

Presencia de peces exóticos de la familia Loricariidae (peces diablo) en Tamaulipas, utilizando tecnología de la información y comunicación

Manuel A. Mendoza-Illizaliturri¹, Gabriel Aguirre-Guzman^{2*},
Jorge H. Rodríguez-Castro¹, Jaime Salinas Chavira²
& Fabián E. Olazarán-Santibáñez³

Resumen

La familia Loricariidae son peces llamados plecos o pez diablo, provenientes de Sudamérica que hoy se presenta en aguas tamaulipecas como una especie invasora que puede generar daño a las especies locales, aunado a las pérdidas económicas a pescadores locales. El presente trabajo planteó el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación como herramientas que permitan visualizar el panorama para determinar la presencia, ubicación y posible distribución de los peces diablos en el estado. La información colectada en los sistemas de redes sociales ecológicas señala la presencia de estos organismos desde el 2010, teniendo dos áreas principales de avistamientos, la Norte con 48% y la Sur con 52% en Tamaulipas, México, lo cual sugiere que este pez pudo haber ingresado a Tamaulipas desde los Estados Unidos de América a través del Río Bravo y sus lagunas (Área Norte) y desde Veracruz, México a través del sistema lagunar de Champayán, y Río Tamesí-Guayalejo (Área Sur). Es importante reconocer y entender el uso de las nuevas tecnologías en línea para estudios sobre la presencia y distribución de las especies, además de combinarla con estudios

Abstract

The Loricariidae family are fish called pleco or devil fish from South America that today are present in Tamaulipas waters as an invasive exotic species that can cause damage to local species, in addition to economic losses to local fisherman. The present work proposed the use of Information and Communication Technologies as tools that allow visualizing the panorama to determine the presence, location, and possible distribution of devil fish in the state. The collected information in the ecological social networks systems show the presence of these organisms since 2010 with two principal detections, in the North with 48% and South with 52% in Tamaulipas, Mexico. This suggests that the fish may have entered to Tamaulipas from the United States of America through the Bravo River and its lagoons (Northern area) and from Veracruz, Mexico through the Champayan lagoon system and Tamesí-Guayalejo River (Southern area). It is important to recognize and understand the use of new online technologies for studies on the presence and distribution of species, in addition to combining it with conventional studies to determine the

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301. Ciudad Victoria 87010, Tamaulipas, México.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Km. 5 Carretera Victoria-Mante, Ciudad Victoria 87010, Tamaulipas, México.

³ Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, División del Golfo. Amp. La Libertad, No. 356, Cd. Victoria 87019, Tamaulipas México.

* Autor de correspondencia: gabaguirre@docentes.uat.edu.mx (GAG)

convencionales para determinar la distribución de las especies en tiempo real, como los miembros de la familia Loricariidae. Esto definirá estrategias para el control de las especies exóticas y ayudará en la protección de las especies locales.

Palabras clave: Pez diablo, Tecnologías de Información y Comunicación, Loricariidae, Tamaulipas

Recibido: 07 de marzo de 2022.

distribution of species in real time, such as members of the family Loricariidae. This will define strategies for the control of this exotic species and will help to protection of local species.

Key words: Devil fish, Information and Communication Technologies, Loricariidae, Tamaulipas.

Aceptado: 02 de mayo de 2022.

Introducción

Las aguas dulces neotropicales albergan más de 6000 especies de peces, de los cuales 3000 son siluridos (bagres) y entre 936-983 son bagres acorazados de la familia Loricariidae (Armbruster 2011, Roxo *et al.* 2019). Estos organismos son llamados plecós o peces diablo, son originarios de norte de Sudamérica (zona amazónica), y son considerados como una especie exótica invasora en México. Estos organismos alcanzan una talla de 30 a 70 cm de longitud, tiene un cuerpo aplanado dorso ventralmente y cubierto de placas óseas (Ferraris 2007, Mendoza *et al.* 2007, Velázquez-Velázquez *et al.* 2013). Las aletas pectorales de estos organismos se asemejan a palas, las cuales le ayudan en el desplazamiento fuera del agua donde pueden sobrevivir hasta 14 h. Los organismos de esta familia presentan una reproducción precoz (20-30 cm) con alta tasa reproductiva (300-1500 huevos) (Rueda-Jasso *et al.* 2013, Velázquez-Velázquez *et al.* 2013) iniciando su periodo reproductivo en marzo, con un pico en junio-agosto (Mendoza *et al.* 2007). Estos organismos son omnívoros con preferencia herbívora y tolerantes a los cambios de calidad de agua (21-29.7°C, 5.2-11.2 ppm de oxígeno, 0.05-1.95 µS, 0-5 ‰, 6.5 a 8 de pH, 0.2-7.88 mt de profundidad de agua, y cuerpos de agua entre 50-3000 msnm) (Nico 2010, Capps *et al.* 2011, Escalera-Gallardo *et al.* 2012, Velázquez-Velázquez *et al.* 2013).

