



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación

DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial –PUIDI-

**Análisis del impacto ecológico y socioeconómico causado por la especie exótica Pez Diablo
(Loricariidae) en la Reserva Natural Monterrico**

DIGI-AP20-2021

Centro de Estudios Conservacionistas –CECON-

Fernando José Castillo Cabrera – Coordinador
María de los Ángeles Schoenbeck Yanes – Investigadora
Emily Arleth Pineda Posadas – Auxiliar de Investigación II

Guatemala, 26/01/2022

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Autoridades

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Liuba María Cabrera Ovalle
Coordinador(a) del Programa de Investigación

Autores

Fernando José Castillo Cabrera
Coordinador del proyecto

María de los Ángeles Schoenbeck Yanes
Investigadora

Emily Arleth Pineda Posadas
Auxiliar de investigación II

Colaboradores:

Yasmin Odette Quintana Morales M.Sc. - Universidad Texas A&M

Agradecimientos: A los guardarecursos de la RNUMM: Juan Esteban Cuéllar, César Grijalva, Oscar Girón, Samuel García, Rubelsy Florián, Axel Cuellar, Pablo Castellanos, César Augusto Flores, María Elena Ávila y la coordinadora M.Sc. Ana Silvia Morales.

Al señor Noé Orantes, a los Biólogos Mynor Sandoval de ARCAS y Cristian Estrada de DIPESCA por su colaboración en campo; a Diego Elías y José Soto por su apoyo en la propuesta.

A todos los pescadores y pescadoras de Monterrico y aldeas cercanas que participaron en los talleres y grupos focales.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación -DIGI-, 2022.

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores. Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del código AP20-2021 en el Programa Universitario de Investigación Desarrollo Industrial.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

1. Índice general

2. Resumen y palabras claves	8
3. Introducción	10
4. Planteamiento del problema.....	12
5. Delimitación en tiempo y espacio.....	13
5.1 Delimitación en tiempo	13
5.2 Delimitación espacial	13
6. Marco teórico.....	14
6.1 El Pez Diablo – Plecóstomo - Limpiapeceras	14
6.2 Hábitos del Pez Diablo.....	15
6.3 Invasiones por peces diablo.....	15
7. Estado del arte.....	16
8. Objetivos	19
9. Hipótesis	19
10. Materiales y métodos	20
10.1. Enfoque de la investigación	20
10.2. Métodos.....	20
10.2.1. <i>Identificación de impactos ecológicos sobre los hábitats y la biodiversidad</i>	20
10.2.2 <i>Caracterización de los impactos socio-económicos sobre la pesca artesanal</i>	20
10.3. Recolección de información.....	21
10.3.1 <i>Impactos ecológicos</i>	21
10.3.2 <i>Impactos socio-económicos</i>	24
10.4. Técnicas e instrumentos	25
10.4.1 <i>Impactos ecológicos en hábitats y biodiversidad</i>	25
10.4.2 <i>Impactos socioeconómicos sobre la pesca artesanal</i>	26
10.5. Procesamiento y análisis de la información	28
10.5.1 <i>Información biológica y ecológica</i>	28

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

10.5.2 Información socioeconómica.....	29
11. Resultados y Discusión.....	30
11.1 Resultados.....	30
11.1.1 Registros históricos de la presencia de peces diablo en Centroamérica.....	30
11.1.2 Impactos ecológicos sobre los hábitats y la biodiversidad.....	32
11.1.3. Impactos socioeconómicos en la pesca artesanal.....	51
11.2. Discusión de resultados.....	61
11.2.1. Registros históricos y normativa nacional.....	61
11.2.2. Impactos ecológicos en los hábitats y la biodiversidad.....	63
11.2.4. Impactos socioeconómicos en la pesca artesanal.....	68
12. Referencias.....	73
13. Apéndices.....	86
14. Aspectos éticos y legales.....	115
15. Vinculación.....	115
16. Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual.....	115
17. Aporte de la investigación a los ODS:.....	116
18. Orden de pago final.....	116
19. Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación.....	117
20. Aval de la Directora del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario.....	117
21. Visado de la Dirección General de Investigación.....	118

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Índice de cuadros

Cuadro 1. <i>Registros de peces diablo en Centroamérica</i>	30
Cuadro 2. <i>Impactos ecológicos causados por el pez diablo, reportados en la literatura y por pescadores de la RNUMM</i>	33
Cuadro 3. <i>Especies acuáticas colectadas durante la época lluviosa en la RNUMM</i>	40
Cuadro 4. <i>Análisis de especies indicadoras capturadas con trasmallo</i>	45
Cuadro 5. <i>Resultado de Análisis de varianza multivariado permutacional utilizando matrices de distancia</i>	47
Cuadro 6. <i>Impactos socioeconómicos causados por el pez diablo, reportados en la literatura y por pescadores de la RNUMM</i>	52
Cuadro 7. <i>Precio e Ingreso de las especies de importancia comercial RNUMM</i>	56
Cuadro 8. <i>Familias y Especies de la Lista Negra</i>	60

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa del sitio de estudio - Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico RNUMM.	13
Figura 2. Pez diablo capturado en la pesca artesanal de la Reserva de Monterrico durante revisión de desembarques.....	14
Figura 3. Etapas de invasión de especies exóticas en relación a su abundancia y posibilidades de control.	17
Figura 4. Diseño experimental del estudio	22
Figura 5. Mapa de los puntos de muestreo en zonas de manglar y tular/carrizal, en el canal y lagunas de la RNUMM.	23
Figura 6. Sonda multiparamétrica utilizada para muestreo fisicoquímico del agua.	26
Figura 7. Registros de peces diablo en Guatemala	31
Figura 8. Distribución de parámetros fisicoquímicos en los diferentes tipos de hábitat en el canal de Chiquimulilla dentro de la RNUMM durante la época lluviosa de 2021, incluyendo 9 sitios de muestreo por hábitat.....	37
Figura 10. Curva de acumulación de especies observada (riqueza observada) durante la época lluviosa en la RNUMM en el año 2021.	41
Figura 11. Diversidad alfa de los tipos de hábitat muestreados durante la época lluviosa en la RNUMM en el año 2021.....	42
Figura 12. Abundancia total de especies de registrada durante la época lluviosa en a RNUMM en el año 2021	43
Figura 13. Abundancia total de especies por hábitat registrada durante la época lluviosa en la RNUMM en el año 2021.....	44
Figura 14. Biplot del Análisis de Redundancia para el ensamblaje de peces según su abundancia...	46

Figura 15. Análisis de Escalamiento multidimensional no métrico 36 unidades experimentales y 15 especies por tipo de hábitat	48
Figura 16. Evidencia fotográfica de las cavidades creadas por los peces diablo en los quineles La Zona, aldea El Garitón, Guatemala.	49
Figura 17. Evidencia visual de la captura abundante de pez diablo por pescadores artesanales en la laguna Rancho Alegre, zona fuera de la RNUMM.	50
Figura 18. Percepciones y conocimientos de mujeres pescadoras en RNUMM.	54
Figura 19. Biomasa total de especies de importancia en la pesca artesanal de RNUMM.	55
Figura 21. Respuestas a la pregunta ¿Razón por la que comercializa pez diablo?	59
Figura 22. Respuestas a las preguntas: A ¿Cree necesaria la prohibición de importación de estas especies? B¿Cree necesaria la prohibición del cultivo de estas especies en Guatemala? y C ¿Cree necesaria la prohibición de venta de estas especies en Guatemala?	59
Figura 23. Utensilio para remoción de pez diablo de redes.	70

2. Resumen y palabras claves

En Guatemala la presencia de pez diablo (Familia: Loricariidae) se registra en la década de 1980 en la cuenca del río Usumacinta, según reportes institucionales de gobierno. Desde entonces se ha documentado su presencia en diferentes cuerpos de agua en el país. Las diferentes especies de peces diablo, plecóstomos o limpia peceras están catalogadas como potencialmente invasoras. En distintos estudios en México, Estados Unidos y otras regiones del planeta se han confirmado impactos negativos tanto ecológicos como socioeconómicos, afectando a colectivos de pescadores artesanales. Sin embargo, no se tiene información sobre estos impactos en los cuerpos de agua del pacífico guatemalteco, a pesar que existen registros desde 2012 sobre su presencia. En este proyecto se realizó una evaluación de los potenciales impactos ecológicos y socioeconómicos provocados por las especies de peces diablo presentes en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. Para ello se realizó, durante la época lluviosa de 2021, una caracterización del hábitat y colecta de peces con distintas artes de pesca en lagunas costero-marinas y el canal de Chiquimulilla. Así mismo, se realizó cartografía participativa y grupos focales, así como consultas a personas individuales e instituciones acerca del conocimiento de estos peces invasores y sus impactos. El proyecto encontró impactos negativos socioeconómicos derivado de la presencia del pez diablo en la Reserva de Monterrico, así como algunos indicios de sus posibles impactos ecológicos.

Palabras Clave: pez diablo, Monterrico, impactos ecológicos, impactos socioeconómicos, especies invasoras

Abstract and keywords

According to government institutions, devil's fish or armored catfish (Family: Loricariidae) presence in Guatemala has been recorded since the 1980's, first in the Usumacinta river basin. Since then, this species has been found in other water bodies in the country. Many species of this fish family are considered invasive and its negative impacts have been studied in many regions of the world, especially Mexico and the United States. Nevertheless, there is a lack of information of impacts derived from armored catfishes' presence in the fisheries and aquatic ecosystems of the Pacific Coast of Guatemala. This study aimed to reveal potential ecological and socioeconomic impacts of the presence of these species in Monterrico Multiple Use Natural Reserve. During the rainy season 2021 we conducted habitat characterization and fish captures with fishing techniques in coastal lagoons and the main Chiquimulilla channel. Interviews, participatory mapping and focus groups were conducted also to gain insight on the knowledge related to this species and their impacts. Study found negative socioeconomic impacts related to the presence of armored catfishes and also hints of potential ecological impacts.

Keywords: armored catfish, Monterrico, ecological impacts, socioeconomic impacts, invasive species

3. Introducción

Las especies invasoras son consideradas una de las cinco principales amenazas a la integridad de los ecosistemas y de pérdida de biodiversidad en el mundo (UICN, 1999; McNeely y Mainka, 2009). En Norte América la pérdida de hábitat seguida de la introducción de especies exóticas han sido responsables de extinciones locales y regionales (Wilcove, Rothstein, Dubow, Phillips & Losos, 1998). En Mesoamérica algunos de los datos sobre peces exóticos utilizados como directrices generales de manejo provienen de Nicaragua y Panamá (Zaret & Paine, 1973; Bedarf, McKaye, Van Den Berghe, Pérez & Secor, 2005; McKaye et al., 1995).

El pez diablo se ha estudiado debido a sus impactos como especie invasora en México, Estados Unidos, Taiwán, Filipinas, Japón y Singapur donde se han reportado pérdidas millonarias en ingresos de pescadores, como el caso de la presa el Infiernillo en México (Mendoza et al., 2007). En Guatemala, la presencia de pez diablo en la cuenca del Usumacinta remonta al año 2000 aunque hay reportes desde 1986 (Dirección de Normatividad de Pesca y Acuicultura [DIPESCA], 2010). Desde entonces se ha documentado su presencia en el Lago Petén Itzá, en el río La Pasión en Petén y en la costa sur de Guatemala (Quintana y Barrientos, 2012; Quintana *comm pers*, 2020; Echeverría et al., 2015; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2018; Wakida-Kusunoki, Ruiz-Carus & Amador-Del-Angel, 2007).

A pesar de ello, no existen estudios del impacto ecológico o socioeconómico que este pez ha tenido sobre otros peces nativos y sobre las personas que dependen de recursos pesqueros. En la actualidad se ha iniciado a trabajar en el tema de peces invasores en el país, aunque concentrados en el ambiente marino con el pez león (Gómez et al., 2013) y ha quedado relegada la problemática causada por el pez diablo en ambientes dulceacuícolas o marino-costeros.

La Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico –RNUMM- tiene entre sus objetivos la protección de humedales de importancia para la crianza de múltiples especies (26), que incluyen especies de importancia para la pesca comercial, que son fuente de alimento e ingresos económicos para las

comunidades de la reserva (Ruiz-Ordóñez y Sigüenza, 1999). El desconocimiento de los impactos producidos por la presencia del pez diablo crea preocupaciones para el manejo de la biodiversidad, el bienestar social y económico debido a evidencias de distintos impactos negativos, entre estos: el desplazamiento de especies, depredación, competencia por recursos, perturbación de riberas y degradación de hábitat. (Commission for Environmental Cooperation [CEC], 2009).

Este estudio se planteó dentro de sus objetivos analizar los impactos ecológicos y socioeconómicos ocasionados por la presencia del pez diablo en los cuerpos de agua de la zona estuarina de la RNUMM en época lluviosa. Los impactos ecológicos registrados fueron identificados por medio de revisión de literatura científica y el muestreo en campo. Los efectos socioeconómicos fueron identificados a partir de grupos focales y mapeos participativos con pescadores y pescadoras de la reserva, y a través de una revisión de desembarques. Para efectos de manejo de esta especie se realizaron encuestas en línea a acuaristas y empresarios de acuarios. Finalmente, se realizaron consultas con instituciones de gobierno para obtener información relacionada a la gestión de dichos peces exóticos en el país.

A través de este estudio se documentaron impactos socioeconómicos en las vidas cotidianas de los pescadores y pescadoras de la RNUMM, similares a los reportados en otros estudios. Se encontraron indicios de impactos ecológicos, sin embargo, no se tuvo evidencia concluyente. En términos de gestión y manejo, el país tiene prohibida la reproducción, introducción y venta de 80 especies diferentes de peces diablo y de acuerdo a la encuesta con el sector comercial relacionado con acuarios, existe todavía comercio y reproducción de peces diablo a pesar de su prohibición y amenaza a los ecosistemas acuáticos.

Los resultados de este estudio subrayan la necesidad de desarrollar medidas de control y mitigación para contrarrestar los efectos negativos de los peces diablo en las vidas de los pescadores, y de continuar con estudios que profundicen el conocimiento de los impactos ecológicos. Los resultados del presente estudio contribuyen a evidenciar los efectos de las especies exóticas e invasoras en las dinámicas socioambientales y en los ecosistemas del pacífico de Guatemala.

4. Planteamiento del problema

Las especies ícticas exóticas llegan a los ecosistemas acuáticos como resultado de malas prácticas en producciones acuícolas, por inundaciones o por la liberación intencional de aficionados acuaristas y pescadores. En algunos casos son liberados como parte de políticas nacionales con fines pesqueros (Mendoza et al., 2007; CEC, 2009). Se ha documentado que algunas especies exóticas utilizadas con fines de mejoramiento en las pesquerías locales se vuelven invasoras y amenazan al 85% de especies de peces en África Meridional, 55% de especies dulceacuícolas en Europa y 45% de especies en Madagascar, (McNeely y Mainka, 2009).

En Guatemala se han introducido diferentes especies de peces exóticos, entre estos: tilapia, trucha, lobina, carpa, en varios sistemas dulceacuícolas sin tener conocimiento de las asociaciones ícticas nativas, y sin realizar ningún análisis del impacto ecológico o socioeconómico que estas especies pueden provocar. La extinción del Pato Poc (*Podilymbus gigas* Griscom.) en el Lago de Atitlán tuvo en parte relación con la introducción de otra especie de pez (LaBastille, 1983). Identificar, caracterizar y analizar estos impactos es clave para que los administradores y planificadores de áreas protegidas e instituciones competentes, establezcan el esfuerzo de control o la información básica para tomar medidas en el manejo de una especie exótica para prevenir que pueda convertirse en una especie invasora, y que ya establecida, es difícil o imposible de erradicar (Reaser et al., 2007).

La zona estuarina de la RNUMM presenta especies exóticas e invasoras de peces tales como: tilapia, guapote y pez diablo. Algunos eventos como la tormenta Stan, han sido documentados por sus impactos para el área y su influencia en la presencia de tilapia por desbordes en las granjas acuícolas (Quintana, 2007). Por otro lado, la información acerca del pez diablo en el área es escasa. En el año 2018, el PNUD reporta que personas locales han registrado su presencia en el Canal de Chiquimulilla desde hace 8 años. Dado que el pez diablo es una especie a la que se le atribuyen distintos impactos negativos ecológicos y socioeconómicos resulta crítico y urgente conocer los efectos sobre las poblaciones locales y generar información para desarrollar medidas de control.

5. Delimitación en tiempo y espacio

5.1 Delimitación en tiempo

El proyecto se llevó a cabo durante el año 2021. La fase de campo se realizó de junio a octubre, correspondiente a la época lluviosa; la revisión y análisis de la información se llevó a cabo de marzo a noviembre; y la elaboración del informe final se realizó entre noviembre y enero del año 2022.

5.2 Delimitación espacial

El proyecto se ejecutó en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico -RNUMM-, ubicada entre los municipios de Taxisco y Chiquimulilla en el departamento de Santa Rosa. Está delimitada por las coordenadas cartográficas entre los meridianos $90^{\circ}26'21''$ y $90^{\circ}30'14''$ longitud Oeste y paralelos $13^{\circ}58'28''$ y $14^{\circ}0'38''$ latitud Norte (Ruíz-Ordoñez y Sigüenza, 1999).

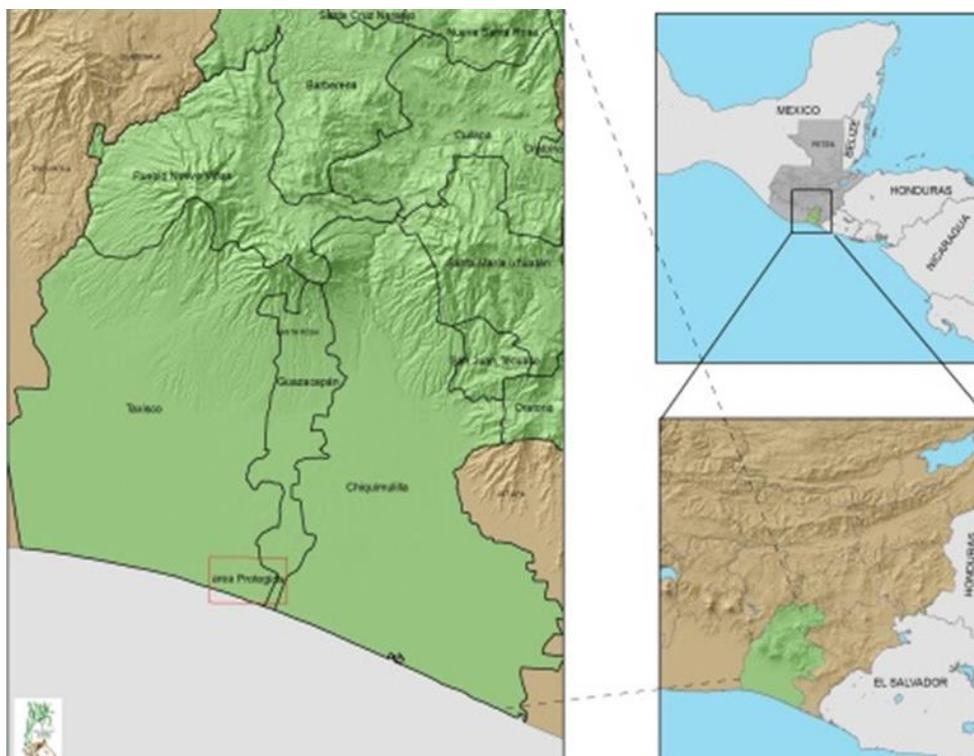


Figura 1. Mapa del sitio de estudio - Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico RNUMM.

6. Marco teórico

6.1 El Pez Diablo – Plecóstomo - Limpiapeceras

Con este nombre se conoce a las especies nativas de la cuenca del Amazonas en Sudamérica, que pertenecen a la familia Loricariidae. De esta familia se conocen aproximadamente 825 especies nominales, con 83 géneros válidos. Existen varias especies distribuidas entre los géneros *Hypostomus* spp. y *Pterygoplichthys* spp. (CEC, 2009) (Figura 2). Los peces de esta familia se caracterizan por su coraza de placas óseas, que se extienden en tres hileras a lo largo de su superficie dorsal, un vientre aplanado y fuertes espinas que los protegen de los depredadores (Bunkley-Williams et al., 1994). Poseen una boca en forma de ventosa que les ayuda a succionar y a fijarse al sustrato (Bunkley-Williams et al., 1994; Mendoza et al., 2007; CEC, 2009). Pueden alcanzar tallas de 50 centímetros y más de tres kilogramos de peso (Mendoza et al., 2007). Es una especie altamente utilizada en el comercio acuarista, porque es útil en el control de algas (Pound, Nowlin, Huffman & Bonner, 2011).



Figura 2. Pez diablo capturado en la pesca artesanal de la Reserva de Monterrico durante revisión de desembarques (izquierda). Vista ventral del pez diablo (derecha). Créditos: A. Schoenbeck y E. Pineda

6.2 Hábitos del Pez Diablo

Las especies conocidas como pez diablo tienen un alto potencial invasivo por su morfología, fisiología y comportamiento. Tienen una reproducción precoz, alta tasa reproductiva y cuidado parental que aseguran una alta supervivencia larval (Mendoza *et al.*, 2007). Son adaptables, algunos toleran la salinidad y su estómago es grande y muy vascularizado, lo que le permite respirar aire atmosférico en condiciones de hipoxia y resistir la desecación durante varios días (Graham & Baird, 1982). Sus niveles de glucosa y lactato son altos en relación con otros peces, lo cual les permite tener la energía necesaria para mantener el ritmo cardíaco durante periodos de hipoxia (Mendoza *et al.*, 2007).

Por sus hábitos de alimentación y conducta son muy exitosos. Se adhiere por medio de su boca a sustratos naturales, resistiendo corrientes muy rápidas (Mendoza *et al.*, 2007). Sus hábitos son nocturnos, y sus ojos están adaptados para ver en condiciones de baja luminosidad. Pueden oscurecer los ojos para camuflarse y evitar a sus depredadores (Mendoza *et al.*, 2007). Son peces que se alimentan principalmente de productos derivados de algas y detritos, aunque algunos investigadores sugieren que su dieta es omnívora, aspectos que le convierten en un invasor exitoso (Pound *et al.*, 2011). Su técnica de alimentación se basa en la resuspensión del sedimento que cambia en el tamaño y la distribución de las partículas en el fondo. Cavan galerías para depositar sus huevos con profundidades de hasta metro y medio, desplazando enormes cantidades de sedimento (Mendoza *et al.*, 2007).

6.3 Invasiones por peces diablo

Las especies ícticas exóticas llegan a los ecosistemas acuáticos a través de fugas provocadas por prácticas descontroladas de producción acuícola, por inundaciones o tormentas, por la liberación de aficionados acuaristas y pescadores (Mendoza *et al.*, 2007; CEC, 2009). En el caso del pez diablo dada su demanda en el acuarismo, las causas han sido la liberación accidental desde las granjas acuícolas o liberaciones intencionales.

