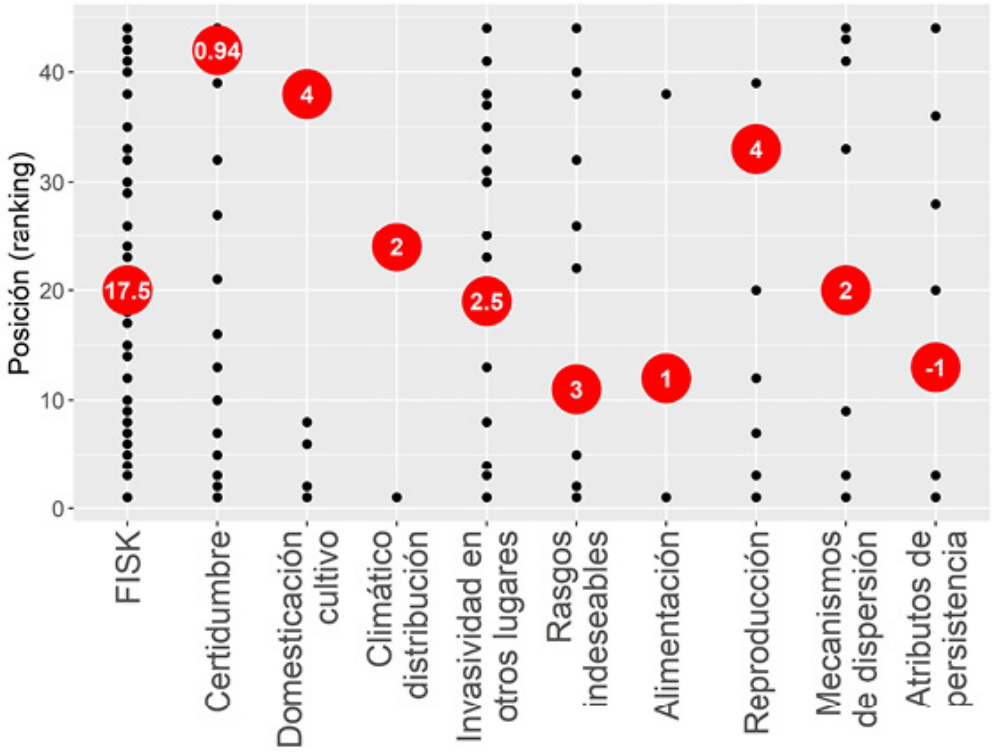


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Xiphophorus maculatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El rango del resto de las especies se muestra en negro.

Xiphophorus variatus Meek, 1904
Espada de Valles

La Espada de Valles (*Xiphophorus variatus*) es un pez poecílido introducido en varios países por la vía del acuarismo. Se ha demostrado que afecta poblaciones de peces nativos en Brasil y Hong Kong. El modelo de distribución potencial muestra algunas zonas con riesgo de establecimiento fuera de su área nativa. La evaluación general del riesgo para esta especie en México tiene un valor alto (Figs. 1 y 2). Fotografía: Eduardo Soto Galera ©.

Taxonomía

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Xiphophorus*

Especie: *Xiphophorus variatus*

Descripción

Aleta caudal ligeramente redondeada. Aleta anal modificada como un órgano copulador. Color oliváceo, la mitad superior o dos tercios del cuerpo mucho más moteado de color oscuro, algunos individuos con un punto caudal. La talla máxima reportada son 7 cm de longitud total para hembras y 5.5 cm para machos.

Distribución

Nativa de Centroamérica: Belice, Guatemala, norte de Honduras y México, desde el sur de Tamaulipas hasta el norte de Veracruz.

Se ha establecido en EE. UU. y Hong Kong, y se reporta como introducida en Brasil, Colombia y Costa Rica y diversos estados de México.

Estatus

Nativa de México, traslocada.

Hábitat

Dulceacuícola. Habita aguas lénticas o con un flujo lento como canales o arroyos. Puede soportar un amplio rango de temperaturas entre 11 °C y 34 °C.

Ciclo de vida

Es una especie con fertilización interna y son vivíparos, la hembra da a luz a los juveniles. Puede llegar a tener múltiples desoves por año. Vive hasta cinco años.