Actualmente, debido a la frecuencia e intensidad con que se introducen numerosas especies a nuevas regiones (accidental, intencional o naturalmente), resulta esencial vigilar y dar seguimiento a la entrada, ubicación y distribución de estos organismos a fin de poder controlar las especies exóticas invasoras que pueden tener impactos negativos importantes en los ecosistemas que invaden (Mendoza & Osorio 2014, Walsh *et al.* 2016) como la extinción de especies nativas, daño al medio ambiente, salud, y economía de las regiones que invaden (Johnson *et al.* 2020). Los miembros de la familia Loricariidae son una gran amenaza para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y para las pesquerías en México (Mendoza *et al.* 2007, Lozano & García 2014, Mendoza & Osorio 2014) generando pérdidas económicas importantes a los pescadores del Río San Pedro, Tabasco, México e Infiernillo, Michoacán, México (Sandoval-Huerta *et al.* 2012, Barba-Macías *et al.* 2017). Debido a los efectos que generan las especies exóticas invasoras, es importante buscar estrategias para realizar estudios ecológicos y distribución en tiempo real a fin de establecer estrategias de control adecuadas y pertinentes para la región afectada, siendo la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) una de las estrategias factibles para realizar estudios asociados a la distribución de los organismos (Adriaens *et al.* 2015) que está empezando a ser usada por los investigadores.

Los sistemas de vigilancia para el estudio de organismos y su distribución están actualizándose constantemente, empleándose tecnologías modernas que pueden involucrar a la población en general (redes sociales ecológicas). Uno de los componentes tecnológicos que han sido utilizados y proporcionan evidencias para estudios de distribución de especies animales, son las aplicaciones digitales de los sistemas de TIC que proporcionan ubicación geográfica y fotografías de los organismos observados. Esta información se obtiene a través de cámaras digitales de vigilancia y teléfonos inteligentes móviles dotados de Internet y GPS, entre otras, aplicaciones. Esta información es cargada a diferentes plataformas (*Animal Diversity Web*®, *Biodiversity heritage Library*®, *Fishbase*®, *FishSource*®, *Global Biodiversity Information Facility*®, *ImageNet*®, *iNaturalista*®, *iEnciclopedia*®, *Facebook*®, *eBird*®, *Natureserve explorer*®, entre otros) que permite a los científicos tener acceso de forma rápida de los avistamientos que pueden contribuir a ampliar o corroborar la distribución de una especie animal (Wittmann *et al.* 2019, Hernawati *et al.* 2020). Roy *et al.* (2012) y Wittmann *et al.* (2019), reporta que el vínculo entre personas que colaboran voluntariamente en la recopilación de información de las especies y medio ambiente, empleando métodos ya establecidos internacionalmente, está generando resultados positivos para identificar nuevas especies en regiones donde eran desconocidas, favoreciendo de esa forma los estudios de gran escala (estatal, regional, nacional, etc.) (Adriaens *et al.* 2015). Theobald *et al.* (2015) señalan que la participación de la ciudadanía en los sistemas de TIC (redes sociales ecológicas) equivale a un apoyo económico cercano a los 2.5 mil millones de dólares, y que dicha participación y calidad de las imágenes e información se incrementa cada día.

Sistemas como el *Google lens* están siendo detectadas como aplicaciones que estimulan y amplían los procesos educativos en estudiantes de diferentes áreas de la ciencia biológica ya que permite realizar identificaciones rápidas de animales, plantas, insectos y otros organismos, fomentando el estudio de estos (Shapovalov *et al.* 2019).

En Tamaulipas se desconoce la distribución de los peces de la familia Loricariidae o pez diablo, siendo esta información importante para fortalecer las estrategias de control y erradicación de las especies acuáticas no deseables de una región considerada como corredor de especies biológicas. Aunado a esto, la nueva realidad generada por la pandemia ha dificultado los estudios sobre la distribución de organismos, por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento científico sobre la distribución de peces de la familia Loricariidae o pez diablo en Tamaulipas, mediante el uso de tecnologías de información y comunicación existentes en la región Noreste de México como estrategia metodológica.