Hay diversos artículos que registran invasiones de pez diablo, y en la mayoría se presenta información para desarrollar medidas de control. Sin embargo, dependiendo del estado de la invasión, su control es posible o no. En el caso del continente americano, la distribución documentada de la especie va desde el área sur este de Estados Unidos, México, varios países de Centroamérica (Mendoza et al., 2007; CEC, 2009; Solano y Molina 2011; Wakida-Kusunoki y Amador-del-Angel, 2008; DIPESCA, 2010; Corea, Hernández, Solís y Aguilar, 2014), y en áreas aisladas como Puerto Rico y Hawaii (Bunkley-Williams *et al.*, 1994; Nico y Martin, 2001). También se han reportado pérdidas económicas y de biodiversidad en varios países, debido al detrimento de la pesca y del ecosistema acuático (Mendoza *et al.*, 2007; Corea *et al.*, 2014).

Para contrarrestar los efectos de la invasión de peces exóticos en Norteamérica, Canadá, Estados Unidos y México se han establecido iniciativas internacionales (Mendoza *et al.*, 2007). Sin embargo, la proliferación y la falta de controles para este pez en el Sur de México, propiciaron que se dispersaran hacia Guatemala por medio de la cuenca Grijalva-Usumacinta. Los primeros reportes del pez diablo en Guatemala datan al año 2000 aproximadamente, cuando la especie fue detectada en el Río San Pedro. Sin embargo, en la actualidad los reportes se extienden a varios cuerpos de agua dulce del país de manera acelerada, incluso en la Costa Sur.

7. Estado del arte

El estudio de la ecología de invasiones se puede encontrar desde los análisis realizados por Charles Darwin en su libro “El origen de las especies”, donde en varias ocasiones analiza el proceso y los efectos de las invasiones por nuevas especies. Una teoría de invasiones fue desarrollada posteriormente, y ha sido estudiada en varios campos, sin embargo, las interacciones ecológicas son muy complicadas, y aún no hay una respuesta concreta para tratar los casos de especies exóticas invasoras, ya que cada sistema es único y desarrolla diferentes dinámicas ecológicas (Lodge, 1993).

En el siglo XX la invasión de especies exóticas en distintos lugares aumentó. Esto atrajo el desarrollo de muchas investigaciones que buscan describir y entender los efectos de las especies invasoras para poder predecir futuras invasiones y desarrollar medidas de control (Ludsin & Wolfe, 2001). Este ha

sido el objetivo del desarrollo de la teoría de invasiones a nivel mundial, lo cual ha generado técnicas para producir modelos de dispersión y medidas de control. Los costos de control están asociados a la abundancia de la especie invasora o a su ocupación de más áreas. De acuerdo a la Figura 3 el proceso de invasión progresa a través del tiempo, las acciones proactivas deben tomarse cuando ocurre la primera aparición de la especie y es cuando la erradicación es posible. Caso contrario cuando la acción se reactiva porque la abundancia de la especie invasora es mucho mayor y ya ocurrió una sensibilización ciudadana, sin embargo, los costos son los más altos y no se puede erradicar la especie.

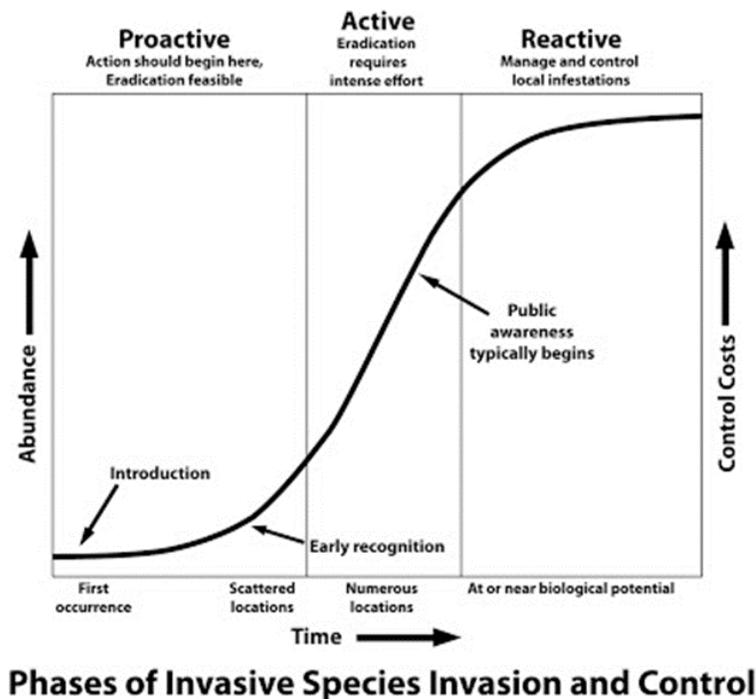


Figura 3. Etapas de invasión de especies exóticas en relación a su abundancia y posibilidades de control. Fuente: EDDMapS 2014.

Los peces diablo han generado mucho interés por todos los efectos negativos que tiene sobre diversidad y riqueza de especies acuáticas. En algunos casos como el del Lago Victoria, la pérdida en biodiversidad causada por la introducción de una especie es impresionante (Njiru, Mkumbo & van der Knaap, 2010; Outa *et al.*, 2020). Sin embargo, en otros casos se ha demostrado que puede haber cierto nivel de control de dichas especies. En el caso de Guatemala, la literatura en el tema de especies invasoras es sumamente escasa, habiendo pocas investigaciones que ayudan a comprender cómo estas especies están afectando los recursos naturales nativos. Los estudios más frecuentes en Guatemala se refieren a plagas que afectan prácticas agrícolas, pero en el tema de otras especies invasoras hacen falta vacíos por llenar.

Por otro lado, la literatura en general hace énfasis en cuán importante es comprender el rol de factores abióticos, espaciales y temporales en la variación de abundancia y ocurrencia de especies (Fiske & Chandler, 2011). Determinar hábitats relevantes para especies invasoras permite identificar sitios donde pueden ejecutarse proyectos de remoción sistemática que permitan recuperar hábitats para las especies nativas. La remoción intensiva de especies invasoras ha mostrado ser de alta importancia para la ecología trófica de los ecosistemas (Rogosch & Olden, 2020).

Otro aspecto clave es el uso de metodologías de ciencias sociales para entender problemáticas complejas como las relacionadas al ambiente, biodiversidad, uso de recursos, vulnerabilidad, entre otras, por eso han surgido publicaciones que describen distintas metodologías a utilizar en estos casos (Vaccaro, Smith & Aswani, 2010; Kanazawa, 2018). La condición de ser participativas realza el conocimiento local tan importante y válido como cualquier otro conocimiento además de guiar la curiosidad científica (Calheiros, Seidl & Ferreira, 2000).

8. Objetivos

General

Analizar los impactos ocasionados por la presencia del pez diablo en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.

Específicos

- Identificar los impactos ecológicos del pez diablo sobre los hábitats y la biodiversidad de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.
- Caracterizar los impactos socio-económicos del pez diablo sobre la pesca artesanal en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.

9. Hipótesis

El pez diablo presenta mayor probabilidad de ocupación en lagunas con vegetación acuática sumergida en comparación a zonas con manglares.

La abundancia de pez diablo presenta una interacción negativa (i.e. desplazamiento) con especies nativas de similar hábito alimenticio.

10. Materiales y métodos

10.1. Enfoque de la investigación

Esta es una investigación con enfoque mixto.

10.2. Métodos

10.2.1. Identificación de impactos ecológicos sobre los hábitats y la biodiversidad

Para este objetivo se realizaron las siguientes acciones:

- 1) Revisión de literatura (científica y no científica) y noticias en internet para identificar reportes de avistamiento y los impactos ecológicos reportados en otros estudios, incluyendo la región Centroamericana.
- 2) Caracterización de la comunidad de especies acuáticas en el canal estuarino y lagunas costeras de la RNUMM. Esto sirvió para ver el impacto de la presencia de peces diablo en la comunidad íctica.
- 3) Caracterización del hábitat con variables de vegetación y fisicoquímicas del agua. Esta caracterización pretendía identificar condiciones favorables para la captura del pez diablo en la RNUMM. Como complemento se recorrieron áreas fuera de la RNUMM para buscar evidencias de impactos derivados del pez diablo.

10.2.2 Caracterización de los impactos socio-económicos sobre la pesca artesanal

Para alcanzar este objetivo se ejecutaron las siguientes actividades:

- 1) Revisión de literatura científica, así como consulta de información oficial relacionada al pez diablo y los potenciales impactos reportados en otros estudios.

- 2) Actividades participativas con pescadores artesanales de la Reserva utilizando dos métodos: el mapeo colectivo y grupos focales con hombres y mujeres. La información del mapeo participativo sirvió también para documentar impactos ecológicos.
- 3) Revisión de desembarques. Se visitó una vez al mes los embarcaderos principales del área. Esta revisión se realizó para registrar impactos socioeconómicos en la pesca artesanal.

Finalmente, como actividad complementaria se realizó una encuesta digital sobre aspectos de manejo de especies no nativas a personas asociadas al acuarismo o que tienen empresas relacionadas con esta actividad. Acuaristas son aquellas personas que tienen como hobby la elaboración de acuarios dulceacuícolas o marinos para exhibición. Las empresas de acuarios son aquellas que se dedican a vender implementos y peces de acuarios.

10.3. Recolección de información

10.3.1 Impactos ecológicos

- 1) La recolección de información de la literatura científica en relación a los impactos ecológicos se realizó en una hoja de cálculo y la información de los reportes de avistamientos fue ingresada en una base espacial para construir un shapefile.
- 2) El muestreo biológico se realizó en los meses de agosto a octubre en 12 puntos de la Reserva (ver Figura 5). En cada mes se muestrearon 4 hábitats: canal con manglar, canal con tular-carrizal, laguna con manglar y laguna con tular-carrizal (Anexo 1 Fotografías). Los muestreos se realizaron por 6 horas entre las 14:00 y 22:00 horas. En cada sitio de muestreo se delimitó un transecto lineal de 500 metros con tres réplicas. En cada réplica se colocó un trasmallo de 50 metros de longitud (luz de malla de 4 pulgadas) y se dejó en remojo durante 6 horas (Figura 4). En cada réplica se realizaron 10 lances de atarraya.

Los ejemplares colectados se separaron en canastos y cubetas, y se tomaron notas sobre la presencia/ausencia de las especies, abundancia, talla, peso, fecha de colecta, lugar de muestreo, tipo de hábitat y técnica de colecta. Las medidas biométricas de largo y peso de los ejemplares se obtuvieron midiendo y pesando cada ejemplar con un ictiómetro y una balanza semi-analítica (Anexo 2).

- 3) La caracterización de hábitat se realizó en cada réplica previo a la colocación de las redes de pesca y se tomaron medidas de la vegetación de ribera y flotante. Para la vegetación flotante, se midió la cobertura utilizando una parcela de PVC de 1m^2 al azar y con un total de 3 ocasiones en cada réplica (Anexo 3).

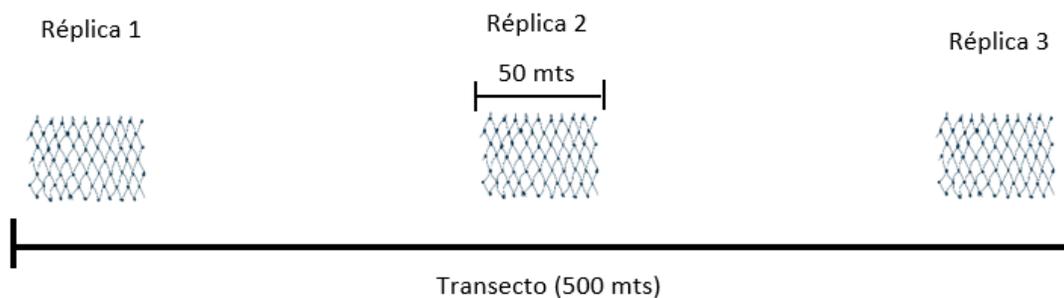


Figura 4. Diseño experimental del estudio

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

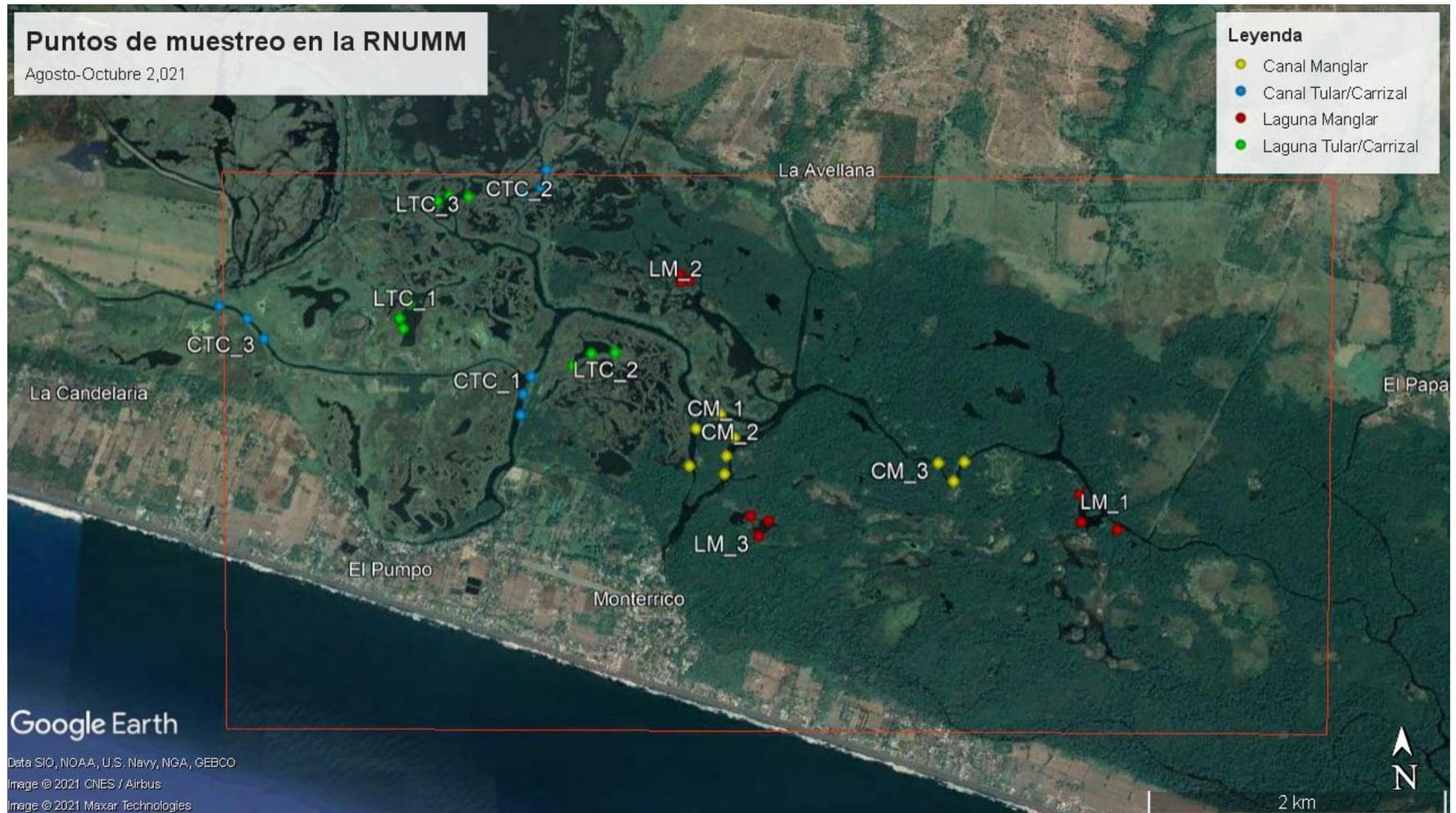


Figura 5. Mapa de los puntos de muestreo en zonas de manglar y tular/carrizal, en el canal y lagunas de la RNUMM.

10.3.2 Impactos socio-económicos

1. La recolección de información de la literatura de impactos socioeconómicos se realizó de la misma manera que los impactos ecológicos. La información se sistematizó en tablas.
2. Las actividades participativas se llevaron a cabo en cuatro reuniones con pescadores de diferentes aldeas de la Reserva. La primera reunión consistió en realizar un mapeo participativo con el objeto de representar espacialmente los conocimientos colectivos relacionados a la presencia del pez diablo (Anexo 4). La información del mapeo se recolectó en mapas y fue posteriormente sistematizada en forma de narrativas. Las demás reuniones consistieron en 3 grupos focales con pescadores artesanales de la Reserva. En cada reunión se discutió colectivamente sobre los impactos sociales y económicos producidos por la presencia del pez diablo en la pesca, a partir de varias preguntas guía (Anexo 5). La participación de mujeres pescadoras en la última reunión fue de gran importancia, ya que muchas además de encargarse de la vida familiar, contribuyen a la economía familiar.
3. Los datos provenientes de desembarques se obtuvieron mediante el registro de las capturas de la pesca artesanal en diferentes embarcaderos de la Reserva: Monterrico, El Pumpo, La Avellana, Agua Dulce y Las Quechas. Se recopiló 3 tipos de información: 1) datos del esfuerzo pesquero (captura total, captura por unidad de esfuerzo (CPUE), horas de actividad, cantidad de artes utilizadas, medidas de las artes de pesca utilizadas), 2) datos socioeconómicos (precios de venta), y 3) datos biológicos (longitud total y peso total de cada organismo capturado). Esto se realizó con ayuda de los guardarrecursos de la RNUMM.

10.4. Técnicas e instrumentos

10.4.1 Impactos ecológicos en hábitats y biodiversidad

- 1) La *revisión bibliográfica* fue la primera técnica para identificar y entender los potenciales impactos ecológicos de la presencia del pez diablo a partir de la literatura. Aquí se incluyó la consulta de información oficial sobre el estatus de los peces plecos en el país. Se realizó un *análisis de contenido* derivado de las actividades participativas en donde las respuestas relacionadas a temas ecológicos fueron separadas de las relacionadas a temas socioeconómicos.
- 2) El muestreo de peces se realizó con dos técnicas: *colecta con trasmallo* y *atarraya* y la caracterización se realizó mediante la medición de *parámetros fisicoquímicos* y *de hábitat* (profundidad, longitud del caudal, altura de la vegetación riparia, tipo de vegetación riparia; tipo de vegetación flotante, cobertura de vegetación flotante, pH, resistividad, sólidos totales disueltos, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto) para entender cómo se relacionan éstos con la presencia de las especies de peces y del pez diablo. Los parámetros fisicoquímicos del se midieron mediante una sonda multiparamétrica marca Hanna HI98194, tomando los datos en tres profundidades en cada réplica (Ver Figura 6). Adicionalmente se realizaron observaciones no sistemáticas de los sitios para encontrar evidencia de los impactos ecológicos reportados en la literatura científica.
- 3) Información no sistemática: se realizaron visitas de campo a sitios de influencia de la Reserva. Uno de los sitios visitados es llamado los quineles La Zona, en la aldea El Garitón, ubicado en la parte noroeste fuera de la Reserva ($13^{\circ}55'47.86''N$, $90^{\circ}35'55.43''O$).



Figura 6. Sonda multiparamétrica utilizada para muestreo fisicoquímico del agua.

10.4.2 Impactos socioeconómicos sobre la pesca artesanal

- 1) *La revisión bibliográfica* también fue utilizada como técnica para identificar y entender los potenciales impactos socioeconómicos de la presencia del pez diablo a partir de literatura científica y literatura gris.
- 2) El *mapeo participativo* es un proceso de creación, que sobre un soporte gráfico y visual se visibilizan las problemáticas, en este caso asociados a la presencia del pez diablo (Risler y Ares, 2013). El mapeo se realizó con pescadores de la Reserva y se identificaron aspectos ecológicos clave sobre el pez diablo y de la RNUMM, y los problemas derivados de la presencia del pez diablo, su impacto en la pesca y medios de vida.

Otra técnica utilizada fue la de *grupos focales*, en donde intervienen grupos de personas que han compartido una experiencia en particular (la pesca y el problema del pez diablo) y cómo se construyen los saberes mediante la interacción entre los participantes (Bryman, 2016). A través de este método se pudo interpretar la percepción de los pescadores ante la situación del pez diablo y su impacto en la pesca, además de poner en valor el saber local el cual es una importante fuente de información para subsecuentes intentos de manejo del área.

Los grupos focales fueron seleccionados en base a los grupos de pescadores que aceptaron participar. El número de individuos se trató de establecer en un máximo de 8 personas (Barbour, 2007), pero la situación de la pandemia evitó en algunas ocasiones tener este número en las reuniones. Siempre se mantuvieron los requerimientos de cubrebocas, distancia física e higiene recomendadas por la USAC debido a la pandemia de COVID-19.

Las preguntas generadoras de la discusión fueron generales a modo de intervenir muy poco y evitar la dirección de la conversación (Bryman, 2016). Las conversaciones fueron grabadas en la medida de lo posible y contando con el consentimiento de los participantes. Estos resultados se presentan en forma narrativa y en categorías. Durante el desarrollo de este método se tomaron en cuenta los dilemas éticos que pudieron surgir: consentimiento, anonimidad y confidencialidad; a modo de tener herramientas para minimizarlos, tal y como sugiere Sim y Waterfield (2019).

- 3) La *revisión de desembarques* se llevó a cabo durante los meses de junio a noviembre, durante 3 días en cada mes, por la mañana y de manera aleatoria. Se utilizó como instrumento una boleta de levantamiento de información de desembarques de la pesca estuarina establecida en monitoreos organizados por USAID (2020).

Como técnica complementaria y alternativa se elaboró una encuesta electrónica en Google Forms (Rocco & Oliari, 2007) para conocer sobre información que se sabe sobre el pez diablo y la percepción que se tiene acerca del manejo de dicho pez en el país. Así mismo, se consultó información oficial disponible al Consejo Nacional de Áreas Protegidas para obtener información sobre su situación legal como especie no nativa en el país.

10.5. Procesamiento y análisis de la información

10.5.1 Información biológica y ecológica

La información de caracterización de hábitat y colecta de especies fue registrada en hojas de cálculo para su posterior análisis en el software R (R Core Team, 2021).

Se realizó un análisis de especies indicadoras utilizando la función `multi patt` del paquete `indicspecies` (De Cáceres, 2020), para determinar si alguna de las especies colectadas era indicadora de los sitios muestreados y de la comunidad. El análisis se basa en la abundancia (especificidad) y la frecuencia (fidelidad) de las especies en los sitios muestreados. El valor indicador va de 0 a 1, siendo 1 el indicador perfecto para la especie. La significancia del valor indicador se obtuvo a partir de la diferencia entre los valores observados y esperados obtenidos con 999 permutaciones al azar. Así mismo, se calculó la diversidad alfa independiente para cada tipo de hábitat (riqueza de especies), estimado con el índice de Shannon (Jost, 2006).

Para identificar qué especies y tipos de hábitat estaban asociados a la presencia/ausencia de *Pterygoplichthys* spp se realizó un análisis de redundancia (RDA) (van den Wollenberg, 1977), transformando la abundancia de especies con la función `decostand` del paquete `Vegan` a través del método `hellinger`.

Se exploró la relación entre las variables ambientales y especies colectadas a través de un escalamiento multidimensional no métrico -NMDS- (Kruskal, 1964) utilizando la distancia de Bray Curtis, descartando las variables con alta correlación (>0.7) y utilizando aquellas variables con mayor significancia ecológica (i.e. O₂, pH, profundidad, resistividad o conductividad).