Alimentación

Es una especie omnívora, se alimentan de organismos vivos como gusanos, insectos y crustáceos pequeños, además de materia vegetal. Debido a los impactos reportados en otros sitios, su forrajeo puede potencialmente afectar los sitios en donde se establezca.

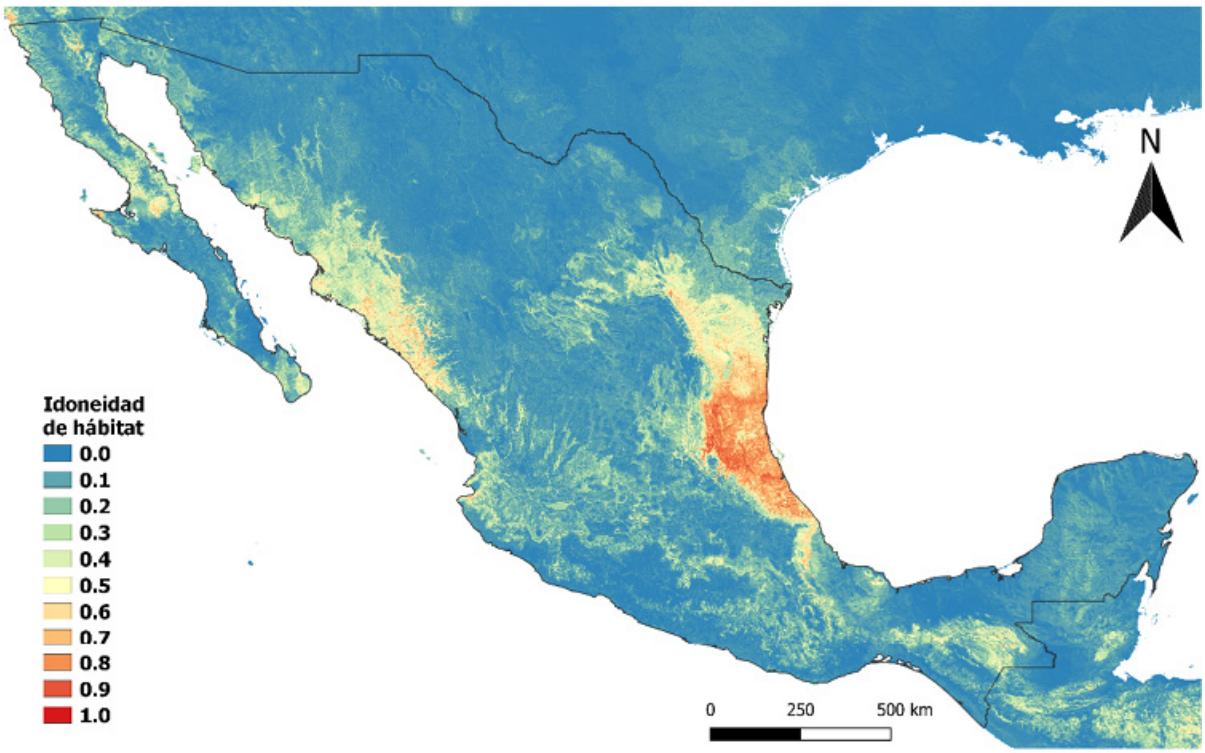


Figura 1. Distribución potencial de *Xiphophorus variatus* en condiciones climáticas presentes en México. Valores cercanos a 1 indican mayor idoneidad de hábitat (calidad de la información: alta).

Impactos

Se ha reportado que puede causar graves impactos en el río Laja y en otros sistemas fluviales del centro de México. En Brasil ha sido reportada como la causa de alteraciones en la estructura de las comunidades nativas. En Hong Kong ha afectado negativamente las poblaciones de especies nativas endémicas como *Aphiocypis lini*. En Singapur se han reportado efectos ecológicos negativos debido a la presencia. Posible vector de diversos parásitos de importancia.