Metodología

Área de cobertura del estudio — El Estado de Tamaulipas, México, se ubica en la Longitud 100°08'42"O a 97°08'39.12"O, y Latitud 22°12'25.2"N a 27°40'44.76"N (Fig. 1). Posee una amplia red de cuerpos de agua (presas) y ríos en su territorio, tales como: Río Barberena, Blanco, Bravo, Burgos, Chihue, Chorreras, Conchos, Corona, El Salado, El Tigre, Grande, Guayalejo, Las Ánimas, Los Mimbres, Los Olmos, Ocampo, Olivares, Palmas, Panales, Pedregoso, Pílon, Sabinas, Salado, San Carlos, San Juan-Purificación, San Lorenzo, San Antonio, San Vicente, Santa Ana, Soto La Marina, Tamesí, entre otros. Además de las presas Guadalupe Victoria,

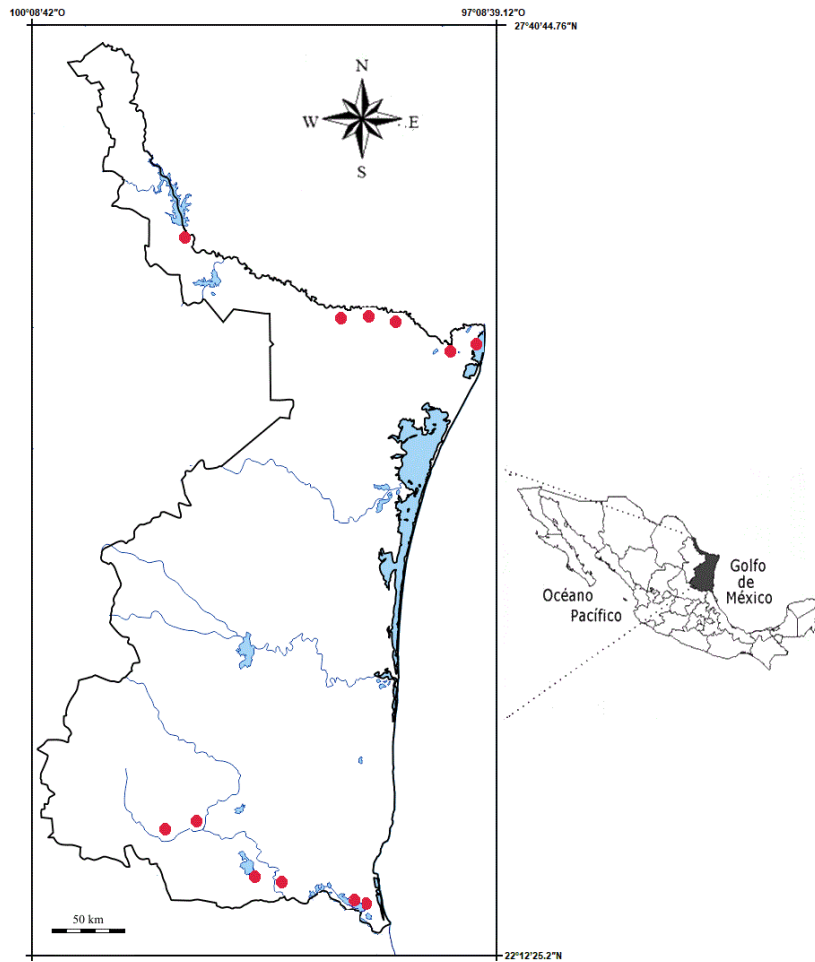


Figura 1. Ubicación de los avistamientos (círculos rojos) del pez diablo (n=21) en los principales cuerpos de agua del Estado de Tamaulipas, México.

Internacional Falcón, La Escondida, Marte R. Gómez, Ramiro Caballero, Soto La Marina, Vicente Guerrero, entre otros (INEGI 2014).

Tamaulipas es un estado al Norte de México que debido a su ubicación cercana a la sierra madre, costa, regiones con llanuras y trópico de cáncer posee una gran diversidad en sus ecosistemas, siendo además un corredor biológico en la región noreste centro mexicano para diversas especies animales y vegetales (Ceballos *et al.* 2018). Estos corredores biológicos facilitan la biodiversidad, conectividad, y movilidad de las especies, incluyendo a las exóticas invasoras, alterando diferentes factores del medio ambiente donde se

establecen (hibridación y germoplasma, cambios fenotipos, etología animal etc.) como lo sugieren Rahel (2007), Cucherousset & Olden (2011) y Lockwood *et al.* (2007).