El análisis se realizó con la función `metaMDS` y la función `envifit` (analiza la máxima correlación entre los puntos de los vectores y las variables ambientales) del paquete `Vegan`. La significancia de las variables ambientales que presentaron la misma varianza se examinó utilizando un análisis PERMANOVA, con 999 permutaciones, usando la función `adonis` de `Vegan`.

La información de caracterización del hábitat fue utilizada para realizar una descripción de los ambientes donde fueron colectados las distintas especies de peces (Anexo 6). Se representó utilizando estadística descriptiva. La información recopilada de los registros de pez diablo en Mesoamérica fue vertida en un archivo espacial tipo shapefile para elaborar un mapa utilizando el software ArcMap (ESRI, 2011).

10.5.2 Información socioeconómica

La información recopilada en la literatura y por el mapeo participativo y los grupos focales se construyó mediante narrativas a partir del análisis de contenido y se sistematizó en tablas y cuadros.

A partir de los datos de desembarques de pesca artesanal, durante 18 días por la mañana en el período reportado (junio - noviembre 2021) se estimó el ingreso económico total de la siguiente manera:

1. Biomasa total: Total de kg de siete especies de importancia comercial para los 18 días de revisión de desembarques.
2. Con el valor por libra de las siete las especies de importancia comercial se estimó aproximadamente el ingreso total para los 18 días monitoreados

Los datos de desembarques y encuestas se procesaron con estadística descriptiva utilizando el software R (Anexo 7).

11. Resultados y Discusión

11.1 Resultados

11.1.1 Registros históricos de la presencia de peces diablo en Centroamérica

De acuerdo a los registros de avistamiento o colecta de peces diablo encontrados en la literatura científica, técnica y periodística, los peces diablo, del género *Pterygoplichthys*, han sido reportados en la región Centroamericana desde el 2009 (Cuadro 1). En Guatemala, las especies reportadas son *Pterygoplichthys disjunctivus* y *P. pardalis*, desde 2000 (DIPESCA, 2010) y los sitios de su registro se pueden observar en la Figura 7. (Ver Anexo 8 para tabla completa).

Cuadro 1. Registros de peces diablo en Centroamérica

Año	Lugar	País	Fuente
2009	Lago Cocibolca, isla Ometepe	Nicaragua	https://www.laprensa.com.ni/2009/06/02/departamentales/1363009-pezo-diablo-en-granada
2012	Sylvester	Belize	Schmitter-Soto et al. 2014
2012	Río Bravo alto	Belize	Schmitter-Soto et al. 2014
2013	Blue creek	Belize	Schmitter-Soto et al. 2014
2014	Río Hondo	Belize	Schmitter-Soto et al. 2014
2016	Lago Coatepeque	El Salvador	https://historico.elsalvador.com/historico/211142/pobladores-encontraron-al-diablo-en-el-lago-de-coatepeque.html
2016	Lago Cocibolca	Nicaragua	Matamoros, et al., 2016
2018	Lago Yojoa	Honduras	http://www.radioamerica.hn/diablo-ha-sembrado-terror-lago-yojoa/
2020	Laguna Cuzcachapa	El Salvador	https://diarioelsalvador.com/este-es-el-pezo-diablo-la-especie-que-aparecio-en-el-lago-cuzcachapa-en-santa-ana/26482/
2020	Laguna Jucutuma	Honduras	Lardizábal et. al., 2020

11.1.2 Impactos ecológicos sobre los hábitats y la biodiversidad

La revisión de literatura permitió identificar que los impactos ecológicos ocasionados por el pez diablo se relacionan al desplazamiento o disminución de especies nativas y la erosión de riberas de cuerpos de agua (Cuadro 2). Los reportes se registran principalmente en Norteamérica y Asia (Anexo 9).

a. Conocimientos ecológicos locales

Las percepciones colectivas de pescadores y pescadoras de la Reserva sobre los impactos ecológicos a causa de la presencia del pez diablo también se relacionan con el desplazamiento de especies nativas (Cuadro 2). Los pescadores y pescadoras afirmaron que la captura de especies comerciales como la mojarra, bagre y robalo ha disminuido en los últimos años a partir de la presencia del pez diablo en la reserva y en áreas externas. Así mismo, reconocieron que algunas de las causas de la disminución de especies se debe a la ingesta de larvas por parte del pez diablo, a su comportamiento agresivo con otras especies y el desplazamiento en agregaciones.

Uno de los impactos del pez diablo reconocidos por los pescadores es la modificación de la ribera de los quineles, debido a la construcción de numerosas cavidades para su anidamiento. Los quineles son estructuras lineares y artificiales que conducen agua y se ubican en áreas externas de la reserva. Sin embargo, no conocen hasta qué grado puede afectar la estructura de la ribera. Otro impacto negativo que los pescadores afirman, es que el pez diablo “ensucia” el agua en donde se encuentran y debido a que no se aprovechan estos peces, se desechan en sitios específicos a las orillas de los cuerpos de agua provocando “focos de contaminación” por la putrefacción de los cuerpos.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Cuadro 2. Impactos ecológicos causados por el pez diablo, reportados en la literatura y por pescadores de la RNUMM.

Descripción de Impactos	Causas del Impacto	Reportado en Literatura	Percepción pescadores en Monterrico	Evidencia encontrada en este estudio
1. Cambios en la estructura trófica por desplazamiento de especies nativas	Ingestión incidental de larvas, competencia por alimento y espacio	X	X	
2. Destrucción de sitios de anidamiento y alimentación de otras especies	Consumo y destrucción de vegetación acuática	X	X	
3. Daño físico y/o muerte a otras especies (aves predatoras como el pelícano)	Comportamiento agresivo y muerte por asfixia en aves que lo ingieren debido a las espinas de sus aletas	X		
4. Afecta el comportamiento de otras especies	Ocasiona heridas en la piel del manatí <i>Trichechus manatus manatus</i> al tratar de alimentarse de las algas, debido a su agregación y agresividad	X	X*	
5. Inestabilidad de los sedimentos en las riberas (erosión y sedimentación)	Construcción de numerosas cavidades para su anidamiento debido a la alta densidad de individuos	X		X
6. Aumento de la turbidez del agua	Construcción de cavidades que generan suspensión de partículas y alimentación en el que remueve sedimentos	X	X	X

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

7. Alteración del ciclo biogeoquímico local	Alimentación en el fondo del cuerpo de agua que remueve sedimentos	X		
8. Alteración de la cantidad y calidad de los nutrientes y recursos alimenticios en los cuerpos de agua	Reducción de la materia orgánica en el bentos debido a sus hábitos alimenticios, aumento de la biomasa de algas debido a los nutrientes que liberan por las excretas.	X	X	
9. Filtraciones de agua de humedales	Excavaciones en zonas periféricas de los humedales para su anidamiento	X		
10. Aumento de especies tóxicas para otras especies	Cambios en la composición de comunidades de algas	X		
11. Transmisión de enfermedades a especies nativas	Vector de parásitos no nativos	X		
12. Contaminación del aire	Putrefacción de cuerpos de peces diablo al ser desechados por los pescadores	X	X	X
13. Pesca fantasma	Abandono de redes de pesca porque los peces diablo las arruinan		X	

Fuente: DIGI AP20-2021. Ver Anexo 9 para fuentes de literatura.

*Los pescadores afirmaron que el pez diablo afecta el comportamiento y la dispersión de otras especies de peces, debido a su agresividad y a que se encuentran en agregaciones llamadas “manchas”.

Las pescadoras mencionaron la pesca fantasma como un impacto ecológico negativo que no se registró en la literatura revisada. Según las pescadoras, esto ocurre debido a la pérdida de los trasmallos que al capturar alta abundancia de pez diablo, son desechados por los pescadores al no tener tiempo de recogerlos.

Otra percepción mencionada por las pescadoras es que el pez diablo es carnívoro. Una de ellas mencionó una experiencia de alguien más, quien tenía un pez diablo y que se comió a los demás peces de la pecera. Ellas afirman que esto puede ser la causa por la que han observado una disminución de la mojarra, cuya abundancia ha disminuido. En relación a la abundancia de peces diablo, las pescadoras mencionaron que la mayor abundancia ocurre en la finca Puente Grande al lado Este de la zona de amortiguamiento de la reserva.

b. Caracterización de hábitat

Durante los muestreos efectuados en la época lluviosa en la RNUMM se observaron que los parámetros fisicoquímicos de pH, sólidos totales disueltos (TDS), resistividad y salinidad presentaron mayor variación en el tipo de hábitat de LM. Respecto a la temperatura, las áreas de LM presentaron menor variación en comparación con los otros tipos de hábitat, siendo las áreas de CTC y LTC las que presentaron mayor variación. El pH, salinidad y TDS mostraron cierta homogeneidad en los hábitats CM, CTC y LTC. El oxígeno disuelto presentó valores variables con excepción del hábitat LM (Figura 8).

En relación a la cobertura vegetal y vegetación acuática, se observa que la mayor profundidad de la columna de agua se registró en el tipo de hábitat CTC seguido por CM, así mismo el tipo de hábitat LTC presentó la mayor variabilidad (Figura 9). El mayor porcentaje de mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) y blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) CF Gaertn) estuvo registrado en LM y CM, en donde se observa que las lagunas con manglar (LM) presentaron áreas con hasta el 100% de cobertura

de manglar rojo y un 80% de manglar blanco, así mismo, se observaron asociaciones con tular carrizal (*Thypha sp.* y *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), en donde presentaron hasta un 10% de cobertura. Por otro lado, el canal con manglar registró hasta un 90% de mangle blanco y rojo y únicamente dos puntos atípicos con asociaciones con tular-carrizal registrando 30-40% de cobertura respectivamente. Respecto a la altura de vegetación riparia, se registraron mayores valores en LM y CM con una media de 11 metros y 10 metros de altura respectivamente. En cuanto al porcentaje de vegetación flotante se registró en el tipo de hábitat CTC y LTC, esta vegetación estuvo representada por las especies (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms; *Eichhornia heterosperma* Alexander; *Najas guadalupensis* (spreng.) Monong, Mem.; *Neptunia prostrata* Baill; *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC.; *Paspalidium germinatum* (Forssk) Stapf; *Pistia stratiotes* L.; *Salvinia minima* Baker, *Salvinia auriculata* Aubl., *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle; *Utricularia foliosa* L.

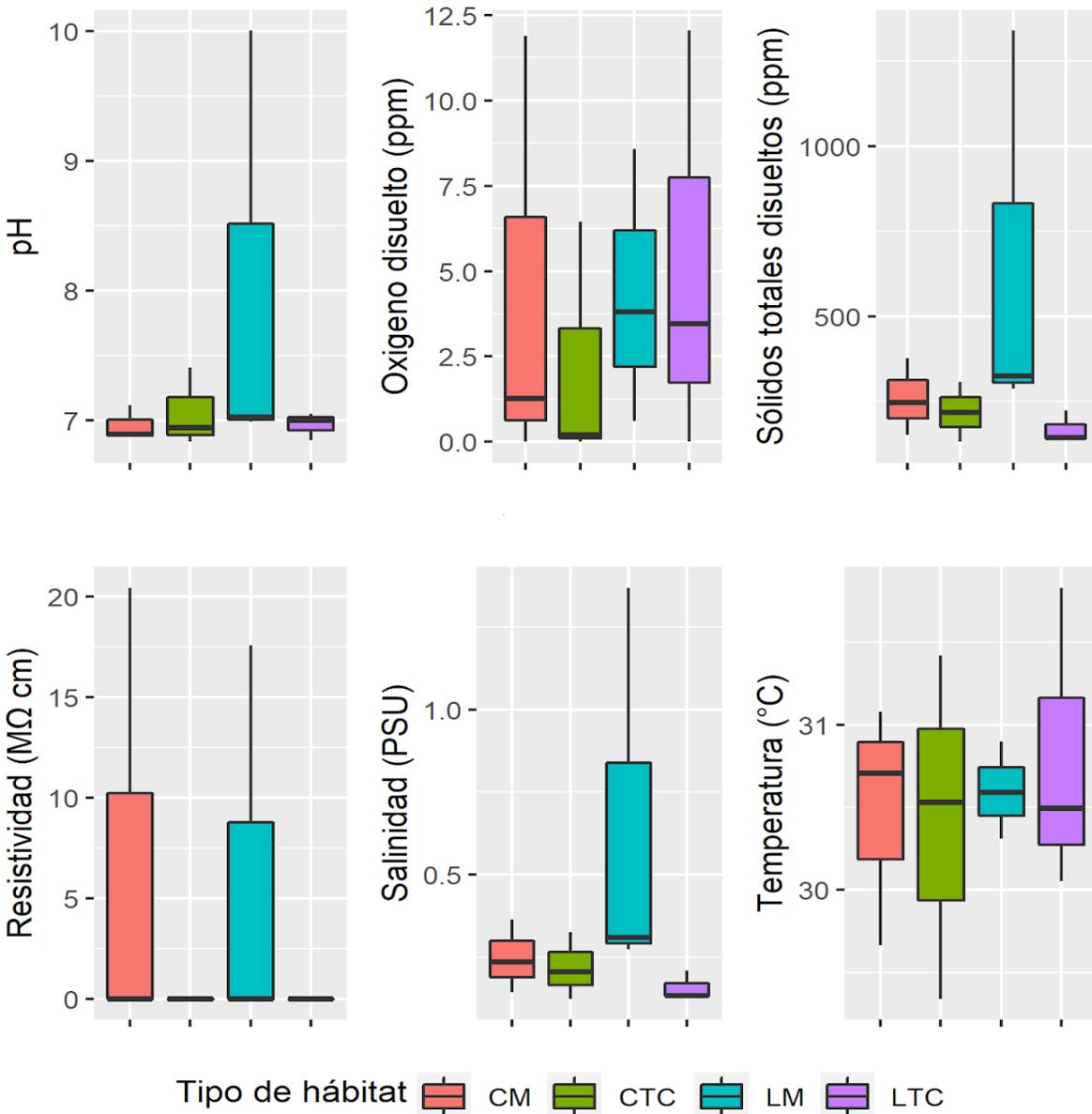


Figura 8. Distribución de parámetros físicoquímicos en los diferentes tipos de hábitat en el canal de Chiquimulilla dentro de la RNUMM durante la época lluviosa de 2021, incluyendo 9 sitios de muestreo por hábitat.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

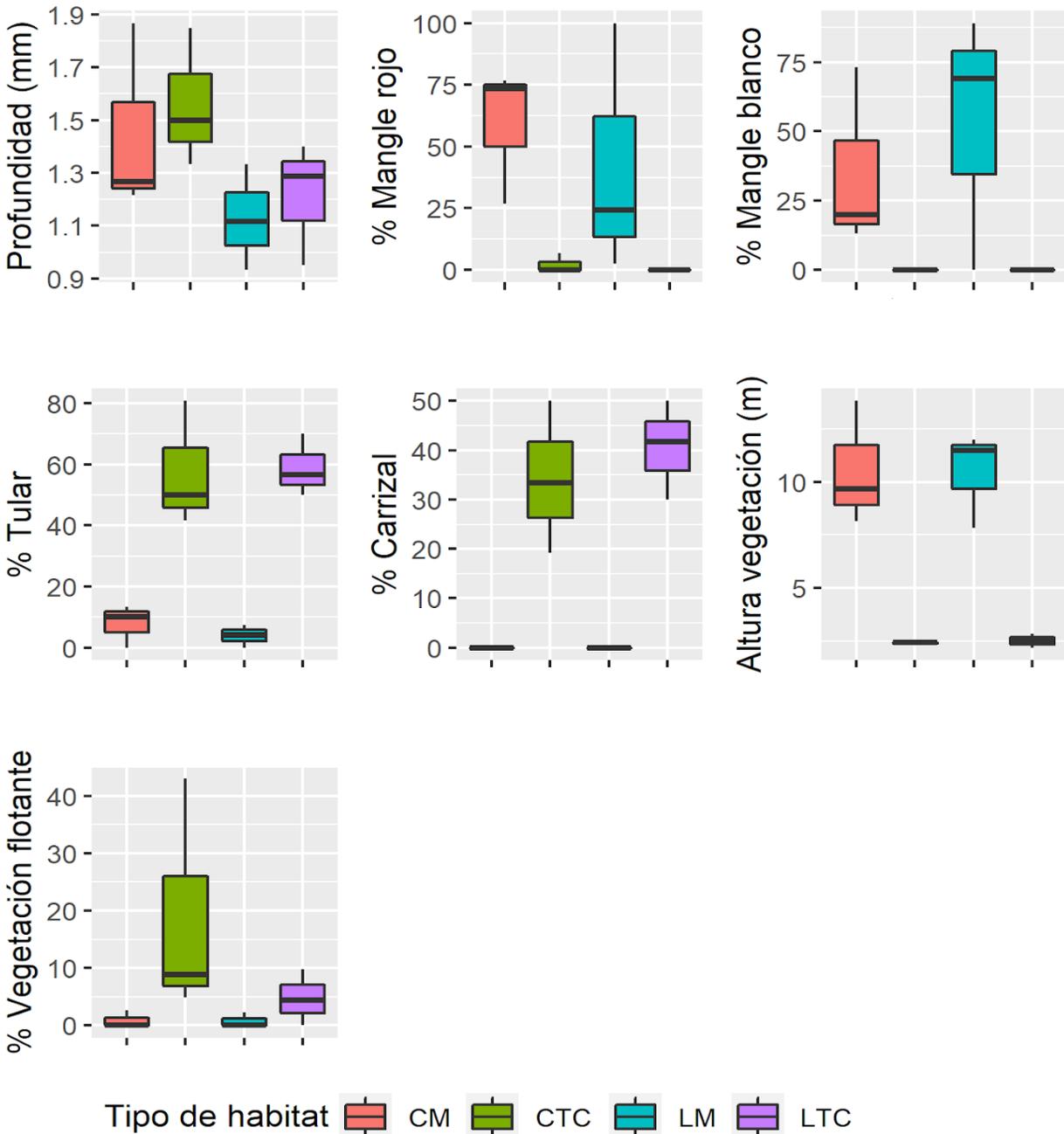


Figura 9. Caracterización de cobertura vegetal y vegetación de los hábitats en el canal de Chiquimulilla dentro de la RNUMM durante la época lluviosa de 2021, incluyendo 9 sitios por muestreo de hábitat.

c. Caracterización de ensamblaje de especies acuáticas

Se capturaron en total 15 especies en los diferentes tipos de hábitat en la RNUMM. De éstas se capturaron del Phylum Peces: 12 especies; y del Phylum Crustacea: 3 especies. En general las capturas pertenecen a 2 clases, 8 órdenes, 11 familias y 13 géneros (Cuadro 3). Todos los peces son de la clase Actinopterygii y de los órdenes Perciformes (4 especies) y Gobiiformes (4 especies), Siluriformes (2 especies), Mugiliformes (1 especie), Lepisosteiformes (1 especie). El orden Gobiiformes presentó mayor abundancia representado por el 87% (628 organismos) de la captura total. La familia más abundante dentro de este orden fue Eleotridae con el 27% y, dentro de esta familia, la especie *Dormitator latifrons* fue la más abundante con el 85.31% (610 organismos) de la captura total.

El segundo orden con mayor abundancia estuvo representado por Siluriformes (4.75%), representado por dos familias, Aridae y Loricariidae. Dentro de la familia Loricariidae, el género *Pterygoplichthys* spp (pez diablo) fue el segundo más abundante con 2.51% de las capturas equivalente a 18 organismos (ver Anexo 9). El orden que presentó menor abundancia fue Lepisosteiformes, representado por una familia y una especie: *Atractosteus tropicus* la cual representó el 0.41% (3 organismos) de la captura total.

Los crustáceos estuvieron representados por el Orden Decapoda, incluyendo las familias Penaeidae, Palaemonidae y Malacostraca y tres especies, siendo la especie más abundante *Callinectes toxotes* (4 organismos).

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Cuadro 3. *Especies acuáticas colectadas durante la época lluviosa en la RNUMM.*

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia numérica
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	Pululo	610
	Eleotridae	<i>Eleotris picta</i> Kner, 1863	Vieja	14
Perciformes	Eleotridae	<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther, 1859)	Guabina	3
	Oxudercidae	<i>Gobionellus microdon</i> (Gilbert, 1892)	Lucerna	1
	Centropomidae	<i>Centropomus spp</i>	Robalete	10
	Centropomidae	<i>Centropomus robalito</i> Jordan & Gilbert, 1882	Aleta	4
	Cichlidae	<i>Amphilophus trimaculatus</i> (Günther, 1867)	Mojarra colorada	13
	Cichlidae	<i>Astatheros macracanthus</i> (Günther, 1864)	Mojarra negra	6
	Siluriformes	Aridae	<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Günther, 1864)	Bagre
Loricariidae		<i>Pterygoplichthys spp</i>	Pez diablo	18
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus 1758	Lisa	7
Lepisosteiformes	Lepisosteidae	<i>Atractosteus tropicus</i> Gill, 1863	Machorra	3
Decapoda	Penaeidae	<i>Penaeus vannamei</i> (Boone, 1931)	Camarón blanco	4
	Palaemonidae	<i>Macrobrachium tenellum</i> (Smith, 1871)	Camarón sholón	3
Portunidae	Malacostraca	<i>Callinectes toxotes</i> Ordway, 1863	Jaiba negra	4

La curva de acumulación de especies obtenida para la época lluviosa en la RNUMM, como medida del esfuerzo de muestreo, arrojó una eficiencia del 98.00% según el estimador no paramétrico Chao (Figura 10).

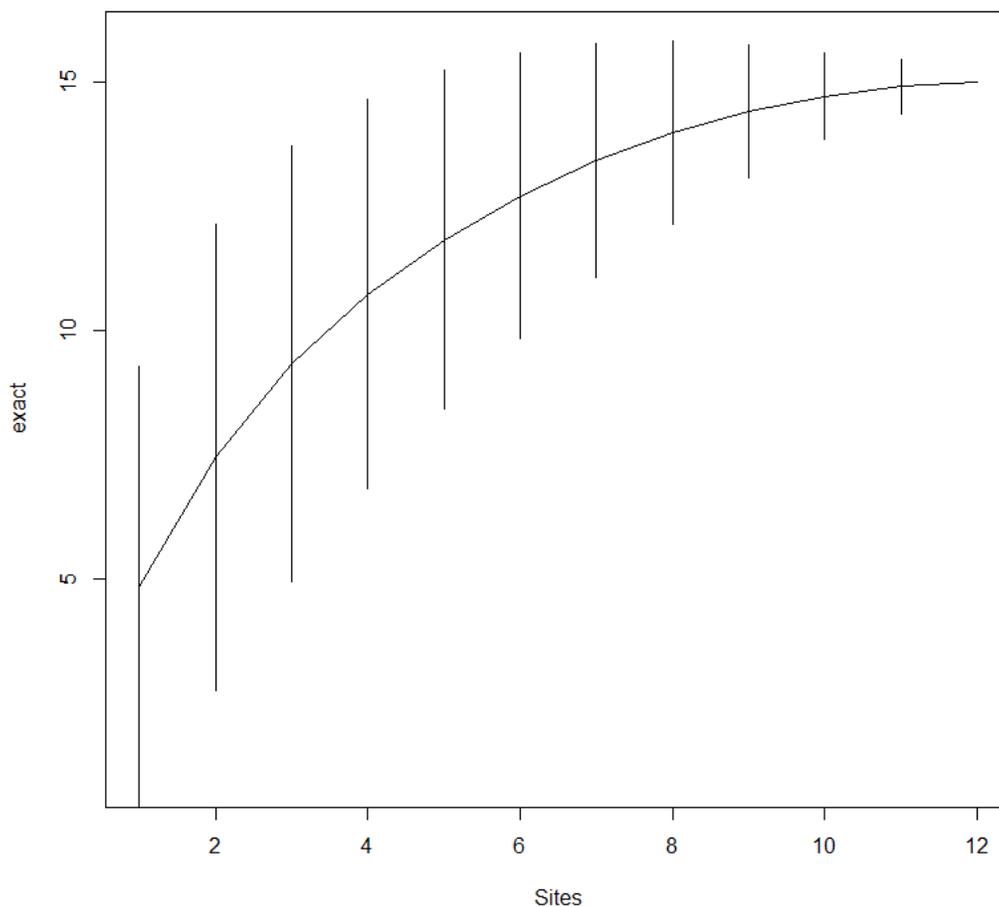


Figura 10. Curva de acumulación de especies observada (riqueza observada) durante la época lluviosa en la RNUMM en el año 2021.