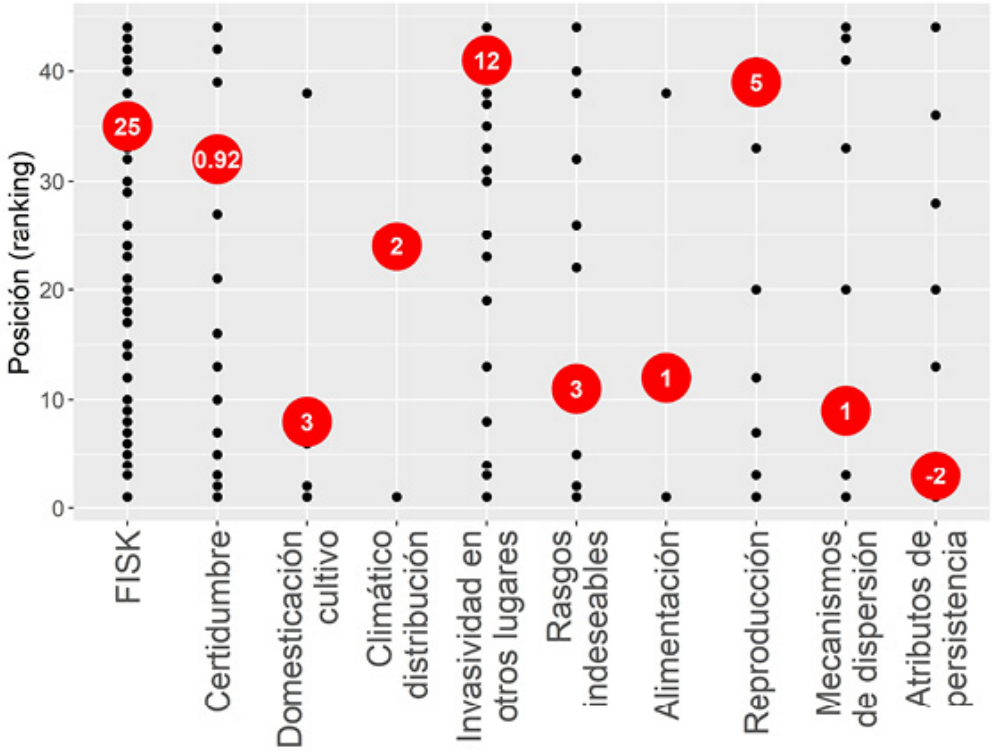


Figura 2. Posición (ranking) de la puntuación obtenida en el presente estudio para *Xiphophorus variatus* mediante FISK v2.0. Los números en blanco representan los valores obtenidos. El resto de las especies se muestran en negro.

Referencias

Aiello-Lammens, M.E., R.A. Boria, A. Radosavljevic, B. Vilela y R.P. Anderson. 2015. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography* 38(5): 541–545.

Almeida, D., F. Ribeiro, P.M. Leunda, L. Vilizzi y G.H. Copp. 2013. Effectiveness of FISK, an invasiveness screening tool for non–native freshwater fishes, to perform risk identification assessments in the Iberian Peninsula. *Risk Analysis* 33: 1404–1413.

Anderson, R.P. y E. Martínez–Meyer. 2004. Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation* 116: 167–179.

Arita, H.T. 1997. The non–volant mammal fauna of Mexico: species richness in a megadiverse country. *Biodiversity Conservation* 6: 787–795.

Bewick, V., L. Cheek y J. Ball. 2004. Statistics review 13: Receiver operating characteristic curves. *Critical Care* 8: 508–512.

Cobo, F., R. Vieira–Lanero, E. Rego y M.J. Servia. 2010. Temporal trends in non–indigenous freshwater species records during the 20th century: a case study in the Iberian Peninsula. *Biodiversity Conservation* 19: 3471–3487.

Contreras, S. y A. Ludlow. 2003. *Hemichromis guttatus* Gunther, 1862 (Pisces: Cichlidae) nueva introducción en México, en Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Vertebrata Mexicana* 12: 1–5.

Contreras–Balderas, S. y M.A. Escalante–Cavazos. 1984. Distribution and known impacts of exotic fishes in Mexico, en W.R. Courtenay y J.R. Stauffer (eds.), *Distribution, biology, and management of exotic fishes*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, EE. UU. pp. 102–130.