La recopilación de información de los avistamientos realizados en Tamaulipas se efectuó mediante el uso de datos de biodiversidad obtenidos de internet a través de los sistemas TIC tales como *Animal Diversity Web*®, *Biodiversity heritage Library*®, *Fishbase*®, *FishSource*®, *Global Biodiversity Information Facility*®, *ImageNet*®, *iNaturalista*®, *iEnciclovida*®, *Facebook*®, *eBird*®, *Natureserve explorer*®, *Vertnert*®, y *Facebook*, entre otros (Wakida-Kusunoki *et al.* 2021).

La información recabada incluyó: ubicación geográfica del espécimen, fecha de avistamiento, imagen, e información complementaria señalada por el autor del registro. Buscando la mayor certeza posible en la identificación de imágenes relativas al pez diablo (familia Loricariidae), se utilizaron solo las fotografías que permitieron identificar lo más fidedignamente al pez diablo, descartando las fotografías repetidas aun cuando tengan fechas o localización diferentes (Wittmann *et al.* 2019, Wakida-Kusunoki *et al.* 2021). La información colectada en los sistemas de TIC señalados anteriormente fue georreferenciada en el mapa de Tamaulipas, México, identificando los ríos y cuerpos de agua donde se detectaron los organismos.

Resultados

En Tamaulipas se detectaron 21 registros de avistamientos de pez diablo del género *Pterygoplichthys* sp., algunas de estos se identificaron como *P. disjunctivus* (Tabla I), siendo la zona sur del estado (cercano a la frontera de Veracruz) la que presentó el mayor número de avistamientos en comparación con el norte (cercana a la frontera con los Estados Unidos de América) del estado (11, 10, y 0, respectivamente). La tabla II muestra que el Río Bravo y Río Guayalejo presentaron la mayor frecuencia en avistamientos registrados de peces diablo: 9 casos (24 y 19% cada uno), que juntos suman el 43% de la presencia de esta familia de peces en Tamaulipas. Los cuerpos de agua con menor frecuencia de avistamientos [$n=1$ (5%)] fueron el Canal de Riego, El Mogote Largo, próximo a la Playa Bagdad, ambos del Municipio de Matamoros; y en las Presas Falcón (Municipio de Guerrero), Ramiro P. Caballero (Municipio de González) y en el Río Las Animas-Río Tamesí (Municipio de El Mante). En términos de registros de

avistamientos por municipio, Matamoros presentó el mayor número de avistamientos registrados de peces diablo [$n=5$ (24%)], seguido de Tampico [$n=4$ (19%)] y el resto de los municipios muestran valores entre 15-14% en la presencia de este pez (Tabla II).

Discusión

Debido a la gran biodiversidad que posee la región de Tamaulipas, es esencial desarrollar técnicas de monitoreo que permita conocer las especies presentes y exóticas invasoras que pueden poner en peligro la salud de los ecosistemas (Walsh *et al.* 2016). El uso de muestreos en transectos, uso de cámaras, y trampas son algunos de los métodos convencionales usados para monitorear la biodiversidad en un ecosistema. Sin embargo, el uso de sistemas remotos con cámaras digitales y conectados vía satelitales, drones, Internet, redes sociales, iNaturalista®, iEnciclovida®, son herramientas cada vez más usadas para determinar la riqueza del medio ambiente (Hernawati *et al.* 2020, Johnson *et al.* 2020). Aristeidou *et al.* (2021) señalan que bases de datos como iNaturalista® cuenta con 300,000 observaciones de diferentes especies, 1,370,000 usuarios, y 50 millones de observaciones registradas favoreciendo así los estudios ecológicos de diferentes especies animales. Estudios similares fueron realizados por Happel *et al.* (2000) quienes señalan el gran potencial que poseen los sistemas TIC en estudios biológicos y que los científicos están empezando a usar estas herramientas en diferentes proyectos (biodiversidad, impacto ambiental, cambio climático, especies invasoras entre otros). Wakida-Kusunoki *et al.* (2021) señalan la importancia de los sistemas en línea para los estudios de distribución de organismos marinos invasores en el Golfo de México

Tabla I. Registros de avistamientos del pez diablo (familia Loricariidae) en plataformas digitales*, identificados por cuerpo de agua y Municipio del Estado de Tamaulipas, México, organizados de Norte a Sur (n=21).