En cuanto a la diversidad alfa de los tipos de hábitat, CM registró la mayor diversidad (12 especies), seguido por CTC (9 especies). En tercer lugar, se encontró el hábitat de LTC, con la mayor variación y LM presentó la menor diversidad (7 especies) (Figura 11). En relación a la abundancia por tipo de hábitat se observa que LTC registró la mayor abundancia con 270 organismos, en donde la especie *Dormitator latifrons* fue la más abundante con el 92% (172 organismos). LM registró la siguiente mayor abundancia con 184 organismos de los cuales la especie *D. latifrons* con el 80.97% (149 organismos) fue la más abundante. El tercer lugar lo ocupó CTC con 154 organismos y *D. latifrons* la especie más abundante con el 83.76% (129 organismos). Por último, CM registró la menor abundancia con 107 organismos representado por la especie *D. latifrons* con el 61.68% (66, en segundo lugar, el pez diablo *Pterygoplichthys* spp con el 10.28% (11 organismos) y en tercer lugar *Ariopsis guatemalensis* con el 6.54% (7 organismos) (Figuras 12-13).

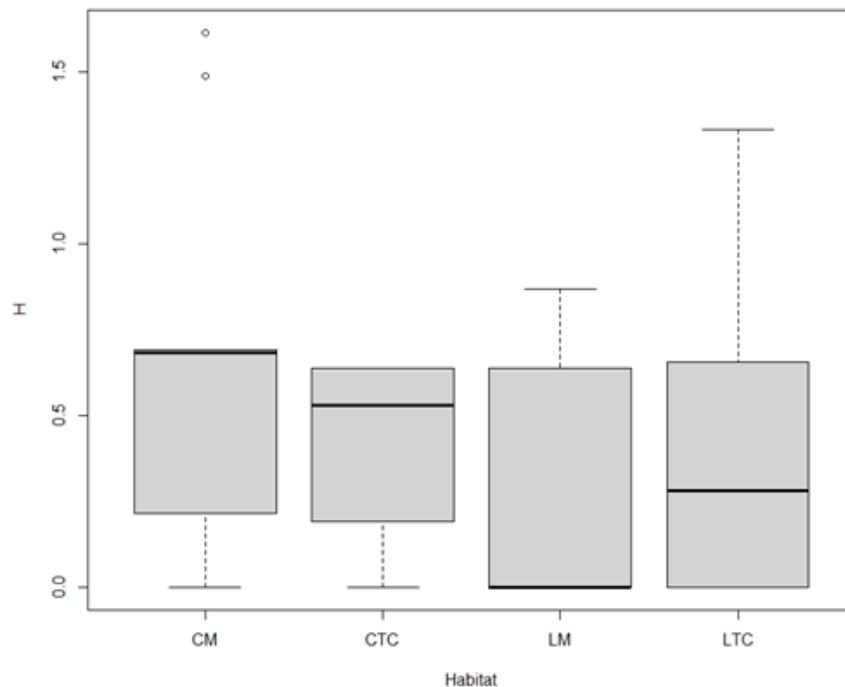


Figura 11. Diversidad alfa de los tipos de hábitat muestreados durante la época lluviosa en la RNUMM en el año 2021.

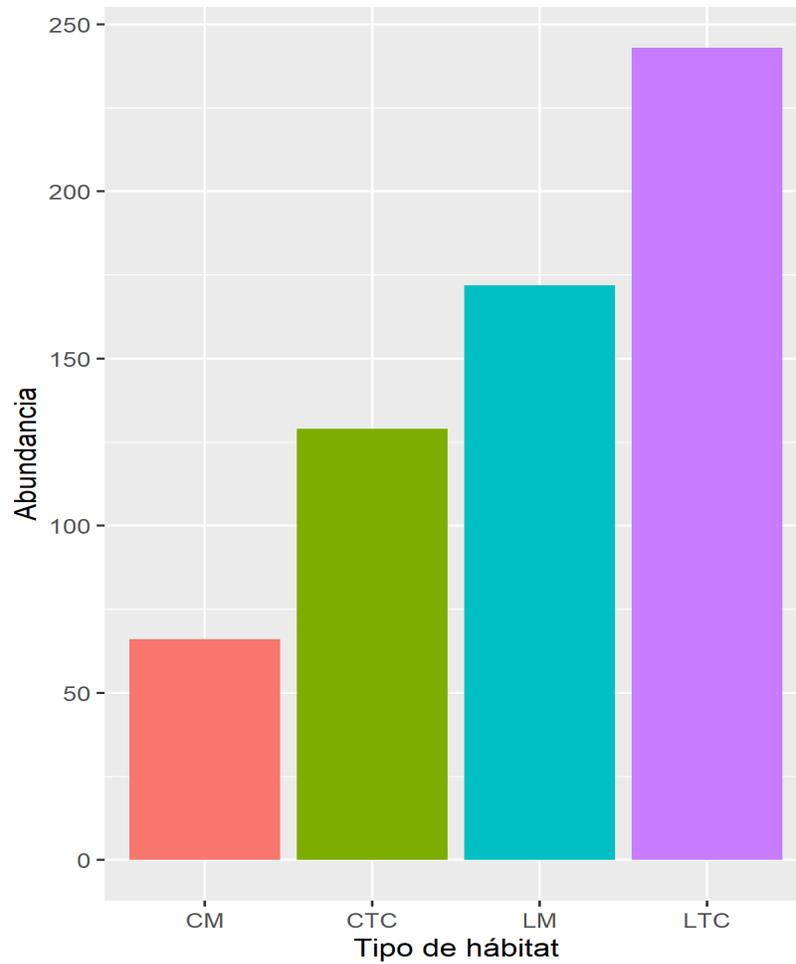


Figura 12. Abundancia total de especies de registrada durante la época lluviosa en a RNUMM en el año 2021.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

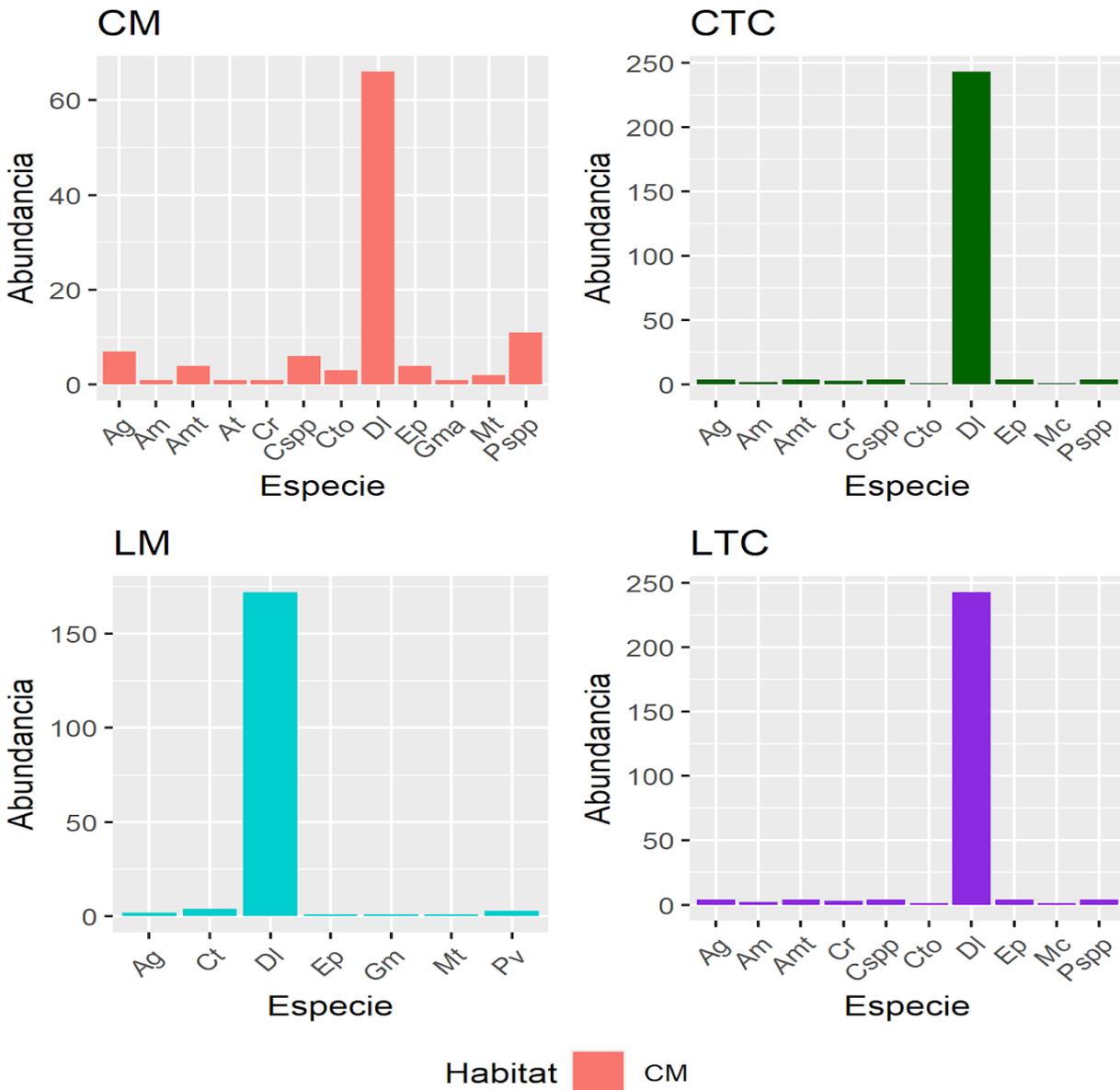


Figura 13. Abundancia total de especies por hábitat registrada durante la época lluviosa en la RNUMM en el año 2021. Clave: Ag = *Ariopsis guatemalensis*, Am = *Astatheros macracanthus*, At = *Atractosteus tropicus*, Amt= *Amphilophus trimaculatus*, Cr = *Centropomus robalito*, Cspp = *Centropomus spp.*, Cto = *Callinectes toxotes*, Dl = *Dormitator latifrons*, Ep = *Eleotris picta*, Gma = *Gobiomorus maculatus*, Gm = *Gobionellus microdon*, Mt = *Macrobrachium tenellum*, Mc = *Mugil cephalus*, P spp = *Pterygoplichthys spp.*, Pv = *Penaeus vannamei*.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

d. Relación hábitat, especies y pez diablo

De las 12 especies capturadas con trasmallo, las especies *Pterygoplichthys spp.* y *D. latifrons* presentan los valores indicadores más altos y únicamente *Pterygoplichthys spp.* presenta un valor indicador significativo (Valor Indicador= 0.68, P-value=0.03, especificidad=0.83, fidelidad=0.55) para la combinación de los hábitats CM y LTC (Cuadro 4).

Cuadro 4. *Análisis de especies indicadoras capturadas con trasmallo.*

Especie	CM	CTC	LM	LTC	Valor Indicador
<i>Dormitator latifrons</i>	1	1	1	1	0.89
<i>Centropomus spp</i>	1	0	0	1	0.47
<i>Eleotris picta</i>	1	1	0	1	0.49
<i>Pterygoplichthys spp</i>	1	0	0	1	0.68
<i>Amphilophus trimaculatus</i>	1	0	1	1	0.52
<i>Gobiomorus maculatus</i>	1	1	0	0	0.40
<i>Callinectes toxotes</i>	1	0	0	1	0.40
<i>Ariopsis guatemalensis</i>	1	1	1	1	0.47
<i>Centropomus robalito</i>	1	0	0	1	0.40
<i>Astatheros macracanthus</i>	0	1	0	1	0.33
<i>Mugil cephalus</i>	0	1	0	1	0.33
<i>Atractosteus tropicus</i>	1	1	0	0	0.33

El modelo del análisis de redundancia (RDA) en el que la presencia-ausencia del pez diablo *Pterygoplichthys* spp es la variable explicativa es significativa en el componente RDA1 ($F=2.4113$, $p=0.039$), explicando el 8% de la variación del modelo. En la Figura 14 puede observarse que la presencia del pez diablo tiene una correlación positiva con varios de los sitios de muestreo ubicados en los hábitats CM y LTC. La mayoría de especies nativas están fuertemente asociadas entre sí, excepto por especies como *A. trimaculatus* y *D. latifrons*.

Efecto presencia/ausencia *Pterygoplichthys* spp

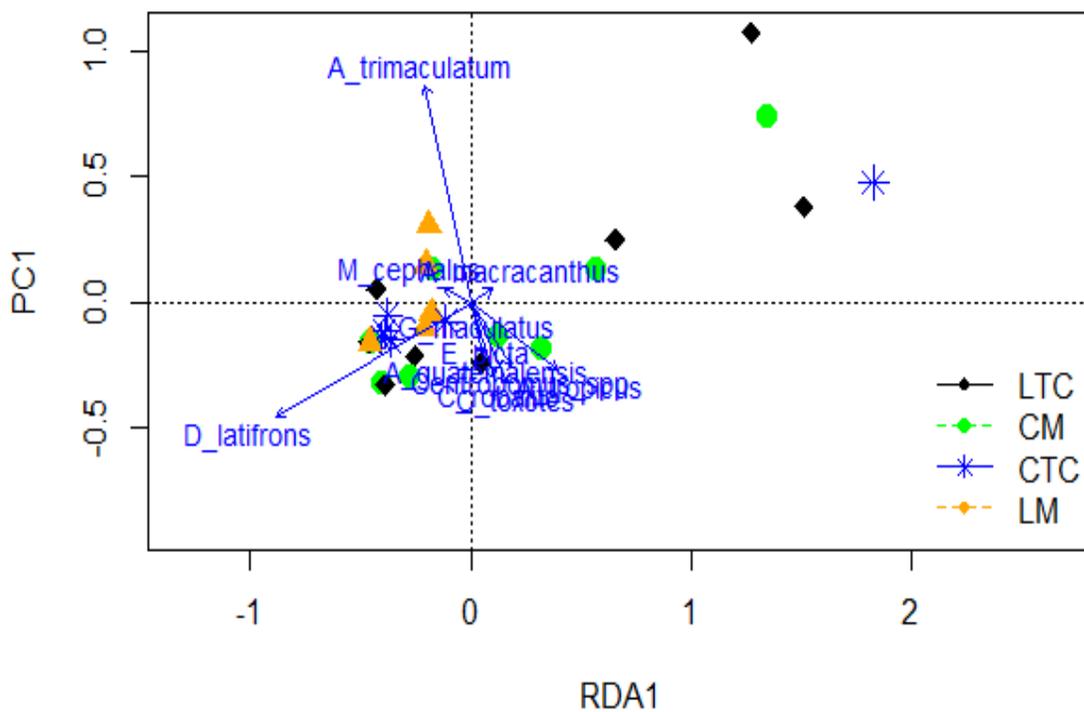


Figura 14. Biplot del Análisis de Redundancia para el ensamblaje de peces según su abundancia. La variable explicativa corresponde a la presencia y ausencia de *Pterygoplichthys* spp. Los puntos del gráfico representan los sitios de muestreo.

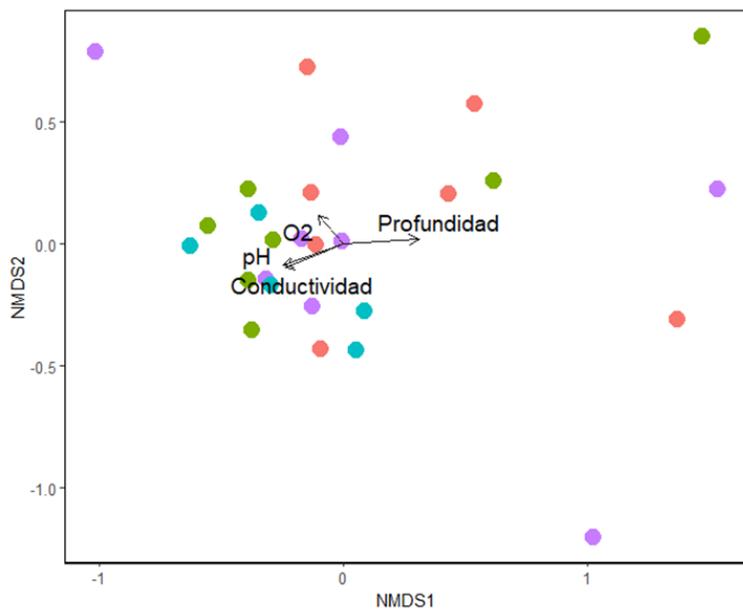
Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

El análisis multidimensional no-métrico (NDMS) mostrado en las figuras 15 a y b muestra que *Pterygoplichthys* spp se encuentra posiblemente asociado a la profundidad de los cuerpos de agua, al igual que *A. tropicus* (machorra). La mayoría de las especies se encuentran asociadas al oxígeno. Sin embargo, la comunidad no se encuentra estructurada en función de las variables ambientales, de acuerdo a los valores no significativos de las variables (Cuadro 5).

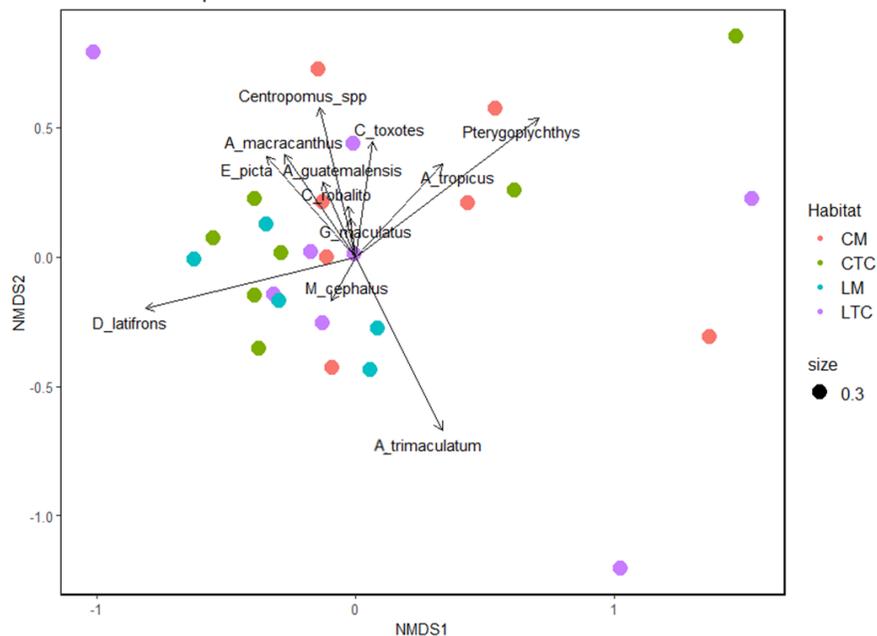
Cuadro 5. *Resultado de Análisis de varianza multivariado permutacional utilizando matrices de distancia* (permutaciones=9999, distancia Bray-Curtis).

Variable	F.Model	R²	p
Profundidad	1.6514	0.05	0.16
pH	1.1549	0.04	0.253
Resistividad	1.5156	0.05	0.19
Oxígeno	0.94678	0.03	0.399



a)

Ordination with species vectors



b)

Figura 15. Análisis de Escalamiento multidimensional no métrico 36 unidades experimentales y 15 especies por tipo de hábitat. a) Las variables ambientales representadas son: O2, oxígeno disuelto, conductividad, profundidad (m) y pH. b) Se presentan las especies por tipo de hábitat.

e. Información no sistemática

Como parte de la información no sistemática producto de esta investigación, se observó que en los quineles se encuentra el sitio de anidación de pez diablo más grande en la reserva. En los meses de junio y noviembre se realizaron visitas al sitio, pero hasta este último mes fue posible observar las cavidades de anidación debido al descenso del nivel del agua (Figura 16).



Figura 16. Evidencia fotográfica de las cavidades creadas por los peces diablo en los quineles La Zona, aldea El Garitón, Guatemala.

Fuente: Proyecto DIGI AP20-2021. Créditos: Emily Pineda

Debido a la extensa longitud de los quineles, se observó un alto número de cavidades, algunas muy cercanas entre sí pero sin ningún patrón específico. Según los pescadores de la aldea El Garitón, la gran abundancia de pez diablo en los quineles los ha obligado a no pescar en esa área, sobre todo en época seca. En lagunas cercanas a los quineles, se pudo observar la elevada captura de pez diablo en trasmallos de pescadores, los cuales enviaron evidencia en formato visual (video) para mostrar el impacto de dicha especie en las actividades pesqueras (Figura 17). Así mismo, un pescador afirmó que las cavidades de anidación son profundas y que es posible observar los huevos del pez.

El otro sitio de anidación de la Reserva, identificado por pescadores, se encuentra en la aldea El Papaturre, ubicada al Este de la Reserva, sin embargo, no fue posible hacer una visita al lugar.



Figura 17. Evidencia visual de la captura abundante de pez diablo por pescadores artesanales en la laguna Rancho Alegre, zona fuera de la RNUMM.

(Video: Román Morales, Pescador de aldea El Garitón)

11.1.3. Impactos socioeconómicos en la pesca artesanal

Los impactos socioeconómicos causados por el pez diablo reportados en la literatura se relacionan a la disminución del ingreso económico derivado de la reducción en los volúmenes de pesca de especies de interés comercial, así como daños a las artes de pesca, entre otros (Cuadro 6). Esto se ha reportado en países como Estados Unidos, México, Guatemala, India, Filipinas y China (Anexo 10).

a. Percepciones locales acerca de impactos socioeconómicos

Los pescadores de la reserva afirmaron que entre los impactos socioeconómicos ocasionados por el pez diablo son: disminución de la captura de especies comerciales, heridas en las manos y pérdida de artes de pesca. Esto genera pérdidas económicas, así como pérdida del tiempo, tanto por el que se deja de utilizar el trasmallo como el invertido en reparar las redes. El grupo de pescadoras reconoció también que el incremento en la captura de pez diablo, al ser no consumible, representa una pérdida económica para todos.