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

Contreras–MacBeath, T., H. Mejia–Mojica y R. Carrillo–Wilson. 1998. Negative impacts on the aquatic ecosystems of the state of Morelos, Mexico from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation* 2(2): 67–78.

Copp, G.H., R. Garthwaite y R.E. Gozlan. 2005. Risk identification and assessment of non–native freshwater fishes: a summary of concepts and perspectives on protocols for the UK. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 371–373.

Copp, G.H., M. Templeton y R.E. Gozlan. 2007. Propagule pressure and the invasion risks of non–native freshwater fishes: a case study in England. *Journal of Fish Biology* 71: 148–159.

Copp, G.H., L. Vilizzi, J. Mumford, G.V. Fenwick, M.J. Godard y R.E. Gozlan. 2009. Calibration of FISK, an invasiveness screening tool for nonnative freshwater fishes.

Risk Analysis 29: 457–467.

DOF. 2018. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. México. 11 de junio de 2018. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/334832/DOF_-_CNP_2017.pdf

Dickey, J.W., R.N. Cuthbert, M. Rea, C. Laverty, K. Crane, J. South, E. Briski, X. Chang, N.E Coughlan, H.J. MacIsaac, A. Ricciardi, G.E. Riddell, M. Xu y J.T.A. Dick. 2018. Assessing the relative potential ecological impacts and invasion risks of emerging and future invasive alien species. *NeoBiota* 40: 1.

Fick, S.E. y R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37(12): 4302–4315.

Elías, D.J., S.F. Mochel, P. Chakrabarty y C.D. Mcmahan. 2018. First record of the non–native pacu, *Piaractus brachypomus*, in Lago Petén–Itzá, Guatemala, Central America. *Occasional Papers of the Museum of Natural Science* 88: 1–6.

Espinosa–Pérez, H. y M. Ramírez. 2015. Exotic and invasive fishes in Mexico. *Check List*, 11: 1–13.

Faulkner, K.T., M.P. Robertson, M. Rouget y J.R. Wilson. 2014. A simple, rapid methodology for developing invasive species watch lists. *Biological Conservation* 179: 25–32.

García, M., O. Ramírez, T. Ruiz y I.J March. 2014. Especies invasoras acuáticas en áreas naturales protegidas, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 445–468.

Gesundheit, P. y C. Macías–Garcia. 2018. The role of introduced species in the decline of a highly endemic fish fauna in Central Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28(6): 1384–1395.

Hernández, P.A., C.H. Graham, L.L. Master y D.L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773–85.

Hijmans, R.J., S. Phillips, J. Leathwick, J. Elith y M.R.J. Hijmans. 2017. Package 'dismo'. *Circles* 9(1): 1–68.

Hill, J.E., Q.M. Tuckett, S. Hardin, L.L. Lawson, K.M. Lawson, J.L. Ritch y L. Partridge. 2017. Risk screen of freshwater tropical ornamental fishes for the conterminous United States. *Transactions of the American Fisheries Society* 146(5): 927–938.

Ishikawa, T. y K. Tachihara. 2014 Introduction history of non–native freshwater fish in Okinawa–jima Island: ornamental aquarium fish pose the greatest risk for future invasions. *Ichthylogical Research* 61: 17–26.

Jiménez–Valverde, A., A.T. Peterson, J. Soberón, J.M. Overton, P. Aragón y J.M. Lobo. 2011. Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions* 13(12): 2785–2797.

Lawson, L.L., J.E. Hill, L. Vilizzi, S. Hardin y G.H. Copp. 2013. Revisions of the fish invasiveness screening kit (FISK) for its application in warmer climatic zones, with

particular reference to peninsular Florida. *Risk Analysis* 33: 1414–1431.

Lintermans, M. 2004. Human–assisted dispersal of alien freshwater fish in Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 38: 481–501.

Lockwood, J.L., D.J. Welbourne, C.M. Romagosa, P. Cassey, N.E. Mandrak, A. Strecker, B. Leung, O.C. Stringham, B. Udell, D.J. Episcopio–Sturgeon, M.F. Tlusty, J. Sinclair, M.R. Springborn, E.F. Pienaar, A.L. Rhyne y R. Keller. 2019. When pets become pests: the role of the exotic pet trade in producing invasive vertebrate animals. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(6): 323–330.