Zona	Fecha	Ubicación geográfica (N-O)**	Cuerpo de agua	Municipio	Género o especie**
Norte	07/04/10	26°56'413.4" - 99°20'302.1"	Presa Falcon	Guerrero	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	17/04/14	22°05'109.6" - 97°94'539.5"	Río Bravo	Río Bravo	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	28/05/15	25°82'291.7" - 97°15'480.8"	Playa Bagdad	Matamoros	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	15/11/18	26.05'057.9" - 98°27'178.8"	Laguna La Escondida	Reynosa	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	07/01/19	25°88'111.5" - 97°49'244.8"	Río Bravo	Matamoros	<i>P. disjunctivus</i>
	11/01/20	26°02'067.7" - 97°74'317.1"	Río Bravo	Matamoros	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	16/01/20	26°05'170.2" - 98°27'169.5"	Laguna La Escondida	Reynosa	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	01/08/20	25°89'464.6" - 97°49'722.9"	Río Bravo	Matamoros	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	24/02/21	25°84'181.4" - 97°48'896.6"	Canal de Riego en Matamoros	Matamoros	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	12/10/21	26°03'861.2" - 98°19'785.3"	Río Bravo	Reynosa	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
Sur	13/06/14	22°83'307.2" - 99°14'896.0"	Río Guayalejo	Antiguo Morelos	<i>P. disjunctivus</i>
	23/10/14	22°38'824.6" - 97°93'613.6"	Laguna de Champayán	Altamira	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	08/09/15	22°29'634.1" - 97°90'088.8"	Laguna La Vega Escondida	Tampico	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	08/11/15	22°83'307.2" - 99°14'896.0"	Río Guayalejo	Antigua Morelos	<i>P. disjunctivus</i>
	03/05/17	22°78'555.7" - 98°86'857.1"	Río Guayalejo	El Mante	<i>P. disjunctivus</i>
	16/06/17	22°63'964.3" - 98°68'715.1"	Presa Ramiro P. Caballero	González	<i>P. disjunctivus</i>
	16/06/17	22°54'786.1" - 98°55'176.9"	Río Las Animas-Tamesí	El Mante	<i>P. disjunctivus</i>
	13/07/17	22°75'794.4" - 98°91'103.9"	Río Guayalejo	El Mante	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	24/10/19	22°29'634.1" - 97°90'088.8"	Laguna La Vega Escondida	Tampico	<i>P. disjunctivus</i>
	09/03/21	22°29'584.7" - 97°90'143.2"	Laguna La Vega Escondida	Tampico	<i>Pterygoplichthys</i> sp.
	09/04/21	22°29'584.7" - 97°90'142.0"	Laguna La Vega Escondida	Tampico	<i>Pterygoplichthys</i> sp.

Tabla II. Frecuencia absoluta, porcentual y porcentual acumulada de los registros avistamientos del pez diablo en el Estado de Tamaulipas, por cuerpo de agua y municipio.

Cuerpo de agua	Frecuencias		
	Absoluta	Porcentual	Porcentual acumulada
Río Bravo	4	24%	24%
Río Guayalejo	4	19%	43%
Laguna La Vega Escondida	3	14%	57%
Laguna La Escondida	2	14%	71%
Canal de Riego en Matamoros	1	5%	76%
Sistema Lagunar de Champayán	1	5%	81%
Playa Bagdad (El mogote largo)	1	5%	86%
Presa Falcon	1	5%	90%
Presa Ramiro P. Caballero	1	5%	95%
Río las Animas-Tamesí	1	5%	100%
Municipio			
Matamoros	5	24%	24%
Tampico	4	19%	43%
Mante	3	14%	57%
Reynosa	3	14%	71%
Antiguo Morelos	2	10%	81%
Altamira	1	5%	86%
González	1	5%	90%
Guerrero	1	5%	95%
Río Bravo	1	5%	100%

(*Penaeus monodon* Fabricius 1798) y *Pterois volitan* Linnaeus 1758) y muestran como los sistemas asociados a las redes sociales ecológicas pueden ayudar en estos estudios. Forrester *et al.* (2021) determinaron la importancia del uso de las redes sociales ecológicas para determinar la presencia, vigilancia, y control del pez león (*P. volitan*) en las islas Vírgenes Británicas, Reino Unido, en el caribe americano.

Empleando las bases de datos de TIC disponible para el área de biología y ecología en Tamaulipas, se pudo determinar la presencia de registros fotográficos que ponen de manifiesto la presencia de los peces diablo (familia Loricariidae) en diferentes áreas, municipios, y cuerpos de agua del estado (Tabla 1-2). Este tipo de registros son claves y un gran apoyo para

los científicos que realizan estudios sobre la distribución de las especies animales (Fig. 1). La detección de los peces diablo (familia Loricariidae) se realizó principalmente en el río que conecta a México en los Estados Unidos de America (Río Bravo) siendo los especímenes detectados identificados como *Pterygoplichthys* sp., y *P. disjunctivus* (Ortega-Lara 2016, iNaturalista®). Esta especie fue detectada por Hoover *et al.* (2004) en el Río San Antonio, EUA, señalando que proviene de Florida, EUA, donde está ampliamente distribuida. Sin embargo, Cook-Hildreth *et al.* (2016) señalan que la presencia de este género de peces es desde 1956, y que está distribuida ríos y cuerpos de agua de Arizona, Colorado, Connecticut, Florida, Nevada, Luisiana, Pennsylvania, además

