

EL PEZ DIABLO EN MÉXICO

Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros

Luis Amado Ayala Pérez
Brenda Iliana Vega Rodríguez
Greicy Janet Terán González
Gabriela Elisabeth Martínez Romero



Universidad Autónoma Metropolitana

Rector General

Dr. Salvador Vega y León

Secretario General

M. en C.Q. Norberto Manjarrez Álvarez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, UNIDAD XOCHIMILCO

Rectora

Dra. Patricia E. Alfaro Moctezuma

Secretario

Lic. G. Joaquín Jiménez Mercado

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director

Mtro. Rafael Díaz García

Secretaria Académica

Dra. Leonor Sánchez Pérez

Jefe del Departamento de El Hombre y su Ambiente

Dr. Gilberto Vela Correa

Responsable del Programa Editorial

Lic. Zyanya Patricia Ruiz Chapoy

“EL PEZ DIABLO EN MÉXICO: GUÍA PARA ADMINISTRADORES Y USUARIOS DE RECURSOS PESQUEROS”.

Primera Edición: 2015

ISBN: 978-607-000-000-0

D.R. ©Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Xochimilco

Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán
04960 México, D.F., Tel.: 5483-7000 ext. 3783

D.R. © Autores: Luis Amado Ayala Pérez, Brenda Iliana Vega Rodríguez,
Greicy Janet Terán González y Gabriela Elisabeth Martínez Romero

Impreso y hecho en México

COLABORADORES

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco
Departamento El Hombre y su Ambiente
Laboratorio de Ecología Aplicada.

Biól. Orson Vasco Villa

Biól. Amalia Callejas Chavero

Pas Biól. José Augusto Chávez Valades

Biól. María Guadalupe Segoviano Padrón

Biól. Ariana Magdalena Rosas Valdez

Pas Biól. Tania Álvarez Mejía

Pas Biól. Ali Itzayana Chávez Trujillo

M en C. Alma Delia Pineda Peralta

Biól. Rubén Muñoz de Cote Hernández

Biól. Libertad Orozco Barajas

Biól. Maya Érin Morales McDevitt

Biól. Suzana Soledad Santos Montesinos

Lic. Pablo Damián Ayala Niño

Diseño de imagen de portada: Lic. Nelly Terán González

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento El Hombre y su Ambiente de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Al Programa de Conservación de Especies Prioritarias (PROCER) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Al Biól. Eduardo Rendón Hernández Consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo de Especies Invasoras. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación. CONANP.

A la M. en C. Teresa Ruíz Olvera. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación, CONANP.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL PEZ DIABLO	11
Distribución original del pez diablo	11
Dispersión del pez diablo en el mundo	12
Introducción y dispersión del pez diablo en México	13
Posibles causas de la introducción del pez diablo en México	14
Registros actuales en cuerpos de agua de México	14
GENERALIDADES SOBRE LA BIOLOGÍA DEL PEZ DIABLO	15
Nombres comunes y clasificación taxonómica	15
Hábitos de alimentación	18
Ciclo de vida y reproducción	19
Características adaptativas	20
ESTRATEGIAS PARA LA ATENCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE INVASIÓN ..	21
Estrategias de comunicación	21
Propuestas de canales de divulgación	22
Programa de educación ambiental	23
Talleres teórico-prácticos para la capacitación de administradores y usuarios de recursos pesqueros	24
APROVECHAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE CONTROL	27
Consumo humano: Características organolépticas y nutricionales del pez diablo	27
Manipulación del pez diablo para consumo humano	29
Identificación del pez y técnicas de corte	29
Delicias del pez diablo	31
Harina de pez diablo	33
Producción de harina de pez diablo	34
Ensilado	36
Biogás y Biofertilizantes	39

ACCIONES PARA LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN TEMPRANA Y RESPUESTA RÁPIDA PARA EVITAR LA INVASIÓN DEL PEZ DIABLO	45
Amenazas ecológicas por la introducción del pez diablo en los ecosistemas	45
Impactos económicos por la invasión del pez diablo	46
Impactos sociales	46
Medidas de prevención de la introducción del pez diablo	46
Detección temprana de la introducción del pez diablo	47
MONITOREO Y EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	51
Métodos de captura	51
Caracterización de la población	53
Estimación de edad	53
Determinación de sexo y madurez gonádica	54
Determinación de contenidos estomacales	55
LITERATURA CITADA	57

INTRODUCCIÓN

Las especies invasoras son aquellas que son trasladadas e introducidas accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, con capacidad de colonizar, invadir y persistir; cuya introducción y dispersión amenaza a la diversidad biológica causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana (Chornesky *et al.* 2005). Después de la destrucción del hábitat, el impacto por las especies invasoras ha sido identificado como la segunda causa, a nivel global, de la pérdida de biodiversidad (Rodríguez 2001; Leung *et al.* 2002).

En la actualidad diversos ecosistemas se han visto modificados debido entre otras causas, a la aparición de especies exóticas invasoras, las cuales tienen un elevado potencial para afectar negativamente al ecosistema, ya que desplazan a las especies nativas por competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades, modificación del hábitat y la alteración en la estructura de los niveles tróficos (Goldburg & Triplett 1997; IMTA *et al.* 2007). En ocasiones, las especies invasoras se hibridan con especies nativas alterándose así el banco genético original del ecosistema (Mooney & Cleland 2001).

El pez diablo se considera una especie invasora y una amenaza para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales en México. La captura del pez diablo en estos ecosistemas ha crecido exponencialmente, lo que ha generado problemas de índole ecológico, económico y social. Por lo tanto, el pez diablo puede desestabilizar a la comunidad de peces endémica, así como alterar la estructura del ecosistema. Por lo que el objetivo de esta guía es proporcionar conocimientos útiles sobre el pez diablo, proponer acciones de manejo con el fin de promover y establecer un plan de prevención, detección temprana, respuesta rápida y control de la especie, para disminuir su dispersión e impactos. Por tanto, la guía: “El pez diablo en México” está dirigida a administradores y usuarios de recursos pesqueros.

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL PEZ DIABLO

El pez diablo cuenta con características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento que lo hacen una especie con gran potencial de invasión, una alta capacidad de dispersión y una significativa tasa de proliferación de sus poblaciones; provocando el desplazamiento de especies nativas o de recursos pesqueros tradicionalmente utilizados, mediante la competencia por alimento y espacio (Oliveira *et al.* 2001; Da Cruz *et al.* 2009; Mendoza *et al.* 2007).

A continuación se describe brevemente la distribución original del pez diablo, así como su introducción y dispersión en el mundo, y en particular en los distintos estados de la República Mexicana.

Distribución original del pez diablo

Los peces de la familia Loricariidae se integra por los bagres blindados del orden Siluriformes con cerca de 80 géneros y más de 800 especies originarias de Sudamérica (cuenca del Amazonas), Panamá y Costa Rica (Figura 1); su distribución natural va desde las pendientes del Pacífico de Costa Rica hasta Uruguay (Armbruster & Page 2006; Mendoza *et al.* 2007).



Figura 1. Mapa de la distribución original del pez diablo en Sudamérica

Dispersión del pez diablo en el mundo

La dispersión de los loricáridos comenzó a mediados del siglo XX, su presencia fuera de su área de distribución natural se reportó por primera vez en aguas naturales de América del Norte y Central y posteriormente en islas del Pacífico (Hoover *et al.* 2004).

Se considera que las primeras introducciones de pez diablo en aguas estadounidenses se remontan a los años 50's (Burgess 1958). La presencia del pez diablo del género *Pterygoplichthys* en el sureste de Florida se registró por primera vez en 1971 (Courtenay *et al.* 1984) y tiempo después se confirmó su establecimiento con grado de invasión (Courtenay *et al.* 1986).

Se ha reportado la presencia del pez diablo en varias partes de los Estados Unidos de América (Texas, Hawai y Florida) (Nico & Martin 2001; López & Winemiller 2005; Ludlow & Walsh 1991). También se han establecido poblaciones en Filipinas (Chávez *et al.* 2006); Taiwán (Liang & Shieh 2005); Puerto Rico (Bunkley-Williams *et al.* 1994), Trinidad, Guyana y Perú (Froese & Pauly 2015); Singapur (Tan & Tan 2003); Sumatra, Malasia, Indonesia, Java (Page & Robins 2006; Samat *et al.* 2008) y Vietnam (Levin *et al.* 2008). En la figura 2 se señalan los países donde se ha confirmado el establecimiento del pez diablo en el mundo.