Low, T. 2011. Australia: invasions, en D. Simberloff y M. Rejmánek (eds.), *Encyclopedia of biological invasions*. University of California Press, EE. UU. pp. 36–42.

Magalhães, A.L., V.S. Daga, L.A. Bezerra, J.R. Vitule, C.M. Jacobi y L.G. Silva. 2020. All the colors of the world: biotic homogenization–differentiation dynamics of freshwater fish communities on demand of the Brazilian aquarium trade. *Hydrobiologia* 847: 1–19.

Mamun, M., S. Kim y K.G. An. 2018. Distribution pattern prediction of an invasive alien species largemouth bass using a maximum entropy model (MaxEnt) in the Korean peninsula. *Journal of Asia–Pacific Biodiversity* 11(4): 516–524.

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

McDowall, R.M. 2004. Shoot first, and then ask questions: a look at aquarium fish imports and invasiveness in New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 38: 503–510.

Mejía–Mojica, H., F.J. Rodríguez–Romero y E. Díaz–Pardo. 2012. Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. *Revista de Biología Tropical* 60(2): 669–681.

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.

Mendoza, R., S. Contreras, P. Koleff y P. Álvarez. 2010. Aquarium trade as a pathway for the introduction of invasive species into Mexico, en F. De Carlo y A. Bassano (eds.), *Freshwater ecosystems and aquaculture research.* Nova Science Publishers, Inc. pp. 209–224.

Mendoza, R., C. Ramírez–Martínez, C. Aguilera y M.E. Meave del Castillo. 2014. Principales vías de introducción de las especies exóticas, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 43–73.

Mendoza, R., S. Luna y C. Aguilera. 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.

Mendoza–Franco, E.F., J.M. Caspeta–Mandujano y M.T. Osorio. 2018. Ecto–and endo–

parasitic monogeneans (Platyhelminthes) on cultured freshwater exotic fish species in the state of Morelos, South–Central Mexico. *ZooKeys* 776: 1–12.

Merow, C., M.J. Smith y J.A. Silander. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36(10): 1058–1069.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. CONABIO–SIMAC–ECOSUR–DFC, México. 559 p.

Montecino, V., X. Molina, S. Kumar, M.L. Castillo y R.O. Bustamante. 2014. Niche dynamics and potential geographic distribution of *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, an invasive freshwater diatom in Southern Chile. *Aquatic Invasions* 9(4): 507–519.

Muscarella, R., P.J. Galante, M. Soley-Guardia, R.A. Boria, J.M. Kass, M. Uriarte y R.P. Anderson, 2014. ENMeval: an R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution* 5 (11): 1198–1205.

Onikura, N., J. Nakajima, R. Inui, H. Mizutani, M. Kobayakawa, S. Fukuda y T. Mukai. 2011. Evaluating the potential for invasion by alien freshwater fishes in northern Kyushu Island, Japan, using the Fish Invasiveness Scoring Kit. *Ichthyological Research* 58: 382–387.

Padilla, D.K. y S.L. Williams. 2004. Beyond ballast water: aquarium and ornamental trades as sources of invasive species in aquatic ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 131–138.

Palmtag, M.R. 2017. The marine ornamental species trade, en: R. Calado, I. Olivotto, M.P. Oliver y J. Holt (eds.), Marine ornamental species aquaculture. Wiley Blackwell. pp. 3–14.

Peel, M.C., B.L. Finlayson y T.A. McMahon. 2007. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 4: 439–473

Peterson, A.T., M. Papeş y J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213(1): 63–72.

Pheloung, P.C., P.A. Williams y S.R. Halloy. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management* 57: 239–251.

Phillips, S.J., R.P. Anderson y R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3–4): 231–259.

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2017. Desarrollo de una propuesta técnica entre los productores para minimizar el riesgo de dispersión de Especies Exóticas Invasoras (EEI) en el sector acuícola del estado de Morelos. R. Mendoza–Alfaro, S. Luna, L. Álvarez–González y R. Maciel de la Garza. 326 p.

Poulos, H.M., B. Chernoff, P.L. Fuller y D. Butman. 2012. Ensemble forecasting of potential habitat for three invasive fishes. *Aquatic Invasions* 7(1): 59–72.