de Texas, EUA. Esto puede sugerir que el origen de este género y especie detectado en el Norte de Tamaulipas pueda ser de ese país. Por otra parte, la tabla 1 muestra que también se detectaron organismos en la cuenca de Tamesí-Guayalejo-Laguna de Champayán, donde ya había registros de la invasión de estos organismos y la gran plaga de ellos. Wakida-Kusunoki & Amador-del Ángel (2011) y Castillo-Capitán *et al.* (2014) señalan de presencia de *Pterygoplichthys* sp. en los ríos de Palizada, Campeche y Coatzacoalcos, Veracruz, lo que puede sugerir que los organismos detectados en el Sur de Tamaulipas provienen de estas regiones que se están trasladando hacia el Norte al buscar nuevos cuerpos de agua donde establecerse. Cabe señalar que la zona Sur de Tamaulipas posee mayor número de ríos y arroyos que la zona Norte del estado (INEGI 2014) lo que puede facilitar la distribución de este organismo y su llegada al centro del estado.

La captura y detección de los peces diablo (familia Loricariidae) en Tamaulipas, México son un reflejo de la capacidad de invasión a los ecosistemas acuáticos (lagunas, presas, ríos, etc.) que puede generar este tipo de organismos. El número y distribución geográfica de los casos de avistamientos sugieren que la población del pez diablo en Tamaulipas están es la etapa III y IVa, conforme Colautti & MacIsaac (2004) quienes sugieren esto ante la presencia esporádica pero cada vez más general y distribuida de un organismo. Faltaría corroborar el tránsito de estos peces entre el área de Coatzacoalcos, Veracruz, y el sur de Tamaulipas, así como revisar la movilidad de estos peces en la parte media del Estado de Tamaulipas, para comprobar su movilidad al norte del Estado.

Es importante mencionar que, en el ámbito social y económico, los efectos

generados por la dispersión del pez diablo se relacionan con la disminución de capturas de peces y crustáceos, y pérdidas ocasionadas por el daño que sufren las artes de pesca (redes agalleras) usados por los pescadores de las cooperativas ya que sus placas externas y espinas se enredan en la red. Es importante para Tamaulipas conocer la dispersión de este grupo de organismos y determinar si la tecnología de TIC es una fuente viable de información para realizar este tipo de estudios, además del seguimiento, y control de este como sucede con el pez león (Reyes *et al.* 2014, Forrester *et al.* 2021).

Theobald *et al.* (2015), Zhuang *et al.* (2018), Wittmann *et al.* (2019), Johnson *et al.* (2020), Aristeidou *et al.* (2021) también hacen ver que estos nuevos sistemas de información tienen retos o problemáticas que se deben tomar en cuenta al momento de utilizarlos, además de que estos sistemas están mejorando constantemente y ayudando en los estudios de biodiversidad. El presente trabajo constató la duplicidad en los registros de avistamientos debido a la información compartida entre las bases de datos, esto obligo a revisar cuidadosamente cada registro, fechas de avistamiento, georreferencias, fotografías, entre otras cosas para asegurar que fueran significativamente diferentes para ser tomadas en cuentas en el estudio. También se observó que aparecían numerosos registros del pez diablo en Tamaulipas en estos sistemas, pero después del proceso de eliminación quedaron los reportados en el presente trabajo. Sin embargo, no es extraño que aparezcan nuevos registros en el sistema cuando estos sean validados e identificados, aun cuando estos fueron fotografiados con anterioridad, o se unen nuevas bases de datos al sistema ampliando la información ya existente y dando la oportunidad de mejorar este tipo

de estudios con las herramientas proporcionadas por los sistemas de TIC.

Agradecimientos

Se agradece a los sistemas de Enciclovida®, iNaturalista®, y GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*) por el trabajo realizado en la generación de sus bases de datos y a sus diferentes usuarios cuyo esfuerzo continuo permiten este tipo de investigaciones.