Algunas pescadoras afirmaron que no existen soluciones para contrarrestar este problema, ya que “es muy difícil de resolver” y que “nada se ha hecho ante esta problemática”. Desconocen el volumen total de captura de pez diablo por cada pescador y opinan que se deberían de “eliminar todos los peces diablos que se capturen”. Finalmente, todos los participantes dijeron que estaban dispuestos a aprender y buscar formas de aprovechar este pez para generar un ingreso en la comunidad.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Cuadro 6. *Impactos socioeconómicos causados por el pez diablo, reportados en la literatura y por pescadores de la RNUMM.*

Descripción de Impactos	Causas del Impacto	Reportado en Literatura	Evidencia encontrada en este estudio
1. Disminución del ingreso económico por pesca	Disminución de las especies de pesca comercial por desplazamiento del pez diablo	X	X
2. Incremento en tiempo de pesca	Los pescadores consumen mayor tiempo del planificado al remover al pez diablo de las redes de pesca	X	X
3. Desempleo en pescadores	Disminución en la captura de especies de pesca comercial a causa del pez diablo	X	
4. Migración de personas	Disminución en captura de especies de pesca comercial	X	
5. Salud de la población humana	Pudrición de cuerpos del pez diablo por abandono de pesca y acumulación de metales pesados por consumo de carne de pez diablo	X	X

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

6. Daños a las redes de pesca y aumento de tiempo para repararlas	Las artes de pesca se arruinan por la captura elevada de pez diablo y la armadura del pez diablo al retirarlo de las redes	X	X
7. Daño a las manos de pescadores	Las espinas del cuerpo del pez diablo causan heridas a las manos de pescadores cuando tratan de removerlos de las redes de pesca	X	X
8. Daño a equipo de acuicultura y terraplenes	El pez diablo al excavar para construir sus nidos dañan la infraestructura del sitio	X	
9. Disminución de Turismo	Temor en pescadores a ser afectado por el pez diablo en ecosistemas de agua	X	

Fuente: DIGI AP20-2021. Ver Anexo 10 para fuentes de literatura



Figura 18. Percepciones y conocimientos de mujeres pescadoras en RNUMM.

Créditos: Emily Pineda

b. Desembarques de la pesca artesanal

A partir de los datos de desembarques entre junio y noviembre de 2021 (18 días) se estimó que la biomasa total de la pesca artesanal de siete especies de importancia en la RNUMM fue de 236.86 kg. El esfuerzo promedio de captura se estimó en 5.55 kg/embarcación/día. La biomasa total de pez diablo arrojó un valor de 31.88 kg para el mismo período. Esto representa aproximadamente un 13% de la biomasa capturada. El esfuerzo promedio de captura para el pez diablo se estimó en 0.86 kg/embarcación/día. La biomasa de cada especie comercial y pez diablo se observa en la Figura 19. La especie *Penaeus vannamei* (camarón blanco) contribuye más a esta biomasa total, seguido de *Ariopsis guatemalensis* (bagre).

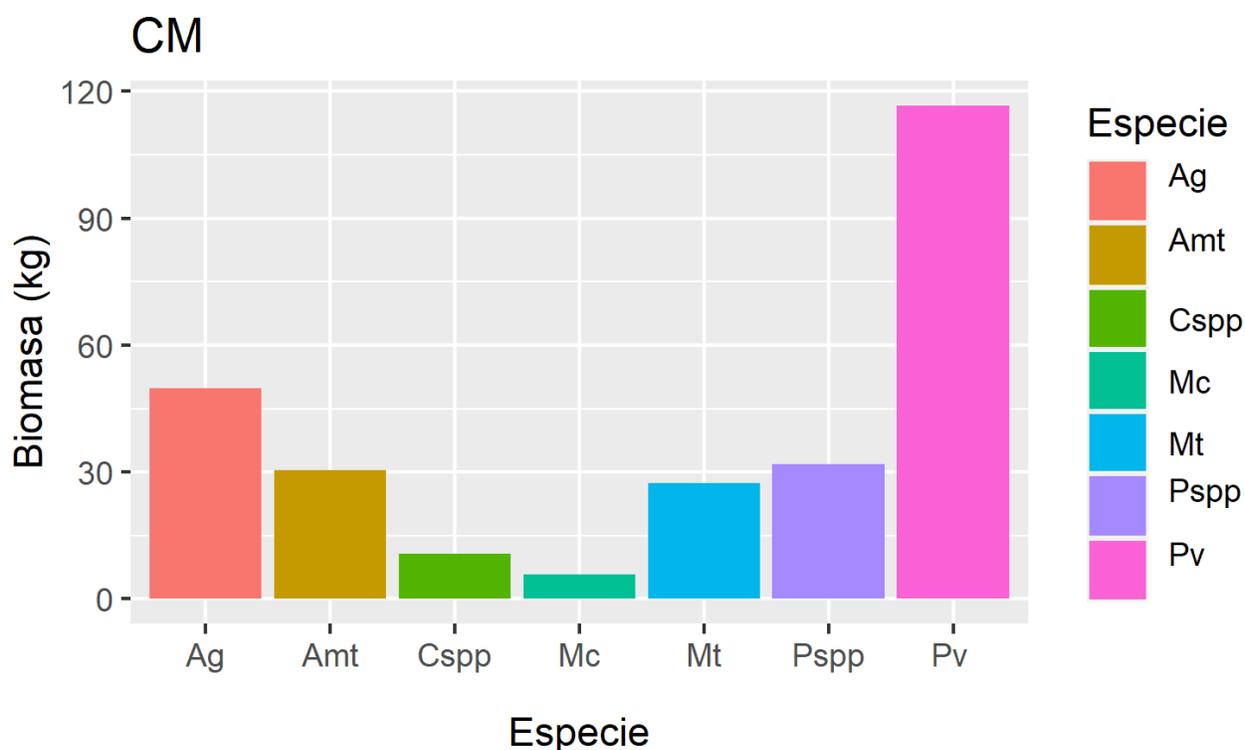


Figura 19. Biomasa total de especies de importancia en la pesca artesanal de RNUMM.

Clave: Ag = *Ariopsis guatemalensis*; Amt = *Amphilophus trimaculatus*; Cpp = *Centropomus spp.*;
 Ep = *Eleotris picta*; Mg = *Mugil cephalus*; Mt = *Macrobrachium tenellum*; Pv = *Penaeus vannamei*;
 se incluye P.spp = *Pterygoplichthys sp.* (pez diablo)

En relación al ingreso económico, de acuerdo al cuadro No. 7, se estimó un ingreso total estimado en Q. 5,733.34 para 18 días de revisión de desembarques (en el período estudiado). La especie de mayor valor comercial es *Penaeus vannamei* (camarón blanco) y la de menor valor es *Eleotris picta* (vieja). El pez diablo no tiene ningún valor comercial. Si consideramos que se capturó 31.88 kg de pez diablo y usando el valor comercial promedio de las especies de importancia (Q20.00) se podría estimar una pérdida aproximada total de Q.637.00 para 18 días de revisión de desembarques.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Cuadro 7. Precio e Ingreso de las especies de importancia comercial RNUMM

Especies	Biomasa (kg)	Precio por kg (En Quetzales)	Ingreso Total (En Quetzales)
<i>Ariopsis guatemalensis</i>	49.71	21.18	1052.86
<i>Amphilophus trimaculatus</i>	30.416	16.24	493.95
<i>Centropomus sp.</i>	10.767	22.04	237.30
<i>Eleotris picta</i>	0.405	13.22	5.35
<i>Mugil cephalus</i>	5.843	14.17	82.80
<i>Macrobrachium tenellum</i>	27.44904	18.86	517.69
<i>Penaeus vannamei</i>	116.6571	28.66	3343.39

Fuente: DIGI AP20-2021

c. Aspectos de Manejo y Normatividad.

Se recibieron en total 31 respuestas, 77.4% de acuaristas (n = 24) y 22.6% (n = 7) de personas dedicadas a ambos grupos de encuestados. En relación al pez diablo (ver Figuras 20 y 21), el 100% de los encuestados afirmó conocer al pez y el 87.5% (n= 21) mencionó poseer o haber poseído uno, de los cuales el 95% (n=23) lo adquirió en una tienda de acuario. El 45.8% (n= 11) lo adquirió por la publicidad que estos peces reciben por ser <<limpia peceras>> y el 37.5% (n= 9) lo adquirió por interés en la especie. En relación al año de adquisición del pez diablo, 2 personas lo adquirieron en la década de 1990, 4 personas en la década de 2000-2010 y 16 entre el 2011 y el 2019. De acuerdo a si conocen el impacto negativo que tiene el pez diablo de ser liberado en cuerpos de agua, el 100% reconoció que sí.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

El 58.6% de las personas estiman que venden o se venden en las tiendas de acuarios entre 1 a 5 especies. De estas especies se mencionaron nombres como *Hypostomus plecostomus*, *Ancistrus* sp., *Plecostomus plecostomus*, *Pterygoplichthys tentaculatus* y *Leporacanthicus galaxias*. Entre los nombres comunes se mencionaron pleco albino, rayado, negro, chocolate, dorado, leopardo y de puntos.

En relación al comercio del pez diablo, de las 7 personas que lo comercializan, tres mencionan que lo hacen por la publicidad de ser peces <<limpia peceras>>. Solamente una persona menciona que no vende pez diablo debido a que está prohibida su venta. Además, seis personas mencionaron que brindan información del manejo del pez diablo a sus clientes. Así mismo, 4 personas informaron que adquieren los organismos en granjas de crianza, 3 los importan y 2 no adquieren.

Del total de respuestas, el 67.7 % (n=21) reconoce haber tenido información sobre la presencia de pez diablo en cuerpos de agua del país. Mencionan tanto ríos, lagunas y lagos en distintas áreas del país como El Petén (ríos Usumacinta y San Pedro, lago Petén Itzá), Costa Sur (Canal de Chiquimulilla, quineles del Ingenio Pantaleón, lagunas privadas en Jutiapa, ríos de Escuintla), Altiplano (lagos Amatitlán y Atitlán), Verapaces e Izabal (río Sauce) y en el río Motagua.

En relación a prohibiciones sobre el pez diablo (ver Figura 22), el 48.4% (n= 15) mencionó que debe prohibirse la importación de estas especies y el 77.4% (n=24) considera necesaria la prohibición del cultivo de estas especies en Guatemala. Finalmente, el 51.6% (n=16) mencionó que sí se debe prohibir su venta en el país.

Sobre las sugerencias que los encuestados respondieron sobre el manejo del pez diablo en acuarios, las respuestas se agruparon en 3 clases: 1) Biología de la especie (46.7% de las respuestas) que contenía sugerencias relacionadas a considerar en el manejo la alimentación, el crecimiento y tamaño del pez, así como espacios adecuado para tenerlos. 2) Prohibición (48.4% de las respuestas) que incluyó sugerencias de prohibir su venta, su comercialización y su liberación. Finalmente, solo una

respuesta se refirió a 3) Regulación, sugiriendo que se debería requerir un permiso para tenerlos. En relación al control de las especies de pez diablo en caso de volverse un problema ecológico, los encuestados respondieron diversas sugerencias las cuales fueron agrupadas en categorías de acuerdo a la frecuencia de la sugerencia (Anexo 11). Así existieron sugerencias en educación que corresponden con el 16.7%, utilización 26.7%, regulación y control 16.7%, prohibición 16.7% y erradicación 13.3%, un diez por ciento no respondió.



Figura 20. Respuestas a la pregunta ¿Razón por la que le llevó a adquirir o comprar pez diablo?



Figura 21. Respuestas a la pregunta ¿Razón por la que comercializa pez diablo?

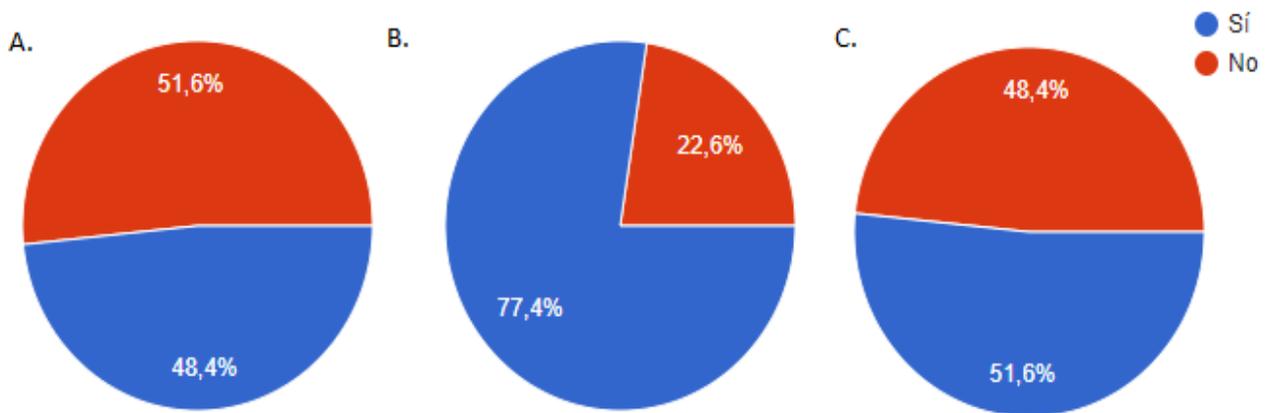


Figura 22. Respuestas a las preguntas: A ¿Cree necesaria la prohibición de importación de estas especies? B ¿Cree necesaria la prohibición del cultivo de estas especies en Guatemala? y C ¿Cree necesaria la prohibición de venta de estas especies en Guatemala?

d. Situación normativa de las especies de peces diablo en Guatemala

De acuerdo a información oficial del Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] (2011), la familia Loricariidae, a la que pertenecen los peces diablo, se encuentran en la Lista Negra de especies introducidas. En esta lista negra el 84% de las especies de peces con prohibición, son de esta familia. En el cuadro 8 se observan las familias y número de especies de peces en la lista negra.

La información obtenida de Vida Silvestre del CONAP indica que en un tiempo atrás la importación y comercialización de peces diablo estaban autorizadas. Desde que se registraron en ecosistemas acuáticos del Norte del país, el CONAP prohibió dichas actividades y nunca ha autorizado la reproducción local de dichas especies. No existe, además, ningún regente registrado ni autorizado para granjas donde reproduzcan estos organismos ni existe alguna empresa que tenga permiso para importar o comerciar estas especies (CONAP, 2021).

Cuadro 8. *Familias y Especies de la Lista Negra*

Familia	Especies	%
Centrarchidae	1	1.1
Channidae	1	1.1
Cichlidae	1	1.1
Clariidae	1	1.1
Ictaluridae	7	7.4
Loricariidae	80	84.2
Moronidae	1	1.1
Scorpaenidae	3	3.2

Fuente: CONAP, 2011

11.2. Discusión de resultados

11.2.1. Registros históricos y normativa nacional

Los registros históricos muestran que en Centroamérica el pez diablo (*Pterygoplichthys spp.*) tiene una presencia de al menos 30 años, con un aumento de sus registros en los últimos 10 años coincidiendo con el patrón global de distribución (Orfinger et al., 2019). Existen pocos registros oficiales de la especie en Mesoamérica. Este pez fue registrado en Nicaragua en el Lago Cocibolca en el 2009 mientras que en México se sabe de su presencia desde 1995 (Jiménez-Sierra *et al.*, 2018). Otros reportes indican que la especie se registró en Belice en 2012 (Schmitter-Soto *et al.*, 2014), en Honduras en 2018 y en El Salvador durante 2016 (Anexo 8).

En el país, la mayoría de los registros se reportan para la región norte. De acuerdo a los registros de Guatemala, el pez diablo se registró desde el año 2000 en el departamento de El Petén, en la cuenca del Río Usumacinta (Gaitán *et al.*, 2020). En zonas cercanas a la RNUMM se registró para el año 2013 (PNUD, 2018) mientras que para el Área de Usos Múltiples Hawaii y sitios cercanos la especie no ha sido reportada.

Se ha sugerido que este pez llegó a los sistemas hídricos de Guatemala vía la cuenca del Río Usumacinta desde el sur de México, según reportes históricos desde el año 1986 en el Río San Andrés (Wakida-Kusunoki, Ruiz-Carus & Armador-Del-Angeles, 2007). Ha sido colectado por Wildlife Conservation Society -WCS- y CONAP al norte de Petén (Quintana y Barrientos, 2012). La hipótesis más probable es que su presencia en cuerpos de agua naturales en Mesoamérica y otros sitios se debe al mercado de acuarios y acuicultura vía la introducción accidental o deliberada (Jiménez-Sierra *et al.*, 2018).

Esto concuerda con AMPI (2011) y Barrientos y colaboradores (2018) quienes mencionan que para el Lago Petén Itzá esta especie fue introducida por medio de liberación de forma intencional provenientes de estanques como fuentes locales. De acuerdo a Maradiaga (2010) algunos pobladores creen que propietarios de acuarios en restaurantes del área son responsables de la liberación del pez. Similar explicación es reportada por los pescadores de la RNUMM quienes afirman que la presencia del pez diablo fue por liberación accidental a causa del rebalse de piscinas de crianza en fincas cercanas.

Existe la necesidad de realizar estudios de poblaciones de las especies invasoras para estimar las abundancias y diferenciar espacialmente las acciones de manejo. Esto permite identificar acciones preventivas y evitar su propagación. Donde existan sitios con población baja de pez diablo, esta especie puede ser erradicada. En otros sitios, se requiere de un control sobre las poblaciones pues la erradicación requiere inversión de tiempo y costos (Orfinger & Goodding, 2018). Estas recomendaciones también son sugeridas por acuaristas quienes en su mayoría recomendaron prohibir la importación, el cultivo y la venta de estas especies (Figura 22).

Las normas relacionadas a los peces diablo en el país evidencian que el CONAP adoptó medidas administrativas desde el 2011 cuando el departamento de Visa Silvestre publicó el reglamento sobre especies introducidas y las clasificó según sus amenazas a la biodiversidad nativa (CONAP, 2011). A partir del 2010 cuando los registros de peces diablo fueron más regulares (Figura 5), el CONAP decidió, basándose en el concepto de prevención, incluir al menos 80 especies de peces diablo aún y cuando el reporte de dichas especies en Guatemala es, hasta ahora, de 2 especies en cuerpos de agua y de 5 especies en ventas de acuarios.

Desde entonces, el país ha mostrado interés en procurar el control del ingreso de especies de pez diablo a los ecosistemas nacionales y evitar daños a la diversidad biológica nativa. Las normativas oficiales prohíben: <<su introducción intencional o incluso su uso en confinamiento, deben prohibirse, así como la importación, venta, transporte y comercio de nuevos ejemplares>>. Sin embargo, existen mecanismos de compra e importación de dichas especies, lo que sugiere un desconocimiento de la reglamentación vigente. Lo anterior demuestra que la reglamentación no es efectiva ya que no existen sanciones al incumplir con las normativas, y se evidencia una falta de capacidad de las instituciones encargadas para dar seguimiento al reglamento, así como la nula implementación de control y vigilancia en empresas comercializadoras de peces y granjas de crianza.

11.2.2. Impactos ecológicos en los hábitats y la biodiversidad

a. Impactos sobre las especies y sus hábitats

Los impactos ecológicos que los pescadores de la RNUMM le atribuyen al pez diablo coinciden con lo reportado en la literatura. Estos impactos se relacionan al desplazamiento y disminución de especies nativas debido a la competencia por alimento y uso de hábitat entre el pez diablo y las especies nativas (Wijethunga & Epa, 2008; Elfidasari *et al.*, 2020). Pescadores además atribuyen la disminución de las poblaciones de mojarra, bagre y robalo a partir de la presencia del pez diablo. Estudios experimentales han demostrado el potencial del pez diablo para disminuir la biomasa de especies nativas (Chaichana & Jongphadungkiet, 2013; Seshagiri *et al.*, 2021). Sin embargo, para la RNUMM no existen datos numéricos que evidencien la disminución de poblaciones de especies nativas.

De acuerdo a los reportes de pescadores de la RNUMM los hábitos alimenticios y conductuales del pez diablo impactan negativamente a las especies nativas lo cual también ha sido registrado en investigaciones de otros países (Wijethunga & Epa, 2008; Elfidasari *et al.*, 2020). Entre ellos, destaca la ingesta incidental de insectos, copépodos, moluscos y otros, al momento de alimentarse del bentos y materia orgánica (Mendoza *et al.*, 2009; Hoover, Murphy & Killgore, 2014; Özdilek, 2007; Stolbunov *et al.*, 2021). En la reserva, los pescadores han observado agregaciones de pez diablo alimentándose de larvas de otros peces, sugiriendo que este impacto negativo en las especies nativas del área existe.

Este comportamiento gregario al alimentarse disminuye la materia orgánica y aumenta la biomasa de algas en el agua, lo que afecta la disponibilidad de alimento para otras especies, afecta el ciclo biogeoquímico y genera un alto impacto en la productividad de los ecosistemas, con un efecto de abajo hacia arriba en la cadena trófica (Mendoza *et al.*, 2007; Aguirre-Muñoz *et al.*, 2009; Seshagiri *et al.*, 2021). A su vez, este comportamiento genera hotspots de nutrientes y un aumento de la turbidez en los cuerpos de agua debido a las excretas que producen (Capps & Flecker, 2013, 2015; Capps, Ulseth & Flecker, 2015; Rubio *et al.*, 2016). Esta alteración de los componentes del agua fue reportada por los pescadores de la RNUMM. Nico (2010) reportó que al alimentarse, el pez diablo destruye la vegetación acuática afectando directamente los sitios de anidación de otros peces. Esto coincide con

reportes de algunos pescadores de la reserva que afirman que los peces diablo desplazan a las mojarras de sus sitios de anidación.

Otros impactos ecológicos reconocidos por pescadores de la RNUMM relacionados al comportamiento es promover la competencia por espacio con especies nativas. Existen pocos estudios sobre las interacciones del pez diablo con otras especies, pero éstos resaltan su comportamiento agresivo (Bunkley-Williams *et al.*, 1994; Marengo, 2010; Pérez-Flores & Pigenutt-Galindo, 2020). Los pescadores afirman que el pez diablo es agresivo al alimentarse y anidar desplazando a los demás peces del área, esto podría ser un factor que contribuye a la disminución de las poblaciones de otras especies en la reserva.