Puntila, R., L. Vilizzi, M. Lehtiniemi y G.H. Copp. 2013. First application of FISK, the freshwater fish invasiveness screening kit, in Northern Europe: example of southern Finland. *Risk Analysis* 33: 1397–1403.

R Core Team. 2020. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Ramírez-García, A., J.P. Ramírez-Herrejón, M. Medina-Nava, R. Hernández-Morales y O. Domínguez-Domínguez. 2018. Reproductive biology of the invasive species *Pseudoxiphophorus bimaculatus* and *Poecilia sphenops* in the Teuchitlán River, México. *Journal of Applied Ichthyology* 34(1): 81–90.

Reshetnikov, A.N. y G.F. Ficetola. 2011. Potential range of the invasive fish rotan (*Perccottus glenii*) in the Holarctic. *Biological Invasions*, 13(12): 2967–2980.

Rixon, C.A.M., I.C. Duggan, N.M.N. Bergeron, A. Ricciardi y H.J. Macisaac. 2005. Invasion risks posed by the aquarium trade and live fish markets on the Laurentian Great Lakes. *Biodiversity Conservation* 14: 1365–1381.

Robin, X., N. Turck, A. Hainard, N. Tiberti, F. Lisacek, J.C. Sanchez y M. Müller. 2011. pROC: an open–source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. *BMC Bioinformatics* 12(1): 1–8.

Rodríguez–Merino, A, R. Fernández–Zamudio y P. García–Murillo. 2015. Determinación de las zonas con mayor riesgo de invasión por macrófitos acuáticos exóticos en la Península Ibérica. *Teledetección: Humedales y Espacios Protegidos* 1: 338–41.

Ruiz, G.M., J.T. Carlton, E.D. Grosholz y A.H. Hines. 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non–indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist* 37: 621–632.

Simonovic, P., A. Tosic, M. Vassilev, A. Apostolou, D. Mrdak, M. Ristovska, V. Kostov, V. Nikolic, D. Skraba, L. Vilizzi y G.H. Copp. 2013. Risk assessment of non–native fishes in the Balkans Region using FISK, the invasiveness screening tool for non–native freshwater fishes. *Mediterranean Marine Science* 14: 369–376.

Tarkan, A.S., F. Güler Ekmekçi, L. Vilizzi y G.H. Copp. 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: 392–398.

Tlusty, M. 2004. Ornamental aquaculture. Small scale of production does not automatically mean small scale of impact. *OFI Journal* 46: 6–9.

Tricarico, E., L. Vilizzi, F. Gherardi y G.H. Copp. 2010. Calibration of FI–ISK, an invasiveness screening tool for nonnative freshwater invertebrates. *Risk Analysis* 30: 285–292.

Troca, D. y J. Vieira. 2012. Potencial invasor dos peixes não nativos cultivados na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 38: 109–120.

Velázquez–Velázquez, E., J.M. López–Vila, J.C. Ruiz–Velasco. 2010. Peces de la Reserva Ecológica “El Canelar”, Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México. 50p.

Vera–Alcaraz, H.S., C.S. Pavanelli y C.H. Zawadzki. 2012. Taxonomic revision of the

Rineloricaria species (Siluriformes: Loricariidae) from the Paraguay River basin. *Neotropical Ichthyology* 10(2): 285–311.

Vilizzi, L., G.H. Copp, B. Adamovich, D. Almeida, J. Chan, P.I. Davison, S. Dembski, F. Güler Ekmekçi, Á. Ferincz, S.C. Forneck, J.E. Hill, J.–E. Kim, N. Koutsikos, R.S.E.W. Leuven, S. Luna, F. Magalhães, S. Marr, R. Mendoza, C.F. Mourão, J.W. Neal, N. Onikura, C. Perdikaris, M. Piria, N. Poulet, R. Puntila, I.L. Range, P. Simonović, F. Ribeiro, A.S. Tarkan, D.F.A. Troca, L. Vardakas, H. Verreycken, L. Vintsek, O.L.F. Weyl, D.C.J. Yeo y Y. Zeng. 2019. A global review and meta–analysis of applications of the freshwater Fish Invasiveness Screening Kit. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29: 529–568.