Referencias

- Adriaens, T., M. Sutton-Croft, K. Owen, D. Brosens, J. van Valkenburg, D. Kilbey, Q. Groom, C. Ehmig, F. Thürkow & K. Schneider. 2015. Trying to engage the crowd in recording invasive alien species in Europe: experiences from two smartphone applications in northwest Europe. *Management of Biological Invasions*, 6(2):215-225. <http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2015.6.2.12>
- Amador-del Ángel, L.E., A.T. Wakida-Kusunoki, M.A. Sánchez & J. Hernández-Nava. 2016. Consideraciones económicas para el manejo del pez diablo en el área protegida laguna de términos. Pp. 144-159. In: Vega, B.I., Ayala, L.A., Terán, G.J., Martínez, G.E., Augusto R.J. (ed). *El pez diablo en México: Protocolo de prevención, respuesta rápida y control*. 1a ed. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Programa de Conservación de Especies en Riesgo
- Aristeidou, M., C. Herodotou, H.L. Ballard, A.N. Young, A.E. Miller, L. Higgins & R.F. Johnson 2021. Exploring the participation of young citizen scientists in scientific research: The case of iNaturalist. *PLoS ONE* 19(1):1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245682>
- Armbruster, J.A. 2011. Global catfish biodiversity. *American Fisheries Society Symposium*, 77:15-37
- Barba-Macías, E., M. Mendoza-Carranza, C. Trinidad-Ocaña, J. Juárez-Flores & M.I. Martínez-Gutiérrez. 2017. Contrastes en el manejo del cangrejo azul y el pez diablo: Perspectiva de los pobladores de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *El Colegio de la Frontera Sur*. 1a ed. México
- Capps, K., G. Nico, M. Mendoza, W. Arévalo, A. Ropicki, S. Heilpern & R. Rodiles. 2011. Salinity tolerance of non-native suckermouth armoured catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) in south-eastern Mexico: implications for invasion and dispersal. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(6):528-540. <https://doi.org/10.1002/aqc.1210>
- Castillo-Capitán, G., Z. Cruz-León, C.G. Meiners-Mandujano, A.H. Hernández-Romero & N. Rodríguez-Orozco. 2014. Population dynamics of invasive freshwater fish of genus *Pterygoplichthys* in Chacalapa Basin (Coatzacoalcos Basin) Veracruz, México. *Revista Científica Biológica Agropecuaria Tuxpan*, 2(3):503-507. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v2i1.277>
- Ceballos, G., H. Zarza, G. Cerecedo-Palacios, M.A. Lazcano, M. Huerta, A. Torre, Y. Rubio & J. Job. 2018. Corredores biológicos y áreas prioritarias para la conservación del jaguar en México. Miembros de la Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar. SEMARNAP. 1
- Colautti, R.I. & H.J. MacIsaac. 2004. A neutral terminology to define invasive species. *Diversity and Distributions* 10(2):135-141. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00061.x>
- Cook-Hildreth, S.L., T.H. Bonner & D.G. Huffman 2016. Female reproductive biology of an exotic suckermouth armored catfish (Loricariidae) in the San Marcos River, Hays Co., Texas, with observations on environmental triggers. *BioInvasions Records*, 5(3):173-183. <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2016.5.3.09>
- Cucherousset, J. & J. Olden. 2011. Ecological impacts of non-native freshwater fishes. *Fisheries*, 36:215-230.
- Escalera-Gallardo, C., M. Arroyo-Damián, R. Moncayo-Estrada & J.A. Zarazúa. 2012. Pesquería sustentable y desarrollo local. Uso y aprovechamiento potencial del pez diablo. *Des. Local Empresas* 32(2):39-58.
- Ferraris, C. 2007. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of Siluriform primary types. *Zootaxa*, 1418:1-300. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1418.1.1>
- Forrester, G.E., K.B. Dzilenski & D.W. Gleeson. 2021. Use of social-media networking to facilitate a grass-roots lionfish removal program in the British Virgin Islands. *Management of Biological Invasions*, 12(2):420-440. <https://doi.org/10.3391/mbi.2021.12.2.14>