El pez diablo es una especie apreciada por los aficionados al acuarismo debido a su apariencia distintiva, resistencia y propensión a consumir las algas. Sin embargo, varias especies alcanzan un gran tamaño, dejan de caber en su espacio confinado y aparentemente son liberadas por sus propietarios en aguas naturales (Herrera-Solano & Molina-Arias 2011). Estas introducciones constituyen uno de los mecanismos responsables de la dispersión de las poblaciones en diversas partes del mundo.

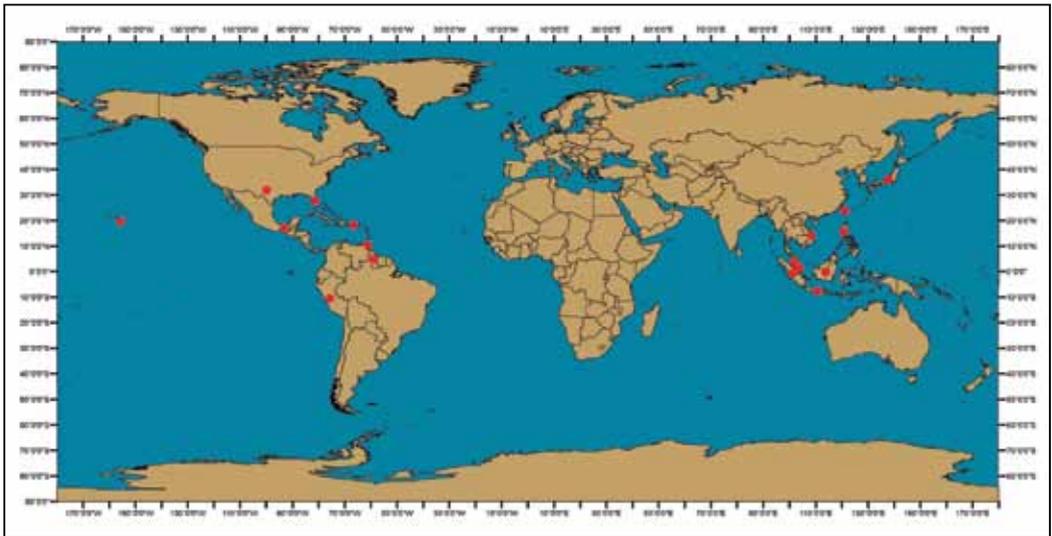


Figura 2. Distribución actual reportada del pez diablo en el mundo.

Introducción y dispersión del pez diablo en México

En México, los primeros reportes del pez diablo se realizaron en 1995 en el río Mezcala localizado en la cuenca del río Balsas, Guerrero (Guzmán & Barragán 1997), posteriormente se registró su presencia en el embalse Adolfo López Mateos (El Infiernillo), entre los estados de Michoacán y Guerrero (Mendoza *et al.* 2007; Ramírez-Morales & Ayala Pérez 2009) y más recientemente en el sureste del país (Wakida-Kusunoki *et al.* 2007).

El primer reporte de la presencia del pez diablo en la porción final de la cuenca del Usamacinta lo hacen Wakida-Kusunoki & Amador del Ángel (2009).

Se destacan los reportes de su aparición en Pantanos de Centla, Laguna de las Ilusiones, Balancán, en el río San Pedro y San Pablo en Tabasco (Barba 2005; Wakida-Kusunoki *et al.* 2007; Hernández 2008; Estrada-Loreto 2008; Cano-Salgado 2010). En el río Palizada y en las pequeñas cuencas que rodean a la laguna de Términos en Campeche (Wakida Kusunoki *et al.*, 2007; Wakida-Kusunoki & Amador-del Ángel 2011). En la cuenca alta del Grijalva (Ramírez-Guevara & Rodiles-Hernández 2008). En la cuenca de Chapala, Veracruz y en aguas dulces del sur de Sinaloa (Mendoza *et al.* 2009). También se ha reportado en Chiapas, Guerrero, Jalisco, Morelos y Tamaulipas (Amador-del Ángel *et al.* 2014). La figura 3 muestra la distribución actual reportada del pez diablo en los diferentes estados de la republica mexicana.

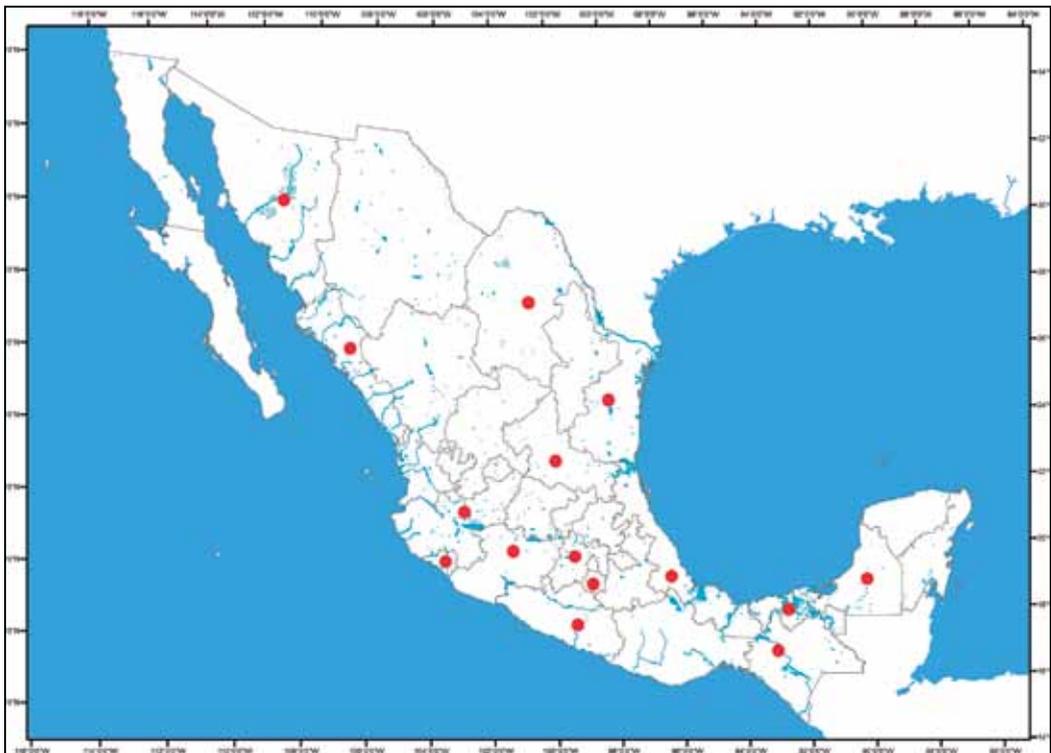


Figura 3. Estados que han reportado la presencia del pez diablo en México.

Posibles causas de la introducción del pez diablo en México

No se conoce exactamente la forma en que llegaron a México, pero de acuerdo con Martínez-Palacios *et al.* (2010), las hipótesis más aceptadas son:

- 1) Fueron introducidos específicamente a la Presa Ingeniero Carlos Ramírez Ulloa (El Caracol, Guerrero), para controlar poblaciones de algas y cuando la presa abrió sus compuertas en 1995 introdujo al río Balsas una población significativa de estos peces.
- 2) Por condiciones naturales se presentó una inundación en las granjas de cultivo de peces de ornato en el estado de Morelos, lo cual provocó una liberación accidental que aunado a las capacidades y resistencia de las poblaciones lograron establecerse en afluentes al río Balsas.
- 3) Por condiciones de mercado, el aumento de la oferta y la disminución de precios provocó la liberación intencional de estos organismos de granjas acuícolas del estado de Morelos.

Registros actuales en cuerpos de agua de México

Las poblaciones de pez diablo se han dispersado rápidamente en el país encontrándose en cuencas importantes como el río Balsas, Grijalva y Usumacinta que desembocan en el océano Atlántico, principalmente en el estado de Tabasco. Actualmente se está integrando una base de datos con toda la información disponible sobre la distribución específica del pez diablo en diversos cuerpos de agua en el país, gracias al apoyo del Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Los registros preliminares de esta base de datos permiten presentar un panorama general del estado de la invasión (Figura 4).

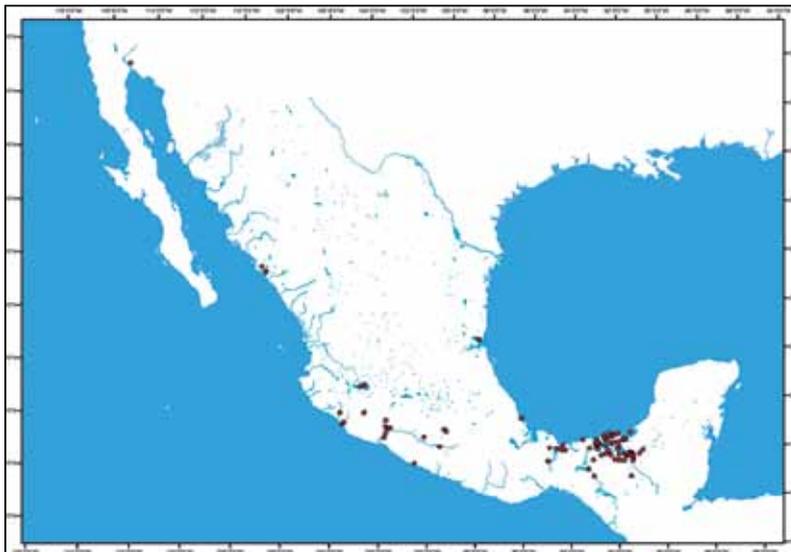


Figura 4. Distribución actual confirmada del pez diablo en cuerpos de agua de México.

GENERALIDADES SOBRE LA BIOLOGÍA DEL PEZ DIABLO

Las diversas actividades antropogénicas han inducido la introducción de especies no nativas en diversos cuerpos de agua, empleadas originalmente para diversos fines (alimentación, ornato, control biológico, entre otras) y esto ha ocasionado modificaciones en los ecosistemas y perturbaciones de diversa magnitud.

La presencia del pez diablo genera problemas en el ecosistema por la degradación del hábitat, esto debido a la erosión que propicia en la etapa de reproducción al construir madrigueras, aumento de la competencia interespecífica, la pérdida de nutrientes del ecosistema, incremento en la turbidez del agua, introducción potencial de enfermedades y parásitos. Así mismo genera problemáticas económicas y sociales constituyéndose en un inconveniente para la pesca ribereña a causa de su morfología.

Debido a que es un organismo que puede desestabilizar a la comunidad de peces endémicas así como alterar la estructura del ecosistema, son emergentes las estrategias de manejo y aprovechamiento. Para generar propuestas de control de la invasión es necesaria la integración y generación de información biológica y ecológica específica, para asegurar el éxito del manejo.

Nombres comunes y clasificación taxonómica

El pez diablo también es conocido como peclos, limpia peceras o limpia vidrios (Castillo-Capitán *et al.* 2014). Perteneció a la familia Loricariidae con aproximadamente 825 especies distribuidas en 4 subfamilias Ancistrinae, Hypoptopomatinae, Hypostominae y Locariidae (Ambruster & Page 2006; Nelson 2006).

En México se han registrado al menos 6 especies de locáridos que han sido introducidos de manera accidental o intencional (Mendoza *et al.* 2009). Su identificación taxonómica es confusa, se conocen al menos dos especies del género *Hypostomus* y cuatro del género *Pterygoplichthys* (Mendoza *et al.* 2007). Las especies que frecuentemente se observan en el país son *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus*, cuyas características morfológicas generales se observan en la Figura 5.

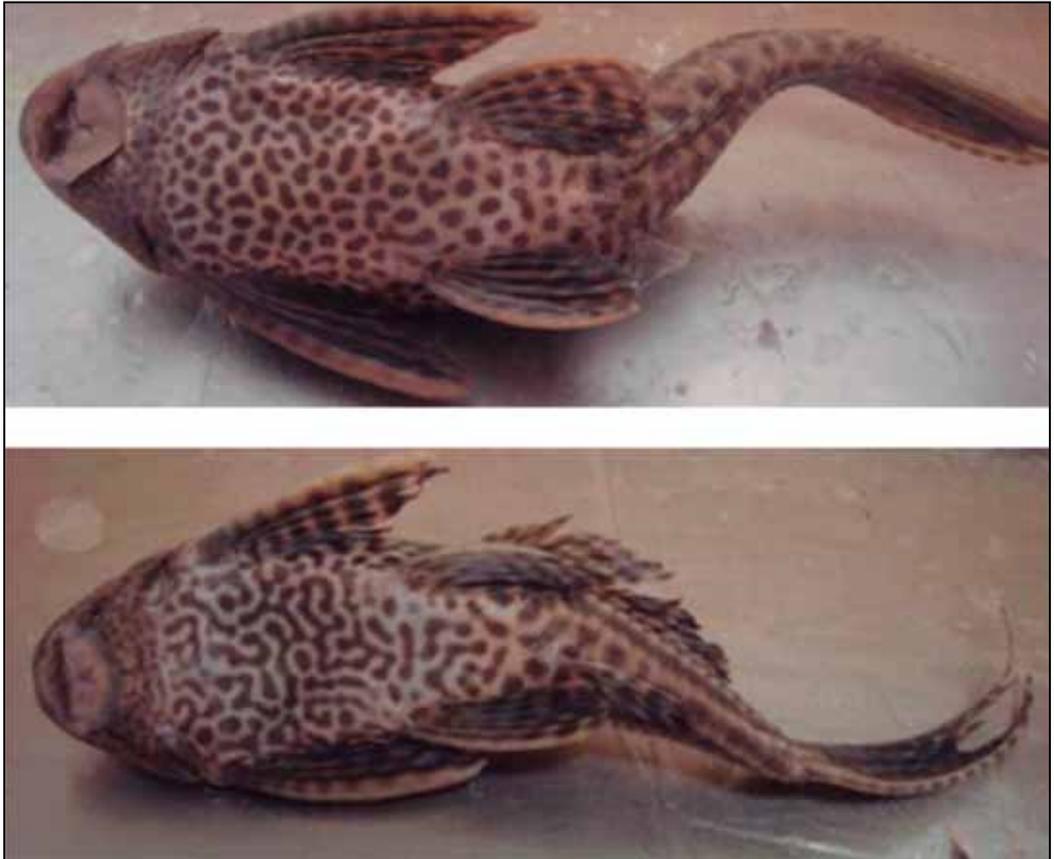


Figura 5. *P. pardalis* (arriba) y *P. disjunctivus* (abajo).

Clave de identificación para especies de *Pterygoplichthys*

Para la identificación específica de los organismos de la familia Loricariidae se utiliza la clave de Armbruster & Sabaj (2002) que se muestra a continuación:

1(a). Supraoccipital formando una distintiva cresta media.

2

1(b). Supraoccipital planas o redondeadas, sin formar una cresta media.

7

2(a). La aleta dorsal, sin puntos o vermiculaciones. Aleta caudal oscura con una espina superior mucho más blanca. Papila internasal más de 0,6 cm de diámetro de la órbita. Cuerpo sin puntos, generalmente con grandes monturas dorsales.

***P. scrophus* (Cope 1874)**

2(b). Aleta dorsal con manchas claras y oscuras o vermiculaciones. La aleta caudal sin espina superior mucho más blanca. Papila internasal menos de 0,6 cm de diámetro de la órbita. Cuerpo con puntos oscuros o blancos.

3

3(a). Vientre con los puntos separados.

4

3(b). Vientre con vermiculaciones.

6

4(a). Vientre con grandes puntos oscuros.

P. gibbiceps (Kner 1854)

4(b). Vientre con manchas claras.

5

5(a). Vientre con grandes manchas claras. Mejilla de adultos con pocos o ningún denticulo dérmico hipertrofiado.

P. joselimaianus (Weber 1991)

5(b). Vientre con pequeñas manchas claras. Las mejillas del adulto fuertemente armadas con denticulos dérmicos hipertrofiados.

P. xinguensis (Weber 1991)

6(a). Denticulos dérmicos hipertrofiados poco desarrollados en las placas de las mejillas; relación entre la altura del ojo y el diámetro del ojo 2.9-3.8.

P. lituratus (Kner 1854)

6(b). Denticulo dérmico hipertrofiado bien desarrollado sobre las placas de las mejillas; relación entre la altura del ojo y el diámetro del ojo 3.7-4.1.

P. parnaibae (Weber 1991)

7(a). Papila bucal dividida medianamente y lobulada.

P. punctatus (Günther 1864)

7(b). Papila bucal única, estructura de la forma de la lengua sin lóbulos.

8

8(a). Placas laterales con largos denticulos dérmicos dirigidos casi perpendiculares al cuerpo.

Nuevas especies de *Pterygoplichthys*

8(b). Placas laterales con denticulos dérmicos cortos dirigidos hacia atrás.

9

9(a). Adultos sin denticulos dérmicos hipertrofiado sobre las placas de las mejillas. En general, 10 a 11 (ocasionalmente 12) radios de la aleta dorsal. Se presenta en el Río Amazonas, Río Orinoco y drenajes del Río Paraná.

10

9(b). Adultos con denticulos dérmicos hipertrofiado sobre las placas de la mejilla. Generalmente de 12 a 14 (ocasionalmente 11) radios de la aleta dorsal. Que ocurren en el Río São Francisco, Río Magdalena, drenajes del Lago de Maracaibo.

13

10(a). Manchas claras sobre fondo oscuro. La Superficie ventral consistente de vermiculaciones oscuras y claras; las vermiculaciones claras más ampliamente distribuidas que las vermiculaciones oscuras.

***P. anisitsi* (Eigenmann & Kennedy 1903)**

10(b). Puntos oscuros sobre fondo claro. La superficie ventral con puntos oscuros sobre fondo claro, o con vermiculaciones claras y oscuras de la misma anchura o menor la clara que la oscura.

11

11(a). Puntos oscuros discretos, nunca uniéndose, agrupándose o formando una acumulación oscura sobre la mitad posterior del cuerpo.

***P. multiradiatus* (Hancock 1828)**

11(b). Puntos oscuros que se unen a menudo para formar vermiculaciones en el abdomen, cabeza y porción final del pedúnculo caudal.

12

12(a). Manchas sobre el abdomen en su mayoría discreto, generalmente no más de cinco puntos que se unen para formar vermiculaciones cortas pequeñas.

***P. pardalis* (Castelnau 1855)**

12(b). Casi todos los puntos en el abdomen se unen para formar vermiculaciones.

***P. disjunctivus* (Weber 1991)**

13(a). Proporción de altura con talla estándar 2.7-3.0; relación de la longitud de base dorsal a SL (longitud estándar) 5.9-8.0. Ocurre en el Río São Francisco del este de Brasil.

***P. etentaculatus* (Spix and Agassiz 1829)**

13(b). Proporción de altura (HL) a longitud estándar (SL) 3.0-3.4; relación entre la longitud de base dorsal a SL 4.9-5.8. Ocurre al oeste de los Andes en el Río Magdalena y drenajes del Lago de Maracaibo.

14

14(a). Relación de HL a SL 3.0-3.3, 10 radios de la aleta dorsal, ramificado. Ocurre en drenajes del Río Magdalena.

***P. undecimalis* (Steindachner 1878)**

14(b). Relación de HL a SL 3.3-3.4, 10 u 11 radios de la aleta dorsal, ramificado. Ocurre en los drenajes del Lago de Maracaibo.

***P. zuliaensis* (Weber 1991)**

Hábitos de alimentación

La boca y los dientes del pez diablo están adaptados para alimentarse mediante el raspado de sustratos sumergidos, sus labios son succionadores (Covain & Fisch-Muller 2007) (Figura 6a). Su tracto intestinal es alargado, característico de especies herbívoras y detritívoras (Pineda 2010) (Figura 6b). Mazzoni *et al.* (2010) encontraron que la dieta del plecos consiste en detritus, fragmentos de plantas, diatomeas, algas filamentosas y cianobacterias. Aunque podrían consumir de manera incidental huevos y pequeñas especies del zoobentos (Liang *et al.* 2005).



Figura 6. Características del sistema digestivo en el pleco.
 a) Labios succionadores, b) Tracto intestinal alargado.

Ciclo de vida y reproducción

Se ha observado que la época reproductiva del pez diablo es durante la época de lluvias (Jumawan & Herrera 2014). Los machos construyen madrigueras de anidación en los taludes y llanuras de inundación (Govinda-Das *et al.* 2013). Ellos muestran un comportamiento territorial incluso cuando las hembras se acercan, pero en cuanto ellas depositan los huevos se vuelven más tolerantes ante su presencia (Secuti & Trajano 2009). Después de la fertilización externa el macho permanece en el nido, cuidando de los huevos y de los alevines (Jumawan *et al.* 2014). Los plecos juveniles se observan en los fondos lénticos de los cuerpos de agua (ríos, presas, lagos, etc.) (Figura 7).

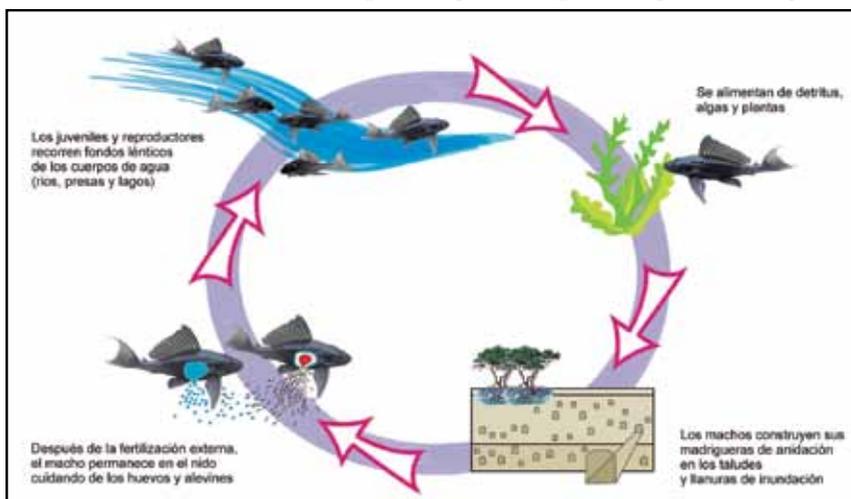


Figura 7. Esquema del ciclo de vida de los peces diablo.

La talla promedio de primera madurez es diferente para cada especie, sin embargo, para *P. pardalis* la talla promedio de madurez sexual es aproximadamente a los 30.7 cm de longitud total (Wakida-Kusunoki & Amador-del Ángel 2011). La fecundidad promedio para *P. disjunctivus*, es de alrededor de 1800 huevos por hembra (Rueda-Jasso *et al.* 2013) (Figura 8a y b).

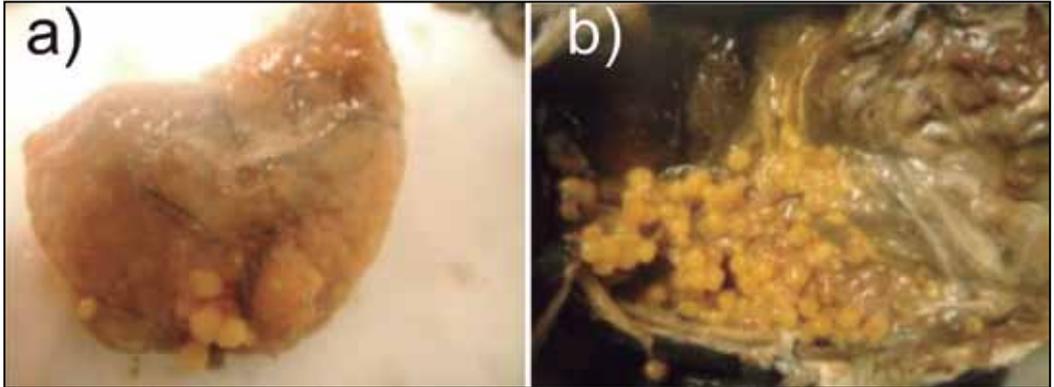


Figura 8. Gónada de una hembra. a) Gónada en fase madura, b) ovocitos del *Pterygoplichthys*.

Características adaptativas

Muchas especies de plecos han desarrollado modificaciones en el tracto digestivo, que les permite obtener oxígeno del aire atmosférico (Armbruster 1988). Por lo cual, pueden respirar fuera del agua y sobrevivir hasta 30 horas (Amezcuca 2014).

Otras adaptaciones que presentan estos organismos son externas. Su piel está formada por placas óseas con hileras de pequeñas espinas, que van desde el opérculo hasta el pedúnculo caudal, y espinas bien desarrolladas en las aletas dorsales y pectorales (Barba *et al.* 2014) (Figura 9).

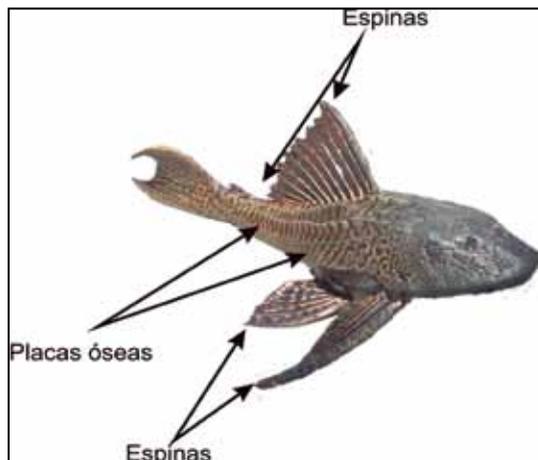


Figura 9. Características externas del pez diablo

ESTRATEGIAS PARA LA ATENCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE INVASIÓN

El pez diablo es una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales y para las pesquerías de agua dulce en México; esta especie se ha expandido rápidamente y es común encontrarla en las cuencas hidrológicas más importantes del país. Al pez diablo no se le ha asignado valor económico excepto que como especie de ornato y actualmente para los pescadores en áreas naturales solo ha generado problemas (Mendoza *et al.* 2007), por lo que se requieren de acciones inmediatas para su control y aprovechamiento.

El primer paso que debe realizarse es la comunicación de dicha problemática por medio de programas de educación ambiental y divulgación dirigidas a usuarios de recursos pesqueros, ya que esto permite formar comunidades de aprendizaje para crear proyectos grupales de conservación y aprovechamiento. La educación ambiental es interdisciplinaria e integradora, permite comprender las relaciones complejas entre la sociedad y los medios naturales (SEMARNAT 2006).

De acuerdo con la CONABIO (2010) los programas de educación ambiental contribuyen a prevenir la introducción y a la detección temprana de especies exóticas, ya que estos procedimientos resultan ser menos costosos que realizar programas de control y erradicación; informar oportuna y eficazmente a la sociedad es una vía para que se asuman responsablemente acciones al alcance de las comunidades en la prevención y control de las especies invasoras.

Estrategias de comunicación

La comunicación ambiental es un proceso relacionado con la participación, educación e interpretación del patrimonio natural y cultural, así como la vinculación con las comunidades (Spohn 2013); incrementa el nivel de conciencia pública, preocupación y expectativas ambientales.

Existen diversas estrategias para la comunicación ambiental como la creación de talleres, folletos, carteles, videos, reportajes, conferencias, investigación, entre otros, que resultan ser útiles en la difusión de información para la sociedad.

Las estrategias de comunicación para la prevención, control, y aprovechamiento del pez diablo se representan en la figura 10:

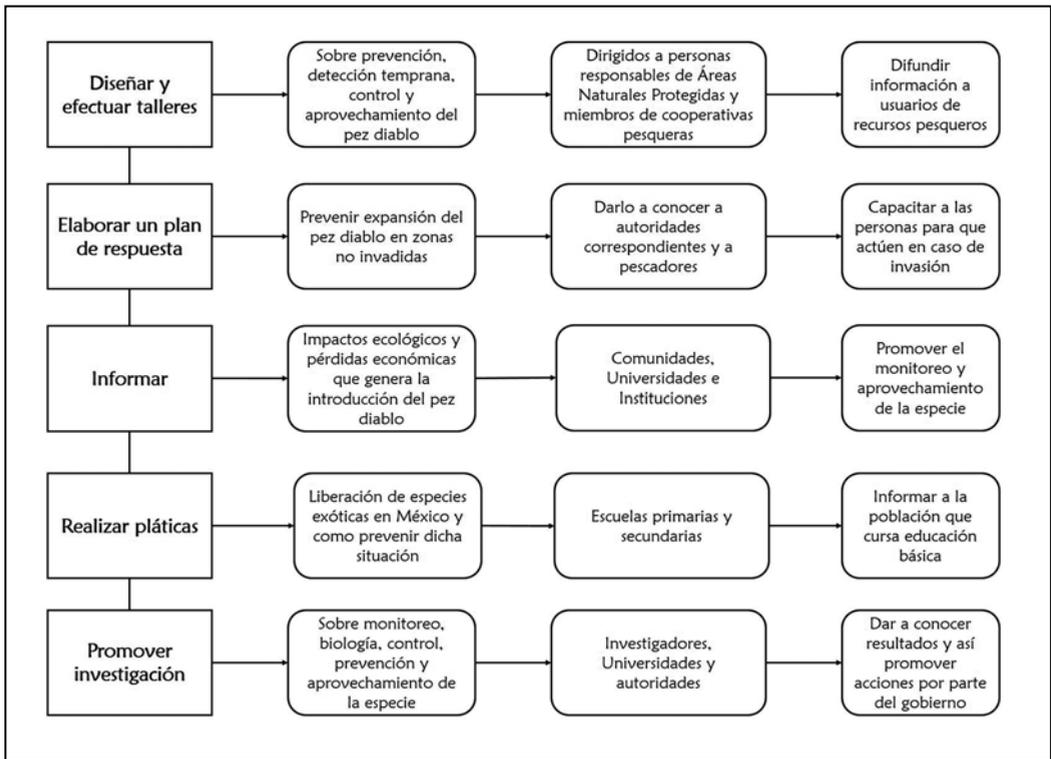


Figura 10. Estrategias de comunicación para la prevención, control y aprovechamiento del pez diablo.

Propuestas de canales de divulgación

La divulgación ayuda a crear un vínculo entre la sociedad y la ciencia, cumple con varias funciones como exponer temas que no son discutidos en las aulas, dar a conocer avances en los diferentes campos de aprendizaje, o como un medio recreativo para informar, entretener y divertir. Los canales más apropiados y habituales para la divulgación del conocimiento científico hacia el público no especializado han sido medios como la televisión, prensa, radio, internet, museos y talleres, herramientas que se encuentran al alcance de la mayoría de la sociedad y que son accesibles para la difusión de información (Guerrero 2006).

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, ha diseñado una página web sobre el pez diablo como herramienta de divulgación, cuyo objetivo es concientizar e informar a los administradores de Áreas Naturales Protegidas, investigadores y usuarios de recursos pesqueros en general. El contenido de la página web es el siguiente (Figura 11):

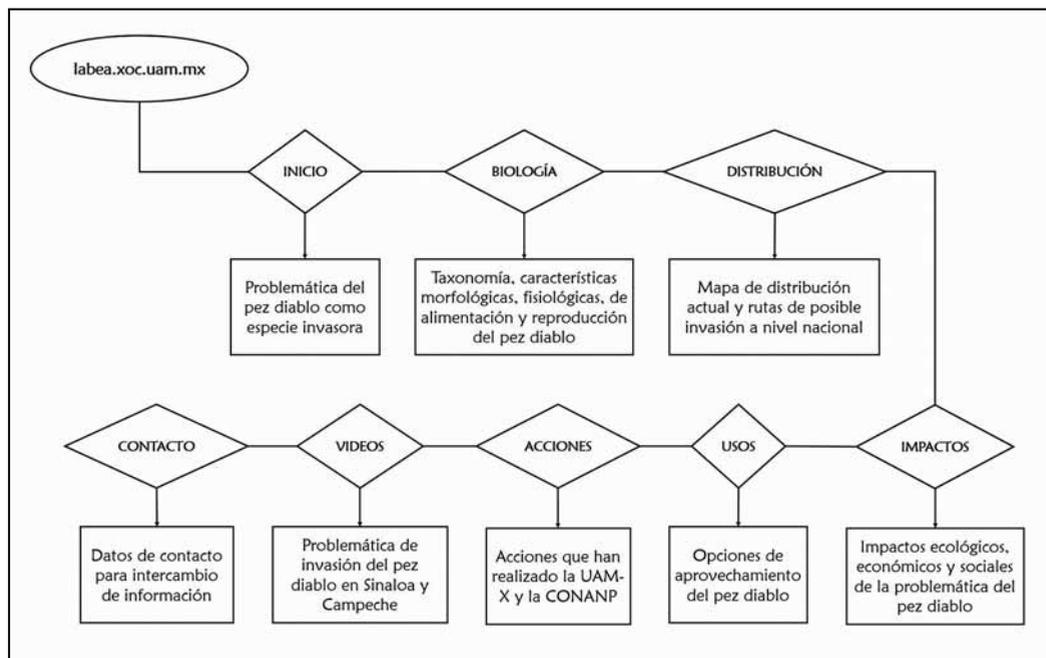


Figura 11. Contenido de la página web del pez diablo, diseñada por la UAM-X.

Programa de educación ambiental

El objetivo básico de la educación ambiental consiste en que las personas puedan comprender las complejidades del medio ambiente y la necesidad de adaptar sus actividades de tal manera que se armonicen con el ambiente (Piñar *et al.* 2012).

De acuerdo con la UNESCO (1997), la educación ambiental se ha encargado de pasar de la preocupación a la ocupación, con el propósito de desarrollar habilidades, crear un sentido de responsabilidad y estimular la acción individual y colectiva.

La implementación de un programa de educación ambiental tiene como propósito concientizar sobre la problemática del pez diablo a las comunidades y autoridades locales enfatizando la importancia de la prevención, detección rápida, control y aprovechamiento de la especie.

El programa de educación ambiental puede realizarse con la ayuda de diversas herramientas, destacando las siguientes:

- Talleres, en donde se transmita información acerca de la problemática de la invasión del pez diablo.
- Carteles y lonas, que sean de ayuda para invitar a las personas a participar en los talleres a realizar y así asegurar su asistencia.

- Trípticos, carteles y láminas informativas, estas herramientas deben contener información clara y precisa, y deben ser distribuidos a las personas que asistan a los talleres para que cuenten con la información proporcionada en el taller aun cuando este haya terminado.

Talleres teórico-prácticos para la capacitación de administradores y usuarios de recursos pesqueros

Los talleres informativos deben ser dirigidos a servidores públicos de diferentes sectores gubernamentales, como responsables de Áreas Naturales Protegidas, secretarías estatales de medio ambiente, oficinas municipales de ecología, entre otros, así como a miembros de cooperativas de pescadores y público en general que se encuentren involucrados e interesado en el tema (Figura 12).



Figura 12. Talleres de sensibilización e información a usuarios de recursos pesqueros.

Dichos talleres deben de abordar contenidos específicos, para lo cual se plantea la siguiente estructura:

- Antecedentes del registro del pez diablo como especie invasora en México
- Aspectos biológicos y ecológicos del pez diablo
- Pez diablo amenazas y oportunidades
- Propuestas de aprovechamiento del pez diablo
- Prevención, monitoreo y control de pez diablo
- Origen, vías y rutas de invasión. Prevención, detección temprana y respuesta rápida

Para la realización de los talleres se sugiere generar carteles y lonas para invitar a la población, así como folletos y láminas que contengan información de la problemática generada por la introducción. En las figuras 13 a 15 se muestran ejemplos del material de difusión empleado para talleres organizados en el país:

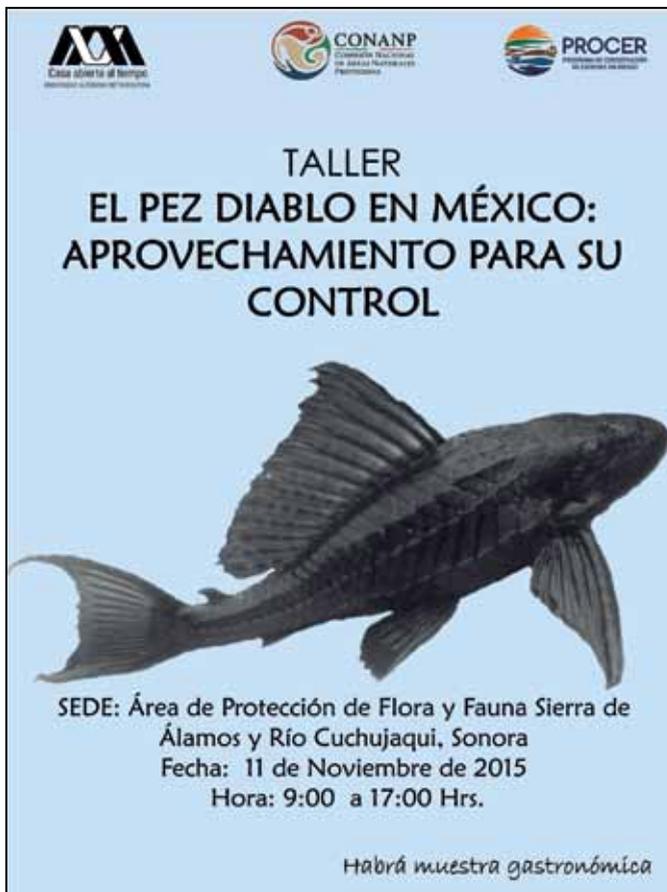


Figura 13. Cartel para difusión de talleres



Figura 14. Propuesta de lámina informativa del pez diablo.

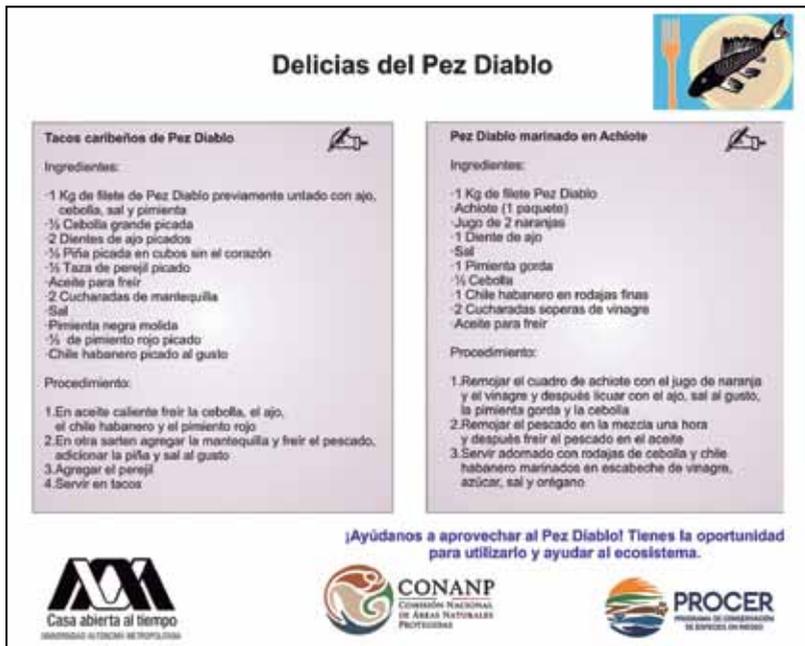


Figura 15. Propuesta de lámina informativa del pez diablo, con recetas gastronómicas.

APROVECHAMIENTO COMO ESTRATEGIA DE CONTROL

Para lograr el control y erradicación del pez diablo es necesaria la participación de diferentes sectores de la sociedad, enfatizando en los usuarios directos de los recursos pesqueros (pescadores). Es pertinente concientizar sobre los efectos ecológicos y económicos de las especies invasoras.

El pez diablo es un factor de estrés para los ecosistemas en donde se ha introducido, sin embargo, es un nuevo recurso con potencial de uso y explotación, es por ello que es necesario un manejo eficaz del pez diablo que se puede alcanzar desarrollando acciones de aprovechamiento, las cuales deben de ir acompañadas por un monitoreo sistemático de esta especie y de sus efectos en los ecosistemas.

Hasta el momento, la captura del pez diablo no representa beneficios económicos para los pescadores, de lo contrario, representa una pérdida importante por las afectaciones negativas en las artes de pesca. Por lo anterior en éste capítulo se presentan las diversas alternativas de aprovechamiento del pez diablo como media de control del proceso de invasión.

Consumo humano: Características organolépticas y nutricionales del pez diablo

De acuerdo al análisis bromatológico efectuado en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, se obtuvo que el pez diablo es bajo en grasas y presenta altos niveles de proteínas (Tabla 1) por lo que se clasifica como pescado blanco. Se realizó una prueba de sus características de sabores, la cual consistió en cocer el pescado en agua con sal, el pez diablo mostró sabores agradables, con dulzor apenas perceptible y acentos minerales.

Tabla 1. Contenido nutricional del músculo del pez diablo.

<i>Contenido</i>	<i>% (gr/100 gr)</i>
Humedad	82.34
Materia seca	17.66
Grasa cruda base húmeda	0.8
Grasa cruda base seca	4.54
Nitrógeno total	14.31
Proteína cruda base húmeda	15.79
Proteína cruda base seca	89.45

Así mismo para respaldar las alternativas de manejo encaminadas a la elaboración de subproductos o consumo directo se analizó el tejido muscular del organismo para descartar la probable bioacumulación de pesticidas organoclorados y metales pesados. El análisis fue realizado por el laboratorio certificado ONSITE. Los análisis se realizaron mediante cromatografía bajo la técnica EPA Method 80818-2000 y técnicas metalúrgicas de acuerdo a la norma NOM-117-SSA1-1994, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Resultado del análisis de Pesticidas Organoclorados.

Unidades de miligramo/Kilogramo	
Parámetro	Resultado
Aldrín	<0.01
Deldrín	<0.01
Clordano	<0.01
4,4-DDT	<0.01
Gama-HCH-(Lindano)	<0.01
Heptacloro y su Epóxico	<0.01
Epóxido de Heptacloro	<0.01
Metoxicloro	<0.01
Hexaclorobenceno	<0.01
4,4·DDD	<0.01
4,4 DDE	<0.01

En dicho análisis se determinó que las concentraciones de compuestos órganoclorados así como de metales pesados se encuentran muy por debajo de lo que especifica la norma NOM109-SSA1-1994, por lo que la carne de pez diablo es segura para el consumo humano (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del análisis de metales pesados.

Unidades de miligramos/Kilogramo	
Parámetro	Resultado
Arsénico	<0.001
Selenio	<0.001
Antimonio	<0.5
Bario	<0.5
Mercurio	<0.0005
Plomo	<0.001
Cadmio	<0.0001
Cromo Total	<0.001

Manipulación del pez diablo para consumo humano

- 1) El pez diablo posee un cuerpo cubierto por fuertes placas óseas y espinas, por lo cual se recomienda el uso de guantes para evitar lesiones y el uso de cuchillos o tijeras con muy buen filo para su manipulación.
- 2) El estómago del pez diablo es vascularizado (tiene muchos vasos sanguíneos), que para efectos gastronómicos, tiene un aroma muy característico a hierro marcado y penetrante que podría confundir a las personas con un estado de descomposición, sin embargo removiendo las vísceras esta condición desaparece.
- 3) Es importante un manejo adecuado e higiénico, se recomienda mantener el pescado en refrigeración a menos de 4 °C y considerar que no se puede tener el pescado fuera del refrigerador sin cocinar por más de 20 min. Durante éste tiempo podemos deshuesar, eviscerar, rellenar o marinar antes de que comience un crecimiento bacteriano (Figura 16).



Figura 16. Consideraciones para la manipulación del pez diablo

Identificación del pez y técnicas de corte

Los cortes que se recomiendan son un corte dorsal (Figura 17), comenzando por el inicio del cráneo y siguiendo la aleta dorsal anterior y pasando por la aleta dorsal posterior, llegando hasta la aleta caudal tomando como guía la columna vertebral y los segmentos de espinas

neurales; esto se hace por ambos lados de la aleta dorsal para así mermar lo menos posible la carne y obtener el esqueleto completo. Las vísceras se pueden sacar con este corte desde la parte dorsal del pescado.



Figura 17. Eviscerado del pez diablo: Corte dorsal.

También se puede usar un corte ventral (Figura 18) que va desde el orificio anal hasta la boca del pescado para así poder sacar las vísceras y poder usar el pescado para rellenarlo.



Figura 18. Eviscerado del pez diablo: Corte ventral.

Una forma más de obtener el mayor provecho de la carne es que el pescado se eviscere usando el corte por la parte ventral y dejarlo limpio de cualquier residuo de vísceras y sangre; una vez listo se puede pasar por una olla con agua hirviendo a (98 °C) por un periodo de 5 a 8 minutos y se desprenderán las placas óseas o piel dejando al descubierto el musculo del pescado (Figura 19).



Figura 19. Desprendimiento de piel empleando agua hirviendo.

Delicias del pez diablo

Por las características de la carne la forma de preparación para este pescado pueden ser muy versátiles, se podría preparar desmenuzado con achiote estilo cochinita pibil. También podrían sacarse dos filetes de la cola y por la firmeza de la piel se pueden hacer rebozados o empanizados; estas últimas dos preparaciones son las más recomendables para tener el sabor del pescado intacto y no opacarlo con salsa o algún insumo de sabor más fuerte que predomi-

ne (Figura 20). En conclusión se recomienda preparar este pescado de la forma más natural posible para poder disfrutar así del gran sabor que nos brinda. Por lo anterior, se recomienda prepararlo cocido en agua o asado solo con sal y pimienta.



Figura 20. Filete de pez diablo rebosado y empanizado

Pez Diablo marinado en Achiote (Figura 21)

Ingredientes:

- 1 Kg de filete Pez Diablo
- Achiote (1 paquete)
- Jugo de 2 naranjas
- 1 Diente de ajo
- Sal
- 1 Pimienta gorda
- ½ Cebolla
- 1 Chile habanero en rodajas finas
- 2 Cucharadas soperas de vinagre

Aceite para freír

Modo de preparar:

- 1) Remojar el cuadro de achiote con el jugo de naranja y el vinagre y después licuar con el ajo, sal al gusto, la pimienta gorda y la cebolla
- 2) Remojar el pescado en la mezcla una hora y después freír el pescado en el aceite
- 3) Servir adornado con rodajas de cebolla y chile habanero marinados en escabeche de vinagre, azúcar, sal y orégano.



Figura 21. Pez diablo marinado en achiote

Harina de pez diablo

La harina de pescado sirve como complemento de proteína de alimentos forrajeros para aves, cerdos, vacas y borregos.

Contenido nutrimental

- Tiene alto contenido de proteínas (65 a 70%).
- Posee aminoácidos esenciales tales como la lisina, la metionina, la cistina y las cisteína.
- Contiene vitaminas: complejo B y vitamina D (este último solo se presenta en las harinas de pescado).
- Es rico en minerales: calcio, fósforo, hierro y selenio.
- Conforman un 10% aproximado de materia grasa: omega-3, DHA y EPA (ácidos grasos que no se encuentran presentes ni en los alimentos proteicos vegetales ni animales).

Las ventajas de estos ácidos grasos son las de ser indispensables para la conformación y formación del sistema nervioso central y de la retina del ojo. Además el EPA actúa como elemento reforzador de los sistemas inmunológicos, protector del sistema cardiovascular evitando infartos y también actúa como elemento anti-infeccioso y anti-inflamatorio. Todas estas propiedades serán de vital importancia en los alimentos acuícolas así también como de otros animales (Zaldivar 2002).

Además, de acuerdo al análisis bromatológico efectuado al pez diablo entero en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, se encontró el siguiente aporte nutrimental, apto para la producción y consumo de harina (Tabla 4).

Tabla 4. Contenido nutricional la harina del pez diablo entero.

<i>Contenido</i>	<i>% (gr/100 gr)</i>
Humedad	73.28
Materia seca	26.72
Grasa cruda base húmeda	4.20
Grasa cruda base seca	23.82
Nitrógeno total	8.90
Proteína cruda base húmeda	9.83
Proteína cruda base seca	55.66

Producción de harina de pez diablo

El procedimiento para la elaboración de harina de pez diablo se observa en la figura 22.

Material

- Recolecta de organismos de pez diablo
- Tinajas de 10 litros de capacidad
- Cuchillos con filo
- Olla para cocimiento
- Molino para carne
- Triturador de papas de 2 kilogramos de capacidad
- Charolas
- Molino para granos
- Sacos de polipropileno (blanco), frascos o bolsos

CAPTURA: El primer paso es la recolección de materia prima (organismos de pez diablo), mediante las artes de pesca recomendadas en ésta guía enfatizando en el uso de red atarraya.

LAVADO: Los organismos capturados se lavan individualmente sin emplear detergente, únicamente con agua ya que las placas óseas pueden contener sedimento, algas u otros residuos; se seleccionan a los organismos de mejor aspecto y tamaño.

EVISCERADO: Este proceso se realiza de acuerdo a lo recomendado en el apartado anterior. Al extraer las vísceras, la harina tendrá un color más claro y la calidad de la harina será mejor. Una vez eviscerados los peces, se colocan en tinas para someterles a un proceso de lavado donde son liberados de cualquier residuo no deseado.

PICADO: Una vez que se tiene la materia prima en óptimas condiciones, se somete a un proceso de picado con el fin de obtener una mayor uniformidad en la cocción y de esta manera eliminar en su totalidad los agentes contaminantes que puedan afectar al producto final.

COCIDO: Posteriormente se somete a temperaturas que van desde los 80 hasta los 90 grados centígrados, por un tiempo de 2 horas. La cocción tiene como fin: coagular las proteínas, esterilizar el pescado con el fin de detener la actividad enzimática y microbiana, liberar la grasa de las adiposas así como el agua.

MOLIDO DE PEZ DIABLO: Se emplea una máquina para moler carne y se introduce todo el desmenuzado, con la finalidad de generar una masa homogénea.

PRENSADO: Se realiza con la finalidad de separar el agua y el aceite de pescado, de tal forma que la masa prensada contenga la menor cantidad posible de estos dos componentes.

DESMENUZADO: Se procede a desmenuzar la carne en partes pequeñas.

SECADO SOLAR: Consiste en construir un secador solar completamente rústico y económico que se ajuste a las necesidades de producción de cada pescador, que le permita secar el pescado a través de la energía solar. El procedimiento para secar los peces tiene como objetivo eliminar contenido de agua del pez diablo, ya que es uno de los principales factores para el desarrollo microbiano y de este modo se elimina la reproducción de microorganismos que puedan deteriorar el producto.

MOLIDO DE MATERIA SECA: Se procede a moler la masa seca obtenida, se pasará por el molino manual tres veces, para dar una mejor apariencia granular que incidirá favorablemente en la aceptación del producto en el mercado.

EMPACADO Y PESADO: Una vez que la materia prima es transformada en harina, se empaqa en sacos de polipropileno de tamaños variables, también se puede almacenar en frascos o bolsas, previamente etiquetados con el nombre del producto y fecha de producción. Posteriormente, son pesados y quedan listos para su comercialización.

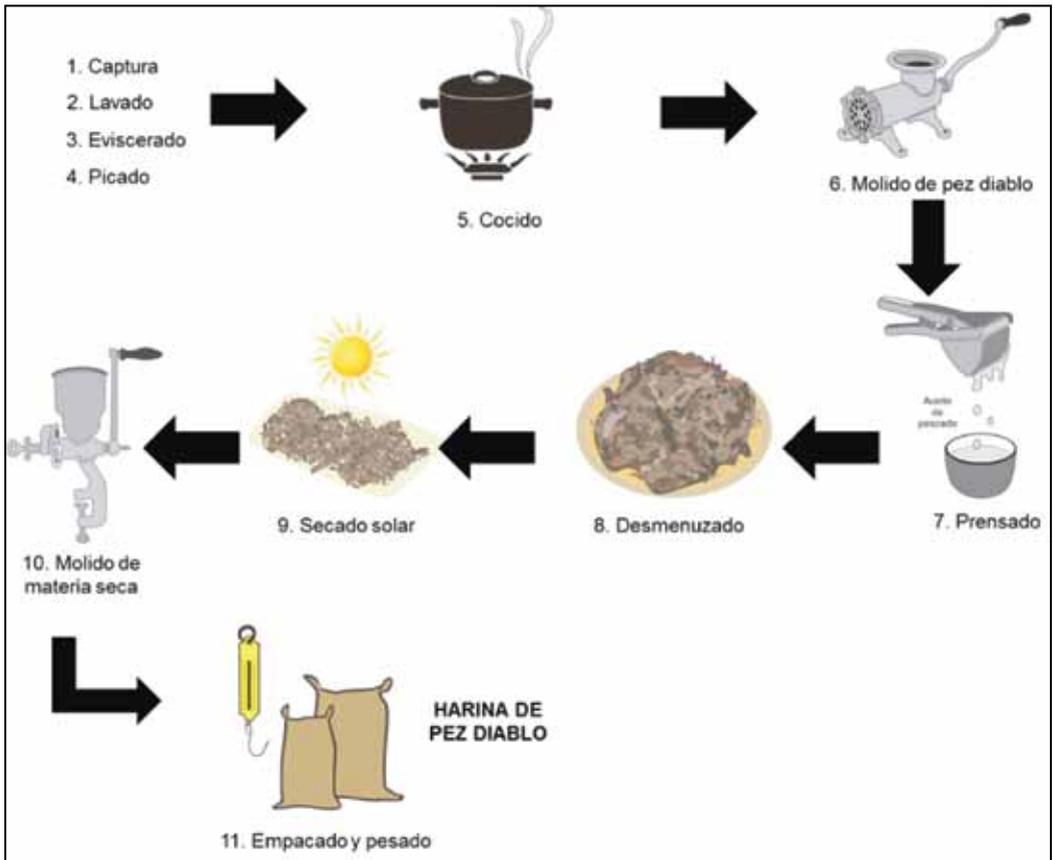


Figura 22. Esquema del proceso de producción artesanal de harina de pez diablo

La harina de pescado es una buena alternativa como abono orgánico, ya que sus características químicas indican valores altos de nitrógeno (7.74%) y de cenizas (34.7%), por lo que puede ser utilizada en la nutrición vegetal, como complemento parcial del fertilizante inorgánico nitrogenado (Monares-Gallardo *et al.* 2012).

Ensilado

La elaboración de un ensilado de pescado necesita la presencia de sustancias ácidas para lo cual se han desarrollado dos formas de producción, la química y la biológica. En ensilado químico

mico necesita de una acidificación directa a partir de ácidos orgánicos (propiónico, fórmico, acético, cítrico) y/o inorgánicos (sulfúrico, clorhídrico y fosfórico) (Belli 2009). Se prefiere la utilización de ácido fórmico ya que asegura la conservación sin descenso excesivo en el pH, lo que a su vez, evita la etapa de neutralización del producto antes de su empleo en la alimentación animal (Barral *et al.* 1989).

Los ensilados biológicos se basan en la fermentación ácido-láctica y son un excelente producto proteínico de valor biológico alto que se ha empleado para la alimentación animal y se ha elaborado con especies de pescado de bajo valor comercial, deshechos marinos o del pescado de las industrias (Vidotti 2003). Las ventajas del ensilado biológico es su bajo costo de producción y mantenimiento de la calidad nutricional (Fabgenro & Bello-Olusoji 1997).

El procedimiento para la elaboración de ensilados se observa en la Figura 23.

Material

- Barriles de 50 k resistentes al ácido
- Molino de mano
- Cortadora o machete
- Melaza
- Inóculo comercial de *Lactobacillus casei* (Yakult ®)
- Trozos de pescado
- Bandejas de metal
- Envases de vidrio

RECEPCIÓN: Los organismos de pez diablo deberán almacenarse en instalaciones que permitan su conservación hasta el momento de la producción del ensilado.

TRITURACIÓN: Con la cortadora o con un machete se procederá a trocear cada uno de los organismos capturados y con el molino de mano se procederá a disminuir el tamaño del trozo hasta obtener un tamaño de partícula no mayor a 10 mm de diámetro.

HOMOGENIZACIÓN: En el tanque de producción se lleva a cabo la mezcla del pescado molido, inóculo y melaza. La composición debe ser la siguiente, pescado 78.75%, melaza 15%, sacarosa 1%, inóculo 5% y ácido ascórbico 0.25%. La temperatura ambiente para este proceso deberá ser del al menos 15°C. El ensilado generará gases durante su maduración, por lo que es necesario revisarlo diariamente y destapado por unos segundos para liberar los gases.

SECADO Y DESMENUZADO: La mezcla debe ser esparcida en bandejas y secado al sol durante las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde.

ENVASADO: Una vez que torne a un color oscuro es momento de su envasado. El producto deberá ser guardado en envases de alta resistencia, sellados y marcados con la fecha de elaboración y cantidad de producto envasado.

ALMACENAMIENTO: El almacenamiento del producto no será mayor a tres meses, a una temperatura óptima de 30 °C.

PREPARACIÓN DE ALIMENTO PARA ANIMALES: Se recomienda la utilización del ensilado durante los dos primeros meses para una mejor asimilación del contenido nutricional por parte de los animales que lo consuman.