Las características morfológicas del pez diablo (escamas y espinas óseas) permiten que tenga pocos depredadores en áreas fuera de su rango natural (Gaitán *et al.*, 2020), lo cual es reconocido por algunos pescadores de la RNUMM que afirman que los zanates y perros domésticos los consumen, al igual que los cerdos. Otros pescadores afirman que el pez diablo no posee depredadores en el área.

b. Erosión de riberas

Uno de los impactos más evidentes del pez diablo en el área es la modificación de las riberas de los quineles en la aldea El Garitón (Figura 16). Se ha reportado que los sitios con mayor número de cuevas de anidación de pez diablo presentan mayor erosión y desestabilización en las riberas (Yamamoto & Tagawa, 2000; Hoover *et al.*, 2004; Lienart, Rodiles-Hernández & Capps, 2013; Van den Ende, 2014; Elfidasari *et al.*, 2020) afectando humedales y terraplenes (Moroni *et al.*, 2015). La aldea El Garitón se encuentra fuera de la RNUMM y es un área de anidación importante para los peces diablo de toda el área y de otras especies. Estudiar el impacto de estas cavidades en la dinámica de las riberas podría facilitar acciones de manejo específicas para las mismas.

c. Pesca fantasma: un impacto no reportado

La pesca fantasma es un impacto negativo que no se ha reportado en la literatura sobre la RNUMM. Esta situación fue reportada por pescadoras, quienes han observado redes de pesca abandonadas debido a que fueron dañadas por la captura de peces diablo. Sin embargo, dichas redes continúan capturando peces y posiblemente otros organismos, afectando las poblaciones de especies nativas y comerciales. Se sugiere realizar acciones de manejo enfocadas en apoyo técnico a los pescadores para recuperar las artes de pesca del agua que han sido abandonadas.

d. Distribución del pez diablo en la Reserva

De acuerdo al conocimiento local en la RNUMM, la distribución del pez diablo dentro de la RNUMM depende de los patrones de salinidad durante el año. Capps y colaboradores (2011) reportaron que el pez diablo tolera niveles de salinidad de 11-12 ppt. De acuerdo con los pescadores y reportes realizados en el área (Oliva *et al.*, 2007), en la época seca la salinidad aumenta dentro de la RNUMM, y de acuerdo a los pescadores los peces diablo tienden a congregarse en lagunas de agua dulce.

Las lagunas de Rancho Alegre, Palmeritos, Pumpitos y cerca de la Finca Chiquihuitán son áreas que los pescadores consideran estar “llenas” de peces diablo durante la época seca (noviembre-abril). Las capturas de peces diablo en dichas lagunas oscilan entre 20-30 organismos por faena de pesca y en ciertos casos, entre 100 y 150 individuos, de acuerdo a los pescadores. Por el contrario, cuando la salinidad disminuye durante la época lluviosa, la captura de peces diablo ocurre tanto fuera como dentro de la RNUMM. Por tanto, múltiples acciones tanto de prevención, manejo y hasta de erradicación son necesarias en función de estos patrones de abundancias.

11.2.3. Caracterización de hábitat, ensambles de especies y relación con pez diablo

Durante el periodo de muestreo, los valores fisicoquímicos en los sitios de muestreo fueron óptimos para el desarrollo de vida acuática, sin embargo, se observó una variación entre los tipos de hábitat (Figura 8). El hábitat laguna con manglar LM al presentar la mayor variación pudo presentar

condiciones no favorables para las especies acuáticas, incluyendo a especies invasoras como el pez diablo, principalmente en términos de pH. En cuerpos de agua los valores aceptables de pH son de 6.0 a 9.0 unidades según Environmental Protection Agency (EPA). Sin embargo, para este tipo de hábitat se reportan valores de 8.43 y 10.18 en Guisocoyol, concordando al ser el sitio con menor abundancia y riqueza de especies registrada.

Por el contrario, los hábitats canal con manglar (CM) y laguna con tular/carrizal (LTC) presentaron los rangos menos variables en pH, pudiendo favorecer a la presencia del pez diablo, ya que se ha reportado que el rango óptimo de pH para esta especie es de 7 ± 1 (Hossain *et al.*, 2018). Se ha reportado que parámetros como oxígeno disuelto, pH y turbidez influyen la presencia y densidad de peces diablo (Elfidasari *et al.*, 2020).

El hábitat LTC presentó asociación positiva con la presencia de pez diablo (Cuadro 4). Barba-Macías y colaboradores (2017) indican que el pez diablo tiene una alta preferencia con lagunas costeras pues su abundancia es mayor en relación a otros tipos de hábitat estuarinos. Asimismo, mencionan que estos peces prefieren hábitats con alta incidencia de tular (*Typha spp*), lirios (*Eichhornia crassipes*) y herbáceas, posiblemente debido a la gran cantidad de materia orgánica presente en la vegetación.

El hábitat CM también presentó una asociación positiva del pez diablo como indicador de hábitat de acuerdo a los análisis realizados (Figura 15). La asociación del pez diablo con CM podría deberse al muestreo, el cual se realizó únicamente en época lluviosa. Es en esta época que el nivel del agua se incrementa en el canal, además de disminuir la salinidad. Estos factores favorecen el desplazamiento del pez diablo a este tipo de hábitat el cual en época seca muestra condiciones menos favorables. En ese sentido Barba-Macías y colaboradores (2017) mencionan que los manglares presentan una relación media respecto a la abundancia del pez diablo.

Por otro lado, observaciones realizadas en los quineles de la aldea El Garitón mostraron áreas de alta abundancia de pez diablo (Figura 16). Estos sitios están localizados a la par de potreros y cultivos cuya dinámica ecológica podría favorecer esta alta abundancia de peces. De acuerdo a Barba-Macías y colaboradores (2017) esto puede atribuirse a la alta cantidad de materia orgánica a partir del excremento que proviene de estos hábitats.

La mayoría de las especies colectadas durante el muestreo mostraron estar asociadas al oxígeno disuelto (Figura 15). El pez diablo también parece estar asociado a la profundidad de los cuerpos de agua. Buck y Sazima (1995) reportan que existe preferencia de estas especies a las profundidades y puede estar relacionado a la cantidad de luz que penetra en el agua y que permite la productividad de algas de las que se alimenta el pez diablo (Power, 1984). Sin embargo, los modelos indicaron que la comunidad de especies no está estructurada en función a la presencia/ausencia del pez diablo (Figura 14), sino en función de la estructura del hábitat. Posiblemente la medición de otras variables como las interacciones entre individuos y la distancia espacial pueden explicar la presencia del pez diablo en la RNUMM.

A pesar de las posibles asociaciones encontradas dentro de este estudio, el muestreo fue limitado y no permitió obtener suficientes datos para estimar la ocupación del pez diablo en la RNUMM y su asociación con otras especies. Los datos presentados en este estudio son insuficientes y pueden estar influenciados por el diseño y esfuerzo de muestreo, por lo que, no se pueden generar conclusiones puntuales. Por tanto, las hipótesis planteadas en este estudio sugieren que el pez diablo presenta mayor probabilidad de ocupación en lagunas con vegetación acuática sumergida en comparación a zonas con manglares y presentan una interacción negativa con especies de similar hábito alimenticio, no pudieron comprobarse.

Es recomendable aumentar el esfuerzo de muestreo de forma temporal en dos aspectos. El primero consiste en realizar el muestreo en las temporadas lluviosa y seca, ya que se ha documentado a través de los pescadores que los peces diablo presentan variación espacio temporal entre ambas épocas. Lo segundo se refiere a intensificar el muestreo nocturno porque se reporta que los peces diablo son de hábito nocturno (Arias, Solano y Quirós, 2017; Cabbs, 2009), lo que aumentaría la probabilidad de detección de la especie y por ende los modelos de ocupación serían más robustos.

11.2.4. Impactos socioeconómicos en la pesca artesanal

a. Disminución del ingreso económico por disminución en la captura de especies comerciales

Los impactos socioeconómicos reportados en este estudio son similares en otras regiones donde el pez diablo es invasor. La disminución en la captura de especies comerciales como mojarra, bagre y robalo reportada por pescadores de la RNUMM es similar a la reportada en otros estudios para otras especies (Chávez *et al.*, 2006; Meena *et al.*, 2016; Wei *et al.*, 2017; Orfinger, Lai & Chabot, 2019; Suresh *et al.*, 2019). En Asia, se reportó la reducción de la captura de peces en un 20% (Seshagiri *et al.*, 2021); en México, la captura de tilapia se ha visto seriamente afectada hasta en un 70- 80% (Mendoza *et al.*, 2009) y en Guatemala, ocurre algo similar con el pez blanco *Petenia splendida* en el lago Petén Itzá con un 50% (Penados, 2014). En el Río La Pasión el pez diablo capturado constituye hasta un 31% del total de la pesca (Ochaeta, 2017).

Las pérdidas económicas como consecuencia de la reducción de especies comerciales es un impacto evidente entre los pescadores de la RNUMM. Sin embargo, son datos difíciles de estimar ya que no se cuenta con información socioeconómica a largo plazo. Las estimaciones de este estudio de Q. 637.00 de pérdida para 18 días en seis meses son aproximadas y muy conservadoras. Seshagiri y colaboradores (2021) reportaron que el pez diablo genera pérdidas económicas del 13.4 % y una pérdida económica diaria del 30%. En la RNUMM, los pescadores afirman que en un viaje de pesca invierten entre Q. 50-60.00 y la ganancia económica es alrededor de Q70.00 al día. En ocasiones cuando se captura una gran cantidad de peces diablo, las pérdidas son mucho mayores pudiendo llegar a ser de hasta Q200.00.

Esta disminución en la pesca afecta la economía local y la supervivencia familiar. Como se mencionó anteriormente, las estimaciones muestran (de manera muy conservadora) como el ingreso familiar disminuye al capturar peces diablo.

b. Daños a las redes de pesca

La captura de pez diablo implica otro impacto negativo en la pesca artesanal. Debido a su anatomía, los peces diablos se enredan fuertemente en las artes de pesca a través de escamas y espinas (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2009). Esto genera que las redes se rompan o dañen algunas secciones. En Asia, Seshagiri y colaboradores (2021) reportaron que los pescadores pierden económicamente el 4.5% de su salario para arreglar las redes dañadas. En la RNUMM, los pescadores afirman que pueden perder partes del trasmallo o el trasmallo entero, lo que representa una pérdida económica de Q. 1,800.00 al tener que reemplazar el paño del trasmallo. A veces las redes se rompen y quedan inutilizables, a excepción de los plomos y boyas, los cuales son utilizados para elaborar otro trasmallo. El paño de las redes se recoge o se deja en el agua temporalmente.

Las experiencias de los pescadores de la reserva al capturar gran abundancia de pez diablo que se dan en ciertas zonas de la Reserva. Estas han sido catalogadas por los pescadores como zonas de no pesca, principalmente durante la época de mayor abundancia del pez (octubre - abril). Las soluciones encontradas por parte de algunos pescadores ha sido modificar su patrón temporal de pesca. Este consiste en utilizar un horario de pesca diurno dejando puestas las redes solo durante esta parte del día debido a que en la noche se llenarían de pez diablo. Lo cual es importante para conocer qué porcentaje representan en las capturas.

c. Impactos psicosociales

Otros impactos descritos por los pescadores de la RNUMM afectan la vida cotidiana, el trabajo y las condiciones emocionales de los pescadores. Esto genera estrés y malestar entre los pescadores al ver obstaculizados sus medios de vida. Los pescadores admiten el desgano de salir a pescar, porque existe la posibilidad de capturar peces diablos en abundancia y por consiguiente, poder perder las redes de pesca.

Otro impacto está relacionado con el tiempo, o como mencionaron: << pérdida de tiempo >> o incremento de horas de trabajo. Esto aumenta el tiempo para salir a pescar y suplir pérdidas ocasionadas por la captura de pez diablo. Significa también que se requiere más tiempo para arreglar

las artes de pesca dañadas por éste (Sumanasinghe & Amarasinghe, 2013; Velásquez, 2013; Hussan *et al.*, 2019).

d. Impactos físicos a pescadores

Los pescadores informan sobre el daño que sufren en sus manos cuando tienen que remover los especímenes capturados de esta especie (Guerrero, 2014). Esto genera descontento de los pescadores hacia el pez, ya que tienen que pescar al día siguiente. En México, los pescadores crearon un utensilio (Figura 23) que les permite remover al pez diablo de las redes sin dañarlas (Mendoza *et al.*, 2009), lo que permite también evitar manipular al pez. Podría ser útil ver la aceptación de dicho utensilio por parte de los pescadores de la RNUMM.



Figura 23. Utensilio para remoción de pez diablo de redes.

Fuente: Roberto Mendoza (En: Mendoza y colaboradores, 2009).

Los datos obtenidos en la revisión de desembarques muestran que las especies económicamente importantes para los pescadores de RNUMM son el camarón blanco *P. vannamei* y el bagre *A. guatemalensis*. Esto es similar a lo encontrado por López-Roulet (2015) y diferente al de USAID (2020). Los pescadores dirigen esfuerzos de captura a las especies mencionadas anteriormente en la época lluviosa. Para ello utilizan artes de pesca específicas, como trasmallos con luz de malla pequeña (No. 23) las cuales tienen baja incidencia de captura de pez diablo.

Otro potencial impacto es a la salud del ecosistema y de las personas. El descarte de los peces diablo a orillas de los cuerpos de agua podría convertirse en un potencial foco de infección tal y como ha sido reportado para México (Ayala-Pérez *et al.*, 2015). Los pescadores afirman que la pudrición de los cuerpos de pez diablo genera un olor desagradable, de acuerdo a los pescadores, generando un mayor rechazo hacia el pez.

11.2.5 Percepción sobre el manejo de pez diablo en acuarios

El manejo del pez diablo en acuario es un componente fundamental para evitar futuros problemas con otras especies. A pesar de que existe una prohibición explícita, las encuestas revelaron que aún se pueden obtener estas especies. Esto es contradictorio porque hay un consenso en reconocer que son un peligro para los ecosistemas. A modo de paliativo algunas personas dedicadas al comercio de implementos y organismos de acuario dan recomendaciones sobre el manejo de ésta y otras especies exóticas.

Las recomendaciones sugeridas por los encuestados se van por lo más estricto que son las prohibiciones. Esto significa una medida de prevención drástica para evitar que se incorporen al país otras especies de peces diablo con potencial invasor. La Biología de la especie es un aspecto clave a considerar toda vez que se recomienda tomar en cuenta el crecimiento y tamaño de este pez para tenerlo en acuarios. Finalmente, para el control de estas especies las sugerencias se inclinan por una adaptación al problema, una potencial oportunidad que debe llevar una combinación de acciones de educación y de utilización (Ayala-Pérez *et al.*, 2015) para encontrar soluciones al pez diablo como un problema socioambiental.

Los pescadores afirmaron que el pez diablo es el único pez que no tiene ningún provecho en la RNUMM. Debido a esto, existe la posibilidad de evaluar participativamente opciones de manejo y control de la especie a partir de propuestas de aprovechamiento como: su consumo, fabricación de harinas, de ensilados, biofertilizantes (Ayala-Pérez *et al.*, 2015; Fonseca-Hernández y Vargas-Alpizar, 2018). Los pescadores de la Reserva se mostraron abiertos a algunas de estas propuestas, sin embargo, existe un rechazo hacia su consumo debido al aspecto del pez y la poca carne que tiene, situación similar a la que ocurre en Petén (Ochaeta, 2017) y en Chiapas (Domínguez, 2018).

Consideraciones finales

Este estudio contribuye con información para generar directrices de manejo y control de especies de pez diablo y representa un estudio base para futuras investigaciones. En la RNUMM, al igual que en Catazajá, Chiapas, el pez diablo es un problema a resolver (Domínguez, 2018). En la reserva fueron identificados numerosos impactos negativos tanto ecológicos como socioeconómicos. Además, fue posible encontrar evidencia de algunos de estos impactos previamente reportados en otros lugares, así como un esquema general del manejo de la especie en el país. Se recomienda seguir documentando los impactos ecológicos que genera este pez con un lapso mayor de estudio y la incorporación de otras metodologías.

Las especies de pez diablo han sido identificadas en la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y en la Estrategia Nacional de Investigación Marino-Costera para Guatemala como una de las principales amenazas a la biodiversidad nacional. Los peces diablo en la RNUMM pueden poner en riesgo los medios de vida de las comunidades locales y sus pescadores. Su control en los ecosistemas acuáticos naturales concierne a autoridades municipales y nacionales, pescadores, pobladores de la RNUMM y de áreas cercanas.

12. Referencias

- Aguirre-Muñoz, A., et al. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En J. Sarukhán et al. (Eds.), *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 277-318). México: Redacta.
- Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del lago Petén Itzá [AMPI]. (2011). *Cuenca del lago Petén Itzá*. Guatemala.
- Arias, A. M., Solano, D. H., & Quirós, L. M. R (2017). *Informe de peces diablo (Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica*.
- Ayala-Pérez, L., Vega, B., Terán G. y Martínez, G. (2015). *El pez diablo en México. Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros*. Universidad Autónoma Metropolitana. 64 pp. México.
- Barba-Macías, E., Mendoza-Carranza, M., Trinidad-Ocaña, C., Juárez-Flores, J., y Martínez-Gutiérrez, M.L. (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*. El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Barbour, R. (2007). *Doing focus groups*. London: SAGE Publications. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4135/9781849208956>
- Barrientos, C., Quintana, Y., Elias, D. y R. Ediles-Hernández. (2018). Peces nativos y pesca artesanal en la cuenca Usumacinta, Guatemala. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89 (Suplem. 2018): S118 - S130.
- Bedarf, A.T., McKaye, K.R., Van Den Berghe, E.P., Perez, L.J.L. y Secor, D.H. (2005). Initial six-year expansion of an introduced piscivorous fish in a tropical Central American lake. *Biological Invasions*, 3, 391-404. doi: 10.1023/A:1015806700705

- Breen, P. A. (1987). Mortality of Dungeness Crabs Caused by Lost Traps in the Fraser River Estuary, British Columbia. *North American Journal of Fisheries Management*, 7(3), 429–435. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1987\)7<429:MODCCB>2.0.CO](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1987)7<429:MODCCB>2.0.CO);
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. UK: Oxford University Press.
- Bunkley-Williams, L., Williams, E. H., Lilystrom, C. G., Corujo-Flores, I., Zerbi, A. J., Aliaume, C., y Churchill, T. N. (1994). The South American sailfin armored catfish, *Liposarcus multiradiatus* (Hancock), a new exotic established in Puerto Rican fresh waters. *Caribbean Journal of Science*, 30(1-2), 90-94. Recuperado de http://biology.uprm.edu/facultad/publications/Lucy_Bunkley_19940101_0.pdf
- Calheiros, D.F., Seidl, A.F. y Ferreira, C.J.A. (2000). Participatory research methods in environmental science: local and scientific knowledge of a limnological phenomenon in the Pantanal wetland of Brazil. *Journal of Applied Ecology* 37, 684-696. doi: 10.1046/j.1365-2664.2000.00524.x
- Capps, K.A., Nico, L.G., Mendoza-Carranza, M., Arévalo-Frías, W., Ropicki, A.J., Heilpern, S.A., y Rodiles-Hernández, R. (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, 528-540. doi: 10.1002/aqc.1210
- Capps, K.A., y Flecker, A.S. (2013). Invasive Fishes Generate Biogeochemical Hotspots in a Nutrient-Limited System. *PLoS ONE*, 8(1), 1-7. doi:10.1371/journal.pone.0054093
- Capps, K.A., Ulseth, A., Flecker, A.S. (2014). Quantifying the top-down and bottom-up effects of a non-native grazer in freshwaters. *Biological Invasions*, 17(4), 1253-1266. doi: 10.1007/s10530-014-0793-z
- Chaichana, R. y Jongphadungkiet, S. (2012). Assessment of the invasive catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) in Thailand: Ecological impacts and biological control alternatives. *Tropical Zoology*, 25(4), 173-182. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/03946975.2012.738494>

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

- Chavez, J.M., De la Paz, R.M., Manohar, S.K., Pagulayan, R.C., y Vi, J.R.C. (2006). New Philippine record of south american sailfin catfishes (Pisces: Loricariidae). *Zootaxa*, 1109, 57-68. doi: 10.11646/zootaxa.1109.1.6
- Commission for Environmental Cooperation [CEC]. (2009). *Trinational Risk Assessment Guidelines for Aquatic Alien Invasive Species*. Recuperado de: <http://www.cec.org/>
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2011). *Reglamento sobre gestión, manipulación, transporte y comercialización de especies exóticas invasoras en Guatemala*. Resolución 03-02-2011. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Gobierno de Guatemala.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2021). Resolución 147/2021. Unidad de Acceso a la Información Pública de CONAP con fecha del 30 de abril del 2021.
- Corea, J. T., Hernández, G. M., Solís, V., y Aguilar, A. J. (2014). Distribución y abundancia de peces de la familia Loricariidae (Pleco) y su relación con los peces de interés comercial en los alrededores de la Isla de Ometepe. *Encuentro*, (98), 44-59. doi: 10.5377/encuentro.v0i98.1445
- De Cáceres, M. (2020). How to use the indicpecies package (ver. 1.7.8). Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages/indicpecies>
- Dirección de Pesca y Acuicultura -DIPESCA-. (2010). *Intercambio de experiencias Nicaragua-Guatemala para identificar acciones de manejo del pez diablo en Guatemala*. Sub-áreas de Monitoreo y Evaluación y sub área de Acuicultura y Aguas Continentales. Guatemala 12 p.
- Domínguez, Y.C. (2018). *Impacto Socio-económico y Ambiental del Plecos (Pterygoplichthys spp.) en Humedales de Catazajá, Chiapas, México* (tesis de grado). Universidad Autónoma de Chiapas. México
- Echeverría, J., Jiménez, J., Ojeda, L., Madrid, J., García, F., Marroquín, A., y López, A. (2015). *Informe sobre muestreo de peces en el Río La Pasión*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-. Recuperado de <http://www.chmguatemala.gob.gt>

- Elfidasari, D., Wijayanti, F. y Muthmainah, H.F. (2020). Short communication: The effect of water quality on the population density of *pterygoplichthys pardalis* in the Ciliwung river, Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(9), 4100-4106. doi: 10.13057/biodiv/d210922
- ESRI. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Fiske, I.J. y Chandler, R.B. (2011). Unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance. *Journal of Statistical Software*, 43(10), 1-23. doi: 10.18637/jss.v043.i10
- Fonseca-Hernández, R., y Vargas-Alpízar, P. (2018). Estudio de factibilidad del aprovechamiento económico de una especie invasora *Hypostomus plecostomus* en el humedal de Caño Negro, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 10(2), 31-49. doi: <https://doi.org/10.15359/revmar.10-2.2>
- Gaitán, C.A., Fuentes-Montejo, C.E., García, M.J., y Romero-Guevara, J.C. (2020). An update of the invasive *Pterygoplichthys* Gill, 1858 (Actinopterygii, Loricariidae) in Guatemala: new records and notes on its interactions with the local fauna. *Neotropical Biology and Conservation*, 15(3), 285–300. doi: 10.3897/neotropical.15.e53020
- Gómez-Lozano, R., Anderson, L., Akins, J.L., Buddo, D.S.A., García-Moliner, G., Gourdin, F., Laurent, M., Lilyestrom, C., Morris, J.A., Ramnanan, N., y Torres, R. (2013). *Estrategia regional para el control del pez león invasor en el Gran Caribe*. Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos. Recuperado de: <https://www.infopesca.org/>
- Graham, J.B. y Baird, T.A. (1982). The transition to air breathing in fishes. I. Environmental effects on the facultative air breathing of *Ancistrus chagresi* and *Hypostomus plecostomus* (Loricariidae). *Journal of Experimental Biology*, 96, 53-67. Recuperado de <https://journals.biologists.com/jeb/article/96/1/53/23365/The-Transition-to-Air-Breathing-in-Fishes-I>

- Guerrero, R.D. (2014). Impacts of Introduced Freshwater Fishes in the Philippines (1905-2013): A Review and Recommendations. *Philippine Journal of Science*, 143(1), 49-59. Recuperado de: <https://philjournalsci.dost.gov.ph/>
- Hoover, J.J., Killgore, J.K. y Cofrancesco, A.F. (2004). Suckermouth Catfishes: Threats to Aquatic Ecosystems of the United States? *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin*, 4(1), 1-9. Recuperado de <http://www.nanfa.org/ac/suckermouth-catfishes-threats-aquatic-ecosystems.pdf>
- Hoover, J.J. Murphy, C.E., y Killgore, J. (2014). Ecological Impacts of Suckermouth Catfishes (Loricariidae) in North America: A Conceptual Model. *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin*, 14(1), 1-20. Recuperado de <https://usace.contentdm.oclc.org/digital/collection/p266001coll1/id/4004/>
- Hossain, M.Y., Robert, L., Vadas, J., Ruiz-Carus, R., y Galib, S.M. (2018). Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Loricariidae) in Bangladesh. *Fishes*, 3(14), 1-12. doi: 10.3390/fishes3010014
- Hussan, A., et al. (2019). Invasion of non-indigenous suckermouth armoured catfish of the genus *Pterygoplichthys* (Loricariidae) in the East Kolkata Wetlands: Stakeholders' perception. *Indian Journal of Fisheries*, 66(2), 29-42. doi: 10.21077/ijf.2019.66.2.86267-05
- International Union for Conservation of Nature [IUCN]. (1999). *Report of the thirteenth Global Biodiversity Forum*. San Jose, Costa Rica. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 197p.
- Jiménez-Sierra, L., Torres-Orozco, D. y Matías-Palafox, L. (2018). Are Current Actions for Conservation in Mexico Enough? A Review of the Proximate and Ultimate Threats. En Ortega-Rubio, A. (Ed.) *Mexican Natural Resources Management and Biodiversity Conservation. Recent Case Studies*. Switzerland: Springer.

- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kanazawa, M. (2018). *Research Methods for Environmental Studies. A Social Science Approach*. London: Routledge.
- Kruskal, J.B. (1964). Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29(1), 1-27. Recuperado de http://cda.psych.uiuc.edu/psychometrika_highly_cited_articles/kruskal_1964a.pdf
- LaBastille, A. (1983). Drastic Decline in Guatemala's Giant Pied-billed Grebe Population. *Environmental Conservation*, 10(4), 346–348. doi: <https://doi.org/10.1017/S0376892900013072>
- Lienart, G.D.H., Rodiles-Hernández, R. y Capps, K.A. (2013). Nesting Burrows and Behavior of Nonnative Catfishes (Siluriformes: Loricariidae) in the Usumacinta-Grijalva Watershed, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58(2), 238-243. doi: 10.1894/0038-4909-58.2.238
- Lodge, D.M. (1993). Biological invasions: Lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(4), 133-137. doi: 10.1016/0169-5347(93)90025-K.
- López-Roulet, A. (2015). Pesca de subsistencia en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Acuicultura. Centro de Estudios del Mar. Universidad de San Carlos de Guatemala. 62 pp.
- Ludsin, S. A., y Wolfe, A. D. (2001). Biological invasion theory: Darwin's contributions from The Origin of Species. *Bioscience*, 51(9), 780-789. doi: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0780:BITDSC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0780:BITDSC]2.0.CO;2)
- Madariaga, J. (2010). *Intercambio de experiencias entre Nicaragua y Guatemala para evaluar la presencia de especies de pleco (pez diablo) en Guatemala, e identificar acciones para su manejo*. Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura.

- Marenco, Y.C. (2010). El pez diablo: una especie exótica invasora. *Biocenosis*, 23(2), 16-19. Recuperado de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1239/1306>
- McKaye K., Ryan D., Stauffer J., Lopez-Perez L; Vega G., y van den Berghe, E. (1995). African Tilapia in Lake Nicaragua. *BioScience* 45(6), 406-411. doi: 10.2307/1312721
- McNeely J.A., & Minka, S.A. (2009). *La Conservación en una Nueva Era*. Gland, Suiza: abp project. Recuperado de: <https://www.iucn.org/>
- Meena, M., Sundaramanicka, A., y Kumar, T.T.A. (2016). Occurrence of a *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991) population in Cauvery River System, Tamil Nadu, South India. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 8(6), 62-66. doi: 10.5897/IJFA2015.0526
- Mendoza R., Contreras S. Ramírez C., Koleff P., Alvarez P. y Aguilar V. (2007) Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. CONABIO. *Biodiversitas*, 70, 1-5. Recuperado de www.conabio.gob.mx.
- Mendoza, R.A., Escalera, C.G., Contreras, S.B., Koleff, P.O., Ramírez, C.M., Álvarez, P.T., Arroyo, M.D., y Orbe-Mendoza, A. (2009). Capítulo 5 Invasión de Armored Catfish in Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico, Socio-economic Impact Analysis: A Tale of Two Invaders. En Commission for Environmental Cooperation [CEC], *Trinational Risk Assessment Guidelines for Aquatic Alien Invasive Species* (pp. 51-59). Recuperado de: <http://www.cec.org/>
- Moroni, F.T., Ortega, A.C., Moroni, R.B., Mayag, B., Souza de Jesus, R., y Lessi, E. (2015). Limitations in decision context for selection of amazonian armoured catfish acari-bod (*Pterygoplichthys pardalis*) as candidate species for aquaculture. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 7(8), 142-150. doi: 10.5897/IJFA15.0480
- Nico, L.G. y Martin, T.R. (2001). The South American Suckermouth Armored Catfish, *Pterygoplichthys anisitsi* (Pisces: Loricariidae), in Texas, with comments on foreign fish

- introductions in the American Southwest. *Southwestern Naturalist*, 46(1), 98-104. doi: 10.2307/3672381
- Nico, L.G. (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. doi: 10.1590/S1679-62252010005000014
- Njiru, N., Mkumbo, O.C., y van der Knaap, M. (2010). Some possible factors leading to decline in fish species in Lake Victoria. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 13(1), 3-10. doi: 10.1080/14634980903566253
- Ochaeta, G. (2017). *Estudio de Mercado del aprovechamiento de la especie pez bagre armado en el río La Pasión*. Proyecto “Fortalecimiento de la institucionalidad ambiental para la gobernanza y manejo de la pesca en el río La Pasión, Sayaxché, Petén”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Orfinger, A.B. y Goodding, D.D. (2018). The global invasion of the suckermouth armored catfish genus pterygoplichthys (Siluriformes: Loricariidae): Annotated list of species, distributional summary, and assessment of impacts. *Zoological Studies*, 57(7), 1-16. doi: 10.6620/ZS.2018.57-07
- Orfinger, A.B., Lai, Q.T. y Chabot, R.M. (2019). Effects of nonnative fishes on commercial seine fisheries: Evidence from a long-term data set. *Water*, 11(6), 2-11. doi: 10.3390/w11061165
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2017). Manual para la utilización del bagre armado. Proyecto “Fortalecimiento de la institucionalidad ambiental para la gobernanza y manejo de la pesca en el río La Pasión, Sayaxché, Petén.”. Guatemala.
- Outa, N.O., Yongo, E.O., Keyombe, J.L.A., Ogello, E.O., y Wanjala, D.N. (2020). A review on the status of some major fish species in Lake Victoria and possible conservation strategies. *Lakes & Reservoirs Research & Management* 25(11), 105-111. doi: 10.1111/lre.12299

- Özdilek, S. (2007). Possible Threat for Middle East Inland Water: an Exotic and Invasive Species, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991) in Asi River, Turkey (Pisces: Loricariidae) *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 24 (3-4): 303–306.
- Penados, M.S. (2014). *Estudio biológico de la captura incidental del pez diablo Orden Siluriforme en la pesca artesanal de pez blanco en el Lago Petén Itzá* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Pérez-Flores, J. y Pigenutt-Galindo, O. (2020). Injuries caused by the invasive armoured suckermouth catfish *Pterygoplichthys* sp. in three captive Antillean manatees *Trichechus manatus manatus*. *Hidrobiológica*, 30(2), 173-176. doi: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n2/Perez
- Pound, K. L., Nowlin, W. H., Huffman, D. G., y Bonner, T. H. (2011). Trophic ecology of a nonnative population of suckermouth catfish (*Hypostomus plecostomus*) in a central Texas spring-fed stream. *Environmental Biology of Fishes*, 90(3), 277-285. doi: 10.1007/s10641-010-9741-7
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2018). *Estudio Técnico para el Área de Uso Múltiple Marino-Costera Hawaii*. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costeras (APM). (MARN-CONAP/PNUDGEF)-Néstor Windevoxhel, Guatemala. 272 páginas. Recuperado de: <https://www.marn.gob.gt/>
- Quintana, Y. (2007). *Comparison of the ichthyofauna associated to red mangrove roots in the Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico and Manchon Guamuchal, during dry and rainy seasons* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Quintana, Y. y Barrientos, C. (2012). Invasiones recientes de peces exóticos en la RBM, implicaciones para peces nativos de Petén. En: J.U. González de la Cruz, A. Castillo Domínguez, M.C. de la Cruz Leyva, S. Aguilar Hernández, E. Mendoza Vázquez (Eds). *Memorias del segundo simposium internacional de investigación multidisciplinaria*. Simposio llevado a cabo en Santa Elena, Petén. Universidad de San Carlos de Guatemala, 175–180.

- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reaser, J. K., Meyerson, L. A., Cronk, Q., De Poorter, M., Eldrege, L. G., Green, E., ... y Vaiutu, L. (2007). Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. *Environmental Conservation*, 34(2), 98-111. doi: 10.1017/S0376892907003815
- Risler, J. y Ares, P. (2013). *Manual de Mapeo Colectivo; recursos cartográficos críticos para procesos territoriales de creación colaborativa*. Argentina: Tinta Limón. Recuperado de <https://geoactivismo.org/>
- Rocco, L., y Oliari, N. (2007). La encuesta mediante internet como alternativa metodológica. Recuperado de <https://cdsa.academica.org/000-106/392.pdf>
- Rodríguez-Santiago, M.A., García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., González-Solís, D., y Grano-Maldonado, M.I. (2016). Parasites of two coexisting invasive sailfin catfishes (Siluriformes: Loricariidae) in a tropical region of Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 14(3), e160021. doi: 10.1590/1982-0224-20160021
- Rogosch, J.S. y Olden, J.D. (2020). Invaders induce coordinated isotopic niche shifts in native fish species. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77, 1348-1358. doi: <https://doi.org/10.1139/cjfas-2019-0346>
- Rubio, V.Y., Gibbs, M.A., Work, K.A. y Bryan, C.E. (2016). Abundant feces from an exotic armored catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991), create nutrient hotspots and promote algal growth in a Florida spring. *Aquatic Invasions*, 11(3), 337-350. doi: 10.3391/ai.2016.11.3.11
- Ruiz-Ordoñez, J.A. y Sigüenza de Micheo, R.R. (1999). *Plan Maestro de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico*. Centro de Estudios Conservacionistas, Consejo Nacional de Áreas

- Protegidas, Proyecto “Aprovechamiento sostenible de los recursos asociados a los manglares del Pacífico de Guatemala” (INAB-UICN-UE). Guatemala.
- Schmitter-Soto, J.J., Valdez-Moreno, M. E. y R. L. Herrera Pavón. (2014). Evaluación del riesgo de invasión del pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.) desde el río Bravo, Belice, hasta el cauce principal del río Hondo, México. Informe Técnico. ECOSUR Chetumal, México. 31 pp.
- Seshagiri, B. et al. (2021). Suckermouth armoured catfish (*Pterygoplichthys* spp.) menace in freshwater aquaculture and natural aquatic systems in Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(1), 375-384. doi: <https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i1e.2423>
- Sim, J. y Waterfield, J. (2019). Focus group methodology: some ethical challenges. *Quality & Quantity*, 53(6), 3003–3022. doi: <https://doi.org/10.1007/s11135-019-00914-5>
- Solano, D.H. y Molina, A. (2011). Peces Diablo (Teleosteo: Siluriformes, Loricariidae) en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. *Biocenosis*, 25(1-2), 79-86. Recuperado de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1190>
- Stolbunov, I.A., Guskova, V.A., Dienb, T.D. y N. Thi Hai Thanhb. (2021). Food Spectrum, Trophic and Length-Weight Characteristics of Nonindigenous Suckermouth Armored Catfishes *Pterygoplichthys* spp. (Loricariidae) in Vietnam. *Inland Water Biology* 14 (5): 597–605.
- Sumanasinghe, H.P.W. y Amarasinghe, U. (2013). Population dynamics of accidentally introduced Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Siluriformes, Loricariidae) in Pologolla reservoir, Sri Lanka. *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences*, 18, 37-45. doi: 10.4038/sljas.v18i0.7040
- Suresh, V.R., Ekka, A., Biswas, D.K., Sahu, S.K., Yousuf, A. y Das, S. (2019). Vermiculated sailfin catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Actinopterygii: Siluriformes: Loricariidae): Invasion,

- biology, and initial impacts in east Kolkata Wetlands, India. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 49(3), 221-233. doi: 10.3750/AIEP/02551
- USAID (2020). Caracterización de Desembarques de Pesca Artesanal Estuarina, Reserva Natural De Usos Múltiples Monterrico (Septiembre 2019 – Enero 2020). Proyecto Biodiversidad de USAID. 49 pp.
- Vaccaro, I., Smith, E.A., y Aswani, S. (Ed.). (2010). *Environmental Social Sciences: Methods and Research Design*. UK: Cambridge University Press.
- Van den Ende, O. (2014). Burrowing by Sailfin Catfish (*Pterygoplichthys* sp.): A Potential Cause of Erosion in Disturbed Environments. *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin*, 14(1), 1-9. Recuperado de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA597457.pdf>
- van den Wollenberg, A.L. (1977). Redundancy analysis an alternative for canonical correlation analysis. *Psychometrika*, 42(2), 207–219. Recuperado de https://sites.ualberta.ca/~lkgray/uploads/7/3/6/2/7362679/wollenberg_1977.pdf
- Velásquez, V.W. (2013). *The Devil comes through water: invasion of the devil fish (Loricariidae) in the Grijalva river, Mexico* (Tesis de grado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.
- Wakida-Kusunoki, A.T., Ruiz-Carus, R., y Amador-del-Angel, E. (2007). Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 52(1), 141-144. doi: 10.1894/0038-4909(2007)52[141:ASCPPC]2.0.CO;2
- Wakida-Kusunoki, A. T., y Amador del Angel, L.E. (2008). Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) y *P. disjunctivus* (Weber 1991) (Siluriformes: Loricariidae) en el Sureste de México. *Hidrobiológica*, 18(3), 251-256. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972008000300008

- Wei, H. et al. (2017). The distribution, establishment and life-history traits of non-native sailfin catfishes *Pterygoplichthys* spp. in the Guangdong province of China. *Aquatic Invasions*, 12(2), 241-249. doi: <https://doi.org/10.3391/ai.2017.12.2.11>
- Wijethunga, U. y Epa, U. (2008). Food resource partitioning of accidentally introduced, *Pterygoplichthys multiradiatus* (Sucker mouth cat fish) with some of the alien and indigenous fish species in Sri Lanka. En *National Symposium on Invasive Alien Species*, 2008 (pp. 103-119). Sri Lanka: Sri Lanka Foundation Institute.
- Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A. y Losos, E. (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*, 48(8), 607-615. doi: <https://doi.org/10.2307/1313420>
- Yamamoto, M.N. y Tagawa, A.W. (2000). Hawaii's native and exotic freshwater animals. Hawaii: Mutual Publishing.
- Zaret, T.M. y Paine, R.T. (1973). Species introduction in a tropical lake: a newly introduced piscivore can produce population changes in a wide range of trophic levels. *Science*, 182(411), 449-455. doi: [10.1126/science.182.4111.449](https://doi.org/10.1126/science.182.4111.449)

13. Apéndices

Anexo 1. Fotografías de los cuatro tipos de hábitat muestreados: canal con manglar CM (izquierda-arriba), canal con tular/carrizal CTC (derecha-arriba), laguna con manglar LM (izquierda-abajo), laguna con tular/carrizal LTC (derecha-abajo).



Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo 2. Equipo: ictiómetro y balanza



Anexo 3. Fotografía de la parcela de vegetación flotante



Anexo 4. Guía de mapeo participativo con pescadores artesanales de la RNUMM.

GUIA MAPEO PARTICIPATIVO

EL PEZ DIABLO EN LA RESERVA DE USOS MÚLTIPLES MONTERRICO

Mayo 2021

Introducción

La intención de realizar un encuentro con los pescadores de Monterrico a través de un ejercicio de mapeo participativo es con el objeto de representar espacialmente los conocimientos colectivos relacionados a la presencia del pez diablo. Así como también los impactos en la vida cotidiana de los pescadores y en los ecosistemas de la reserva.

Objetivos

- Identificar espacialmente los sitios relacionados a aspectos biológicos de los peces diablo en la RNUMM.
- Determinar espacialmente problemáticas asociadas a la presencia de peces diablo en la RNUMM.

Materiales

- Mapas de la Reserva impresos. En función del número de participantes así será el número de mapas.
- Cartulinas
- Crayones de colores
- Videograbadora
- Cámara fotográfica
- Grabadora digital de audio
- Papeles de colores

- Tachuelas y masking tape
- Iconos, símbolos o imágenes recortadas para pegar (anzuelos, silueta peces, casitas, emoticon enojado, carita alegre, distintas figuras geométricas de colores)

Preguntas a resolver

1. ¿Desde cuándo han visto al pez diablo en Monterrico? En Hawaii? En otro lugar que ustedes sepan. Dibujar y agregar los sitios en un mapa en blanco, colocar fechas.
2. Localicen las áreas donde han pescado pecos. (Anzuelos)
3. Localicen las áreas donde creen que existen más peces diablo en la reserva (Siluetas peces)
4. ¿Dónde creen que viven y hacen sus cuevas estos peces? (Casitas)
5. ¿Dónde causan más problemas los peces diablo a la pesca? (Emoticones enojados)
6. ¿En cuáles lugares es difícil encontrar peces diablo? (Emoticones alegres)
7. ¿Cuáles problemas en el ambiente ha visto, que estén relacionados con la presencia del pez diablo en Monterrico? ¿En dónde? (Distintas figuras geométricas)

Anexo 5. Guías de grupos focales con pescadores y pescadoras artesanales de la RNUMM.

GUIA GRUPO FOCAL I

IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DEL PEZ DIABLO EN LA RESERVA DE USOS MÚLTIPLES MONTEERRICO

Julio 2021

Introducción

La intención de realizar grupos focales de pescadores artesanales en la RNUMM es con el objetivo de discutir colectivamente cuáles son los impactos socioeconómicos en las vidas de los pescadores derivados de la pesca del pez diablo, a través de un ejercicio de discusión, conversación y construcción de conocimientos. Este primer grupo focal se centrará en discutir los impactos económicos.

Objetivo

- Identificar los impactos económicos de la pesca del pez diablo en las vidas de los pescadores artesanales de la RNUMM.

Materiales

- Madeja de hilo/lana
- Videgrabadora
- Cámara fotográfica
- Grabadora digital de audio y/o cuaderno de apuntes

Preguntas guías en la discusión colectiva

- ¿Cómo ha impactado la pesca del pez diablo en la economía familiar?
- ¿Qué han tenido que hacer para disminuir el impacto económico en sus vidas cotidianas?
- ¿Cuáles cosas cambiaron en sus tareas de pesca por el COVID?

Guía para moderador: preguntar si se puede sobre cuánto han perdido en materiales, cuánto en ganancias, actividades extra que antes no hacían, cuáles impactos en medios de vida (servicios, alimentación, vestido, etc.). o: ¿Por qué opinan así? ¿En qué sentido lo dicen? ¿Podrían darme un ejemplo de ello? ¿Por qué les parece muy importante esa acción?

Procedimiento

En virtud de las medidas sanitarias derivadas de la pandemia del COVID19 el total de pescadores será dividido en tres grupos de 6 pescadores, esperando que sea un grupo heterogéneo en relación al lugar donde viven. Cada discusión se espera que tarde 60 minutos lo máximo.

Con la madeja de hilo/lana se empezará a compartirla y cada persona que la reciba tendrá el tiempo que requiera para contar sus experiencias en relación a los impactos económicos del pez diablo en su vida, cuando lo considere entonces lanza la madeja a alguien más y quien recibe sigue con el tema desde su punto de vista pudiendo estar de acuerdo o no con la anterior persona. Así hasta que todos hayan tenido la oportunidad de hablar.

La actividad será grabada con video o sonido, previo consentimiento de los participantes, la información será anónima y confidencial. En caso contrario, se tomarán notas lo más fiel posible a la discusión.

GUIA GRUPO FOCAL II

IMPACTOS SOCIALES DEL PEZ DIABLO EN LA RESERVA DE USOS MÚLTIPLES MONTERRICO

Agosto 2021

Introducción

La intención de realizar grupos focales de pescadores artesanales en la RNUMM es con el objetivo de discutir colectivamente cuáles son los impactos socioeconómicos en las vidas de los pescadores derivado de la pesca del pez diablo, a través de un ejercicio de discusión, conversación y construcción de conocimientos. Este segundo grupo focal se centrará en discutir los impactos sociales.

Objetivo

- Identificar los impactos sociales de la pesca del pez diablo en las vidas de los pescadores artesanales de la RNUMM.

Materiales

- Videgrabadora
- Cámara fotográfica
- Grabadora digital de audio y/o cuaderno de apuntes

Preguntas guías en la discusión colectiva

- ¿Cómo ha impactado la pesca del pez diablo en la vida de la comunidad y la familia?
- ¿Cómo se sienten personalmente sobre estos impactos?
- ¿Qué han hecho para minimizar estos impactos en la vida cotidiana?

Guía para moderador: preguntar si se puede sobre cosas de mucho impacto negativo (conflictos, estar de “bajón”, etc) y cuáles son sus sentimientos en relación a los impactos sociales. ¿Por qué opinan así? ¿En qué sentido lo dicen? ¿Podrían darme un ejemplo de ello? ¿Por qué les parece muy importante mencionar esto?

Procedimiento

En virtud de las medidas sanitarias derivadas de la pandemia del COVID19 y por efectos del primer grupo focal, el total de pescadores será el mismo que participó en el grupo focal de julio. A ellos se invitarán 3 pescadores más, lo que hará un total de 10 personas. Al ser un grupo de 10 personas se espera que todos puedan compartir sus experiencias y construir una narrativa colectiva sobre los impactos en la comunidad de pescadores.

La actividad será grabada con video o sonido, previo consentimiento de los participantes, la información será anónima y confidencial. En caso contrario, se tomarán notas lo más fiel posible a la discusión.

GUIA GRUPO FOCAL III

PECES DIABLO EN LA RESERVA DE USOS MÚLTIPLES MONTEERRICO

Octubre 2021

Introducción

Entre el grupo de personas que realizan actividades de pesca, se encuentran mujeres que aunque en menor proporción también poseen conocimientos sobre esta actividad y también se ven impactadas por la presencia del pez diablo en la reserva. La intención de realizar un taller con ellas, es para discutir colectivamente cuáles son los impactos socioeconómicos en sus vidas derivado de la pesca del pez diablo, a través de un ejercicio de discusión, conversación y construcción de conocimientos. Este grupo de mujeres discutirá dichos impactos a partir de tres preguntas guías.