Whittington, R.J. y R. Chong. 2007. Global trade in ornamental fish from an Australian perspective: the case for revised import risk analysis and management strategies. *Preventive Veterinary Medicine* 81: 92–116.

Wolter, C. & F. Röhr. 2010. Distribution history of non–native freshwater fish species in Germany: how invasive are they? *Journal of Applied Ichthyology* 26: 19–27.

Table of Contents

1. Introducción
2. Métodos
    1. FISK
    2. Modelado de distribución potencial
    3. Análisis estadístico
    4. Resultados
    5. Discusión
    6. Agradecimientos
3. Fichas
    1. Ficha ejemplo Nombre científico, Autor y fecha, nombre común
    2. Amatitlania nigrofasciata Günther, 1867 Cíclido convicto
    3. Amphilophus citrinellus Günther, 1864 Cíclido Midas
    4. Arapaima gigas Schinz, 1822 Paiche
    5. Astronotus ocellatus Agassiz, 1831 Óscar
    6. Astyanax mexicanus De Filippi, 1853 Sardinita mexicana
    7. Barbodes semifasciolatus Günther, 1868 Barbo dorado
    8. Barbonymus schwanenfeldii Bleeker, 1854 Barbo hojalata
    9. Beaufortia leveretti Nichols & Pope, 1927 Come algas chino
    10. Betta splendens Regan, 1910 Betta
    11. Carassius auratus Linnaeus, 1758 Carpa dorada
    12. Channa micropeltes Cuvier, 1831 Cabeza de serpiente rojo
    13. Cyprinus carpio Linnaeus, 1758 Carpa común
    14. Danio rerio Hamilton, 1822 Pez cebra
    15. Gymnocorymbus ternetzi Boulenger, 1895 Monjita
    16. Hemichromis bimaculatus Gill, 1862 Cíclido joya
    17. Hemichromis guttatus Günther, 1862 Pez joya manchado
    18. Herichthys cyanoguttatus Baird & Girard, 1854 Mojarra del norte
    19. Heros severus Heckel, 1840 Cíclido de franjas
    20. Heterotilapia buttikoferi Hubrecht, 1881 Tilapia cebra
    21. Hypostomus plecostomus Linnaeus, 1758 Pleco
    22. Lepisosteus platostomus Rafinesque, 1820 Pejelagarto hocico corto
    23. Melanochromis auratus Boulenger, 1897 Cíclido dorado

24. Misgurnus anguillicaudatus Cantor, 1842 Misgurno de Asia
25. Pangasianodon hypophthalmus Sauvage, 1878 Tiburón tres líneas
26. Parachromis managuensis Günther, 1867 Jaguar guapote
27. Pethia conchonius Hamilton, 1822 Barbo rosado
28. Piaractus brachypomus Cuvier, 1818 Cachama
29. Poecilia reticulata Peters, 1859 Gupi
30. Poecilia sphenops Valenciennes, 1846 Molly
31. Poecilia velifera Regan, 1914 Topote aleta grande
32. Pterophyllum scalare Schultze, 1823 Pez ángel
33. Pterygoplichthys disjunctivus Weber, 1991 Plecóstoma rayado
34. Pterygoplichthys gibbiceps Kner, 1854 Pleco leopardo
35. Pterygoplichthys pardalis Castelnau, 1855 Plecóstoma del Amazonas
36. Puntigrus tetrazona Bleeker, 1855 Barbo tigre
37. Rineloricaria parva Boulenger, 1895 Vieja del agua
38. Thorichthys meeki Brind, 1918 Mojarra boca de fuego
39. Trichogaster lalius Hamilton, 1822 Gurami enano
40. Trichogaster leerii Bleeker, 1852 Gurami perla
41. Trichopodus trichopterus Pallas, 1770 Gurami azul
42. Trichromis salvini Günther, 1862 Guapote tricolor
43. Xiphophorus hellerii Heckel, 1848 Cola de espada
44. Xiphophorus maculatus Günther, 1866 Platy
45. Xiphophorus variatus Meek, 1904 Espada de Valles

4. Referencias