- Happel, A., K.J. Murchie, P.W. Willink & C.R. Knapp. 2020.** Great lakes fish finder app; a tool for biologists, managers and education practitioners. *Journal of Great Lakes Research* 46(1):230-236.
- Hernawati, D., D.M.Chaidir & V. Meylani. 2020.** The use of *iNaturalist* on learning courses of zoology vertebrates for prospective biology teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440:1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012064>
- Hoover, J.J., K.J. Killgore & A.F. Cofrancesco. 2004.** Suckermouth catfishes: Threats to aquatic ecosystems of the United States? *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin* 4(1):1-13.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014.** Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. pp 1-97
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEG). 2017.** Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2017. México. pp 1-53.
- Johnson, B.A., A.D. Mader, R. Dasgupta & P. Kuma. 2020.** Citizen science and invasive alien species: An analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00812.
- Lozano, M.L., & M.E. García. 2014.** Peces Invasores de Mexico. Pp 401-424 *In* R.E. Mendoza, & K. Osorio (Cord). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. México.
- Lockwood, J.L., Hoopes, M.F., & Marchetti, M.P. 2007.** *Invasion ecology*. Blackwell Publishing. U.K. 333 p.
- Ortega-Lara, A. 2016.** Guía visual de los principales peces ornamentales continentales de Colombia. Serie Recursos Pesqueros de Colombia - AUNAP. Pp 1-112. *In*: Ortega-Lara, A., Puentes, V., Barbosa, L.S., Mojica, H., Gómez, S.M., & Polanco-Rengifo, O. (ed.). *Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP* ©. Fundación FUNINDES. Santiago de Cali, Colombia.
- Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez & V. Aguilar. 2007.** Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70:1-5.
- Mendoza, R.E. & K. Osorio. 2014.** *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. México
- Nico, L. 2010.** Nocturnal and diurnal activity of armored suckermouth catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) associated with wintering Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*). *Neotropical Ichthyology*, 8(4):893-898. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252010005000014>
- Rahel, F. 2007.** Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas, It's a small world after all. *Freshwater Biology* 52(4):696-710.
- Rueda-Jasso, R.A., A. Campos-Mendoza, F. Arreguín-Sánchez, E. Díaz-Pardo & C.A. Martínez-Palacios. 2013.** The biological and reproductive parameters of the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from Adolfo López Mateos El Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1):318-326.
- Reyes, H., Petatán, D., Melo, S.M., & Pérez, H. 2014.** An analysis of the ecological niche and the geographic distribution of the lionfish, *Pterois volitans/miles*, in the western Atlantic. Pp 253-270. *In*: Low, A.M., Quijón, P.A., Peters-Recagno, E.M. (ed) *Invasive aquatic species: case studies in ecosystems of Mexico*. SEMARNAT, México.
- Roxo, F., L. Ochoa, M. Sabaj, N. Lujan, R. Covain, J. Silva Albert, J. Chang, , Foresti, F., Alfaro, M. & Oliveira, C. 2019.** Phylogenomic reappraisal of the Neotropical catfish family Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) using ultraconserved elements. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 135:148-165. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.02.017>
- Roy, H., M. Gardiner, L. Allee, P. Brown, J. Losey & R. Smyth. 2012.** Lessons from lady beetles: accuracy of monitoring data from US and UK citizen-science programs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(9):471-476. <https://doi.org/10.1890/110185>
- Sandoval-Huerta, E.R., X. Madrigal-Guridi, X. García-Meraz, N.I. Dimas-Mora & O. Domínguez-Domínguez. 2012.** New record of *Pterygoplichthys disjunctivus* (Actinopterygii: Loricariidae) in the mouth of Coahuayana River, Coahuayana, Michoacán, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(1):294-297.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2016.** Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT. México. pp 213-215.

- Shapovalov, V.B., Y.B. Shapovalov, Z.I. Bilyk, A.P. Megalinska & I.O. Muzyka. 2019.** The Google Lens analyzing quality: an analysis of the possibility to use in the educational process. *Educational Dimension* 1(53):219-234.
- Theobald, E.J., A.K. Ettinger, H.K. Burgess, L.B. DeBey, N.R. Schmidt, H.E. Froehlich, C. Wagner, J. HilleRisLambers, J. Tewksbury, M.A. Harsch & J. K. Parrish. 2015.** Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation* 181:236-244.
- Velázquez-Velázquez, E., J.M. López-Villa, & E.L. Romero-Bermy. 2013.** El pez diablo: especie invasora en Chiapas. *Lacandonia* 7(1):99-104
- Wakida-Kusunoki, A.T., & L.E. Amador-del Ángel, 2011.** Biological aspects of the invador plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) from Palizada River, Campeche. Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3):870-878.
- Wakida-Kusunoki, A.T., J.L. Cruz-Sánchez & N.A. López-Téllez. 2021.** A review of recent sightings and reports of the giant tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae) on the Mexican coast of the Gulf of Mexico (2012-2019). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 56(1):83-88.
- Walsh, J., S. Carpenter, & M. Vander. 2016.** Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(15):4081-4085.
- Wittmann, J., D. Girman, & D. Crockeret. 2019.** Using iNaturalist in a Coverboard Protocol to Measure Data Quality: Suggestions for Project Design. *Citizen Science: Theory and Practice*, 4(21):1-12.
- Zhuang, P., Y. Wang & Y. Qiao. 2018.** WildFish: A large benchmark for fish recognition in the wild. *MM International Conference on Multimedia(ACM)*, New York, NY, USA,