Objetivo

- Identificar los impactos sociales y económicos de la pesca del pez diablo en las vidas de las mujeres pescadoras artesanales de la RNUMM.

Materiales

- Videgrabadora
- Cámara fotográfica

- Grabadora digital de audio y/o cuaderno de apuntes

Preguntas guías en el taller

- ¿Cómo ha impactado la pesca del pez diablo en su vida y la de su familia? ¿Cómo se sienten personalmente sobre estos impactos?
- ¿Qué han hecho para minimizar estos impactos en la vida cotidiana?

Procedimiento

En virtud de las medidas sanitarias derivadas de la pandemia del COVID19 se invitarán al menos 10 mujeres pescadoras a participar de este taller. Si en dado caso no se confirmaran su presencia se procederá a invitar a esposas de los pescadores que han estado participando.

Al ser un grupo de 10 personas se espera que todos puedan compartir sus experiencias y construir una narrativa colectiva sobre los impactos en la comunidad de pescadores. La actividad será grabada con video o sonido, previo consentimiento de los participantes, la información será anónima y confidencial. En caso contrario, se tomarán notas lo más fiel posible a la discusión.

A continuación, se describen las actividades a desarrollar:

Primera Parte: Método de Usos Múltiples (Pearson, et.al, 2018)

Este método servirá como introducción para crear un escenario donde se genere energía, creatividad y pensar fuera de lo normal. Muchas veces un objeto tiene un propósito o uso especificado, ejemplo una cama para dormir. Sin embargo, al pedirle a las personas que piensen y relacionen un objeto con otros ojos, y darle un uso distinto se abren las posibilidades y se calientan “los músculos creativos” en un taller.

Materiales:

- un objeto o dos que se utilicen en las actividades de pesca artesanal
- hojas de papel en blanco
- marcadores

Paso 1. Preguntarle a un participante que coloque el objeto en el centro del grupo para que todas lo vean.

Paso 2. En una hoja en blanco, los participantes son invitados a escribir todos los usos o significados que se les venga a la mente con dicho objeto, Cualquier cosa que se les ocurra no debe ser desechada. 5 min.

Paso 3. Todas las personas comparten lo que escribieron.

Segunda Parte: Método de Collage (Pearson, et.al, 2018)

En este método se accede a conocimiento intuitivo y creación de sentido estético. Se desvía del pensamiento lineal y lo acostumbrado. Contribuye a la ideación innovadora y encuadres nuevos. Este método permite el pensamiento emocional y racional combinando imágenes libremente las cuales inspiran nuevas cosas. Con ello se pueden expresar ideas, temas y emociones usando representación visual. El collage servirá para responder las preguntas guías del taller.

Paso 1. Colocar revistas para recortar y crayones o marcadores en abundante número.

Paso 2. Explicar con las preguntas guías el objetivo del collage. Las personas se separan y crean sus collages en grupos de dos.

Paso 3. Cuando se acabe el tiempo, los participantes describen la historia y lo que significa el collage que hicieron.

Paso 4. Entre todas se discuten los resultados de los collages y se reflexiona sobre qué podrían ser caminos a seguir.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo 6. Datos de la caracterización de hábitat de los puntos de muestreo en la RNUMM.

Punto de colecta	Sitio	Tipo de hábitat	pH	Conductividad	TDS (ppm)	PSU	Temperatura (°C)
1	San Marcos	Laguna-manglar	7.05	2572	1286	1.315	29.54
	San Marcos	Laguna-manglar	7.06	2648.50	1324	1.35	30.78
	San Marcos	Laguna-manglar	6.95	2817	1408	1.445	30.61
2	San Pedro	Canal-manglar	7.13	645.67	322.67	0.31	30.78
	San Pedro	Canal-manglar	7.01	722.67	361.33	0.35	30.97
	San Pedro	Canal-manglar	7.21	894	446.67	0.43	31.49
3	Montecillo	Laguna-Tular-Carrizal	7.22	308	154	0.14	30.86
	Montecillo	Laguna-Tular-Carrizal	6.95	286.67	143.33	0.13	30.57
	Montecillo	Laguna-Tular-Carrizal	6.84	256	128	0.12	30.06

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

4	Pumpo	Canal-Tular-Carrizal	7.11	436	218.33	0.21	30.66
	Pumpo	Canal-Tular-Carrizal	6.87	335.33	167.67	0.16	30.37
	Pumpo	Canal-Tular-Carrizal	6.86	529	264.33	0.25	30.56
5	Rama Verde	Laguna-manglar	7.00	616.67	307.67	0.29	30.64
	Rama Verde	Laguna-manglar	6.98	680.33	340.33	0.33	30.56
	Rama Verde	Laguna-manglar	6.99	651.33	325.33	0.31	30.58
6	Monterrico	Canal-manglar	6.86	290	144.67	0.14	29.56
	Monterrico	Canal-manglar	6.88	296	148.33	0.14	29.74
	Monterrico	Canal-manglar	6.89	320	159.67	0.15	29.69
7	Potrero	Laguna-Tular-Carrizal	6.79	244.33	122.67	0.11	29.99
	Potrero	Laguna-Tular-Carrizal	6.83	328	161.33	0.15	29.60
	Potrero	Laguna-Tular-Carrizal	6.91	202.53	142.33	0.13	30.56

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

8	La larga	Canal-Tular-Carrizal	7.23	351.31	167.23	0.24	31.26
	La larga	Canal-Tular-Carrizal	7.36	817.33	409	0.40	31.50
	La larga	Canal-Tular-Carrizal	7.64	693.33	346.33	0.33	31.51
9	Guiscoyol	Laguna-manglar	11.40	548.67	274	0.26	30.83
	Guiscoyol	Laguna-manglar	8.43	571.33	285.67	0.27	31.33
	Guiscoyol	Laguna-manglar	10.18	598.33	299	0.29	30.53
10	Vuelta venado	Canal-manglar	6.76	477.67	238.67	0.23	30.76
	Vuelta venado	Canal-manglar	6.99	522.33	257.33	0.25	30.71
	Vuelta venado	Canal-manglar	6.93	487.33	243.33	0.23	30.65
11	Tortugario	Laguna-Tular-Carrizal	7.08	434	217	0.20	31.59
	Tortugario	Laguna-Tular-Carrizal	7.09	476	237.67	0.22	32.27

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

	Tortugario	Laguna-Tular-Carrizal	6.99	426	212.67	0.2	31.64		
12	La bomba	Canal-Tular-Carrizal	6.83	266	133	0.13	29.30		
	La bomba	Canal-Tular-Carrizal	6.84	253.67	127	0.12	29.27		
	La bomba	Canal-Tular-Carrizal	6.83	262.33	131.33	0.12	29.45		
Punto de colecta	Sitio	Tipo de hábitat	Profundidad (m)	% Mangle rojo	% Mangle blanco	% Tular	% Carrizal	Altura vegetación (m)	% Vegetación flotante
1	San Marcos	Laguna-manglar	1.00	100	0	0	0	12	0
	San Marcos	Laguna-manglar	1.10	100	0	0	0	13	7
	San Marcos	Laguna-manglar	1.25	100	0	0	0	9.50	0
2	San Pedro	Canal-manglar	1.00	50	40	40	0	10	0
	San Pedro	Canal-manglar	1.40	90	0	0	0	10	0
	San Pedro	Canal-manglar	1.25	80	20	0	0	9	0

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

3	Montecillo	Laguna-Tular-Carrizal	0.85	0	0	15	80	2.25	0
	Montecillo	Laguna-Tular-Carrizal	1.00	0	0	75	25	2.15	0
	Montecillo	Laguna-Tular-Carrizal	1.00	0	0	80	20	2.15	0
4	Pumpo	Canal-Tular-Carrizal	1.50	20	0	10	50	2.40	27
	Pumpo	Canal-Tular-Carrizal	1.40	0	0	55	10	2.50	50
	Pumpo	Canal-Tular-Carrizal	1.60	0	0	60	40	2.50	52
5	Rama Verde	Laguna-manglar	1.25	7.50	90	2.50	0	7	0
	Rama Verde	Laguna-manglar	1.35	0	100	0	0	8	0
	Rama Verde	Laguna-manglar	1.40	0	77.50	10	0	8.50	0
6	Monterrico	Canal-manglar	1.25	70	0	30	0	7.50	0
	Monterrico	Canal-manglar	1.25	70	30	0	0	10	8
	Monterrico	Canal-manglar	1.30	90	9.50	0.50	0	7	0

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

7	Potrero	Laguna-Tular-Carrizal	1.40	0	0	70	30	2.50	3
	Potrero	Laguna-Tular-Carrizal	1.40	0	0	70	30	2.75	5
	Potrero	Laguna-Tular-Carrizal	1.40	0	0	70	30	2.25	5
8	La larga	Canal-Tular-Carrizal	1.30	0	0	75	25	2.50	14
	La larga	Canal-Tular-Carrizal	1.30	0	0	85	15	2.50	0.45
	La larga	Canal-Tular-Carrizal	1.40	0	0	82.50	17.50	2.25	0
9	Guiscoyol	Laguna-manglar	0.90	25	65	10	0	13	0
	Guiscoyol	Laguna-manglar	1.00	47.5	50	2.50	0	12	0
	Guiscoyol	Laguna-manglar	0.90	0	92.50	10	0	11	0
10	Vuelta venado	Canal-manglar	2.00	10	90	0	0	13.50	0
	Vuelta venado	Canal-manglar	1.20	45	55	0	0	16	0

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

	Vuelta venado	Canal-manglar	2.40	25	75	0	0	12	0
11	Tortugario	Laguna-Tular-Carrizal	1.28	0	0	50	50	2.50	2.67
	Tortugario	Laguna-Tular-Carrizal	1.48	0	0	50	50	3	26.77
	Tortugario	Laguna-Tular-Carrizal	1.10	0	0	50	50	3	0
12	La bomba	Canal-Tular-Carrizal	1.49	0	0	50	50	2	26.67
	La bomba	Canal-Tular-Carrizal	2.55	0	0	50	50	2.55	0
	La bomba	Canal-Tular-Carrizal	1.50	0	0	50	50	2.50	0

Anexo 7. Encuesta electrónica realizada a acuaristas y personas dueñas de acuarios.

PECES DIABLO EN GUATEMALA

Somos un equipo de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizando un estudio sobre los peces exóticos llamados peces diablo, plecos o limpia-peceras. Al compartir este cuestionario queremos recabar información sobre las especies de plecos que se pueden encontrar en los acuarios de la Ciudad de Guatemala. Con este cuestionario pretendemos generar información sobre estas especies que nos permita dar recomendaciones de manejo y entender mejor la historia detrás de sus avistamientos en ríos y lagos del país.

1. ¿Cuál es su ocupación en el entorno de acuarios y especies acuáticas?

GENERALIDADES

2. ¿En qué año (más o menos) empezó su interés por los acuarios?
3. ¿Tiene o ha tenido una tienda de peces y/o equipo para acuarios?
4. Si respondió que sí, ¿cuántos años tiene de vender peces y/o equipo para acuarios?
5. ¿En dónde se ubica su tienda de peces o en qué lugar comercializa?
6. ¿Conoce al pez llamado pleco o limpia-peceras?
7. ¿Tiene o ha tenido alguna vez plecos en su acuario?
8. ¿Vende o ha vendido alguna vez plecos en su negocio?
9. ¿Recuerda en qué año más o menos empezó a comercializar plecos?

PLECOS EN ACUARIOS

10. ¿Cuántas especies de plecos conoce o sabe que venden en acuarios?
11. ¿Cuántas especies de plecos ha comercializado?
12. ¿Conoce el nombre científico de las especies de plecos? ¿Podría escribirlas?
13. ¿En qué lugar adquiere/adquirió plecos?
14. ¿En dónde se ubica el lugar en donde adquirió plecos?
15. ¿Qué razón o razones le llevaron a adquirir o comercializar con plecos?

16. Al momento de vender plecos a sus clientes, ¿usted les brinda opciones de manejo sobre el pleco?
17. Si respondió que sí, ¿qué recomendaciones brindaría para manejar a los plecos en los acuarios?
18. ¿Conoce el potencial impacto negativo ocasionado por plecos si llegan a ser liberados en sitios naturales?

CONTROL DE PLECOS

En esta sección queremos saber su opinión sobre la forma de manejo de los plecos.

19. ¿Alguna vez ha escuchado o visto en las noticias sobre la presencia de pez diablo o pleco en cuerpos de agua de Guatemala?
20. ¿Desde cuándo? y de ser posible ¿en qué cuerpo de agua?
21. ¿Cree necesaria la prohibición de importación de estas especies?
22. ¿Cree necesaria la prohibición del cultivo de estas especies en Guatemala?
23. ¿Cree necesaria la prohibición de venta de estas especies en Guatemala?
24. ¿Qué opciones sugiere para controlar las especies de plecos si éstos se vuelven un problema ecológico?

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo 8. Cuadro de avistamientos en Centroamérica

Especie	Lat	Long	Cuerpo de Agua	Año	Fuente
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.04166667	-89.91611111	Arroyo Cantetul	1986	DIPESCA 2010
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.2769444	-90.1855556	Laguna Yala	2000	DIPESCA 2010
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.28166667	-90.70638889	Río San Pedro	2005	DIPESCA 2010
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.23954498	-89.80450502	Arroyo sin nombre	2009	Cano 2010; This study
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.202542	-89.608235	Arroyo sin nombre	2009	Cano 2010; This study
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.91590833	-90.9340667	Arroyo Yachilán	2011	Kihn-Pineda et.al 2012; USAC
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.9460556	-89.9437222	Lago Petén Itzá	2011	USAC
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.9460556	-89.9437222	Lago Petén Itzá	2011	USAC
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.93333333	-89.9333333	Lago Petén Itzá	2012	USAC
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.93333333	-89.9333333	Lago Petén Itzá	2012	USAC
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.557311	-90.28065	Riachuelo Machaquilá	2013	GBIF
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.534237	-90.189961	Río Petexbatún	2013	GBIF
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.073361	-89.7195	Río La Pasión	2013	GBIF
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	13.915702	-90.483102	Canal de Chiquimulilla	2013	PNUD 2018
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.944219	-89.974572	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.944219	-89.974572	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.944219	-89.974572	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.95101	-89.928829	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.95101	-89.928829	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.95101	-89.928829	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.93735	-89.923665	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.93735	-89.923665	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.93735	-89.923665	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.981146	-89.899421	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.981146	-89.899421	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.981146	-89.899421	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.922127	-89.873064	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	16.922127	-89.873064	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.922127	-89.873064	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	16.98716	-89.851531	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.98716	-89.851531	Lago Petén Itzá	2014	Penados Saravia 2014
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	15.924225	-90.664141	Laguna Lachuá	2016	Ariano-Sánchez et al. 2017

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

<i>Pterygoplichthys sp.</i>	14.716615	-91.268841	Lago de Atitlán	2017	Porón 2017
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.637	-89.869	Aguada	2017	Gaitan et al 2020
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.177	-89.408	Río Homul	2018	Gaitan et al 2020
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.177	-89.408	Río Homul	2018	Gaitan et al 2020
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.554836	-90.31572	Río Homul	2019	Gaitan et al 2020
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	16.491002	-90.052989	Río La Pasión	2019	Gaitán et al 2020
<i>Pterygoplichthys sp.</i>	17.177	-89.408	Río La Pasión	2019	Gaitán et al 2020

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo 9. Referencias de literatura que reporta impactos ecológicos causados por el pez diablo a nivel mundial.

No.	Impacto	Componente afectado	Dirección del impacto	Región / País	Referencias
1	Cambios en la estructura trófica por desplazamiento de especies nativas	Fauna	Indirecto	Estados Unidos, Indonesia, Sri Lanka, Tailandia, India	Hoover et al. (2004), Nico y Martin (2001), Elfidasari, Wijayanti y Muthmainah (2020), Chaichana y Jongphadungkiet (2012), Suresh et al. (2019), Seshagiri et al. (2021), Hoover, Murphy y Killgore (2014), Wijethunga y Epa (2008)
2	Destrucción de sitios de anidamiento y alimentación de otras especies	Vegetación	Directo	México	Mendoza et al. (2007)
3	Daño físico y/o muerte a otras especies	Fauna	Directo	Puerto Rico, México	Bunkley-Williams et al. (1994), Mendoza et al. (2007), Marengo (2010), Orfinger y Goodding (2018)
4	Afecta el comportamiento de otras especies	Fauna	Directo	Estados Unidos, México	Nico (2010), Pérez-Flores y Pigenutt-Galindo (2020)
5	Inestabilidad de los sedimentos en las riberas	Riberas	Indirecto	Estados Unidos, México, Indonesia	Hoover et al. (2004), Elfidasari et al. (2020), Capps et al. (2011), Lienart et al. (2013), Van den Ende (2014)
6	Aumento de la turbidez del agua	Agua	Directo	México	Mendoza et al. (2007), Aguirre-Muñoz et al. (2009), Marengo (2010), Fonseca-Hernández y Vargas-Alpízar (2018)
7	Alteración del ciclo biogeoquímico local	Ciclo biogeoquímico	Directo	México	Orfinger y Goodding (2018), Capps y Flecker (2013)
8	Alteración de la cantidad y calidad de los nutrientes	Ecosistema	Directo	México, Estados Unidos	Capps y Flecker (2013), Capps, Ulseth y Flecker (2014), Rubio et al. (2016)

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

	y recursos alimenticios en los cuerpos de agua				
9	Filtraciones de agua de humedales	Ecosistema	Indirecto	India	Suresh et al. (2019)
10	Aumento de especies tóxicas para otras especies	Perifiton	Indirecto	México	Mendoza et al. (2007)
11	Transmisión de enfermedades a especies nativas	Fauna	Indirecto	México	Mendoza et al. (2007), Rodríguez-Santiago et al. (2016), Fonseca-Hernández y Vargas-Alpizar (2018), Orfinger y Goodding (2018)
12	Contaminación del aire	Aire	Indirecto	México	Mendoza et al. (2007)

Anexo 10. Referencias de literatura que reporta impactos socioeconómicos causados por el pez diablo a nivel mundial.

No.	Impacto	Componente afectado	Dirección del impacto	Región / País	Referencias
1	Disminución del ingreso económico por pesca	Economía familiar	Directo	Estados Unidos, Guatemala, México, China, Filipinas, India	Wei et al. (2017), Chavez et al. (2006), Meena, Sundaramanickam y Kumar (2016), Hussan et al. (2019), Seshagiri et al. (2021), Penados (2014), Orfinger et al. (2019), Aguirre-Muñoz et al. (2009), Mendoza et al. (2007), Fonseca-Hernández y Vargas-Alpizar (2018).
2	Incremento en tiempo de pesca	Empleo	Indirecto	India, México	Suresh et al. (2019), Velásquez (2013), Marengo (2010)
3	Desempleo en pescadores	Empleo	Indirecto	México	Mendoza et al. (2007), Aguirre-Muñoz et al. (2009), Orfinger y Goodding (2018)
4	Migración	Empleo	Indirecto	México	Mendoza et al. (2007)
5	Salud de la población humana	Salud	Indirecto	México	Mendoza et al. (2007), Chavez et al. (2006)
6	Daños a las redes de pesca y	Medio de vida	Directo	India, Sri Lanka,	Suresh et al. (2019), Sumanasinghe y Amarasinghe

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

	aumento de tiempo para repararlas			Filipinas, México	(2013), Chavez et al. (2006), Hussan et al. (2019), Seshagiri et al. (2021), Mendoza et al. (2007), Aguirre-Muñoz et al. (2009), Orfinger y Goodding (2018)
7	Daño a las manos de pescadores	Salud	Directo	México, India	Suresh et al. (2019), Aguirre-Muñoz et al. (2009)
8	Daño a equipo de acuicultura y terraplenes	Construcción	Directo	Filipinas, India	Guerrero (2014), Moroni et al. (2015), Hussan et al. (2019)
9	Disminución de Turismo	Economía de la comunidad / Imagen del sitio	Indirecto	México	Marenco (2010)

Anexo 12. Categorías sugeridas de control y manejo de peces diablo

Tipos Sugerencias	Frecuencia	%
Educación	5	16.7
Utilización	8	26.7
Regulación y control	5	16.7
Prohibición	5	16.7
Erradicación	4	13.3
No sabe/no responde	3	10.0

Fuente: Encuestas DIGI AP200-2021

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo Fotografías. Colecta de peces en los puntos de muestreo en la RNUMM.



Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo Fotografías. Caracterización de hábitat en los puntos de muestreo en la RNUMM.



Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Anexo Fotografías. Grupos focales y talleres de mapeo con hombres y mujeres pescadoras de la RNUMM.



14. Aspectos éticos y legales

Durante el desarrollo de los grupos focales y mapeo participativo se informó sobre la naturaleza de la actividad y se preguntó acerca de obtener el consentimiento para realizar fotografías y utilización de la información. En cada caso la respuesta fue afirmativa por parte de los participantes. Así mismo se tomó en cuenta todas las disposiciones nacionales y de la USAC en torno a mantener condiciones para evitar contagios por el COVID-19.

15. Vinculación

El proyecto estableció vínculos con la Asociación de Acuaristas de Guatemala AGUA y con personal de DIPESCA y ARCAS.

16. Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Se elaboraron dos afiches para difusión de información para población en general y para público infantil. El primero se corresponde con información relevante de peces exóticos y del pez diablo. Mientras que el segundo tiene información para el manejo de peces de acuario y evitar su dispersión en ecosistemas acuáticos. Así mismo se escribió un artículo científico en español el cual será enviado a la revista Pan American Journal of Aquatic Sciences.



Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

17. Aporte de la investigación a los ODS:

Esta investigación contribuye al objetivo de desarrollo sostenible No.14 Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible. La investigación se realizó dentro de un área protegida marino-costera, principalmente dentro de un humedal en donde muchas especies marinas cumplen su etapa de reproducción y crecimiento antes de ir al mar y que representan gran importancia para la seguridad alimentaria y sostenimiento de los medios de vida local. Siendo el pez diablo una especie exótica e invasora en la Reserva y que representa una amenaza para los ecosistemas acuático-costeros y la vida comunitaria, los resultados de esta investigación permitieron documentar los impactos ecológicos y socioeconómicos producidos por el pez diablo a partir de su presencia en la Reserva, y que afectan tanto a otras especies acuáticas como a la pesquería artesanal.

18. Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
María de los Ángeles Schoenbeck Yanes	Investigador	20210446	Sí	
Emily Arleth Pineda Posadas	Auxiliar	20210472	Sí	

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

19. Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

<p>Fernando José Castillo Cabrera Coordinador Proyecto de Investigación</p>	 <p>Firma</p>
<p>Fecha: 26/01/2022</p>	

20. Aval de la Directora del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto <<Análisis del impacto ecológico y socioeconómico causado por la especie exótica Pez Diablo (Loricariidae) en la Reserva Natural Monterrico>> en mi calidad de Directora del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

Vo.Bo. Dra. María Eunice Enríquez Cotton Directora Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas	Firma
Fecha: 26/01/2022	

21. Visado de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. Ing. Liuba Cabrera Ovalle Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación	Firma
Fecha: 26/01/2022	

Vo.Bo. Ing. Agr. Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación	Firma
Fecha: 26/01/2022	

Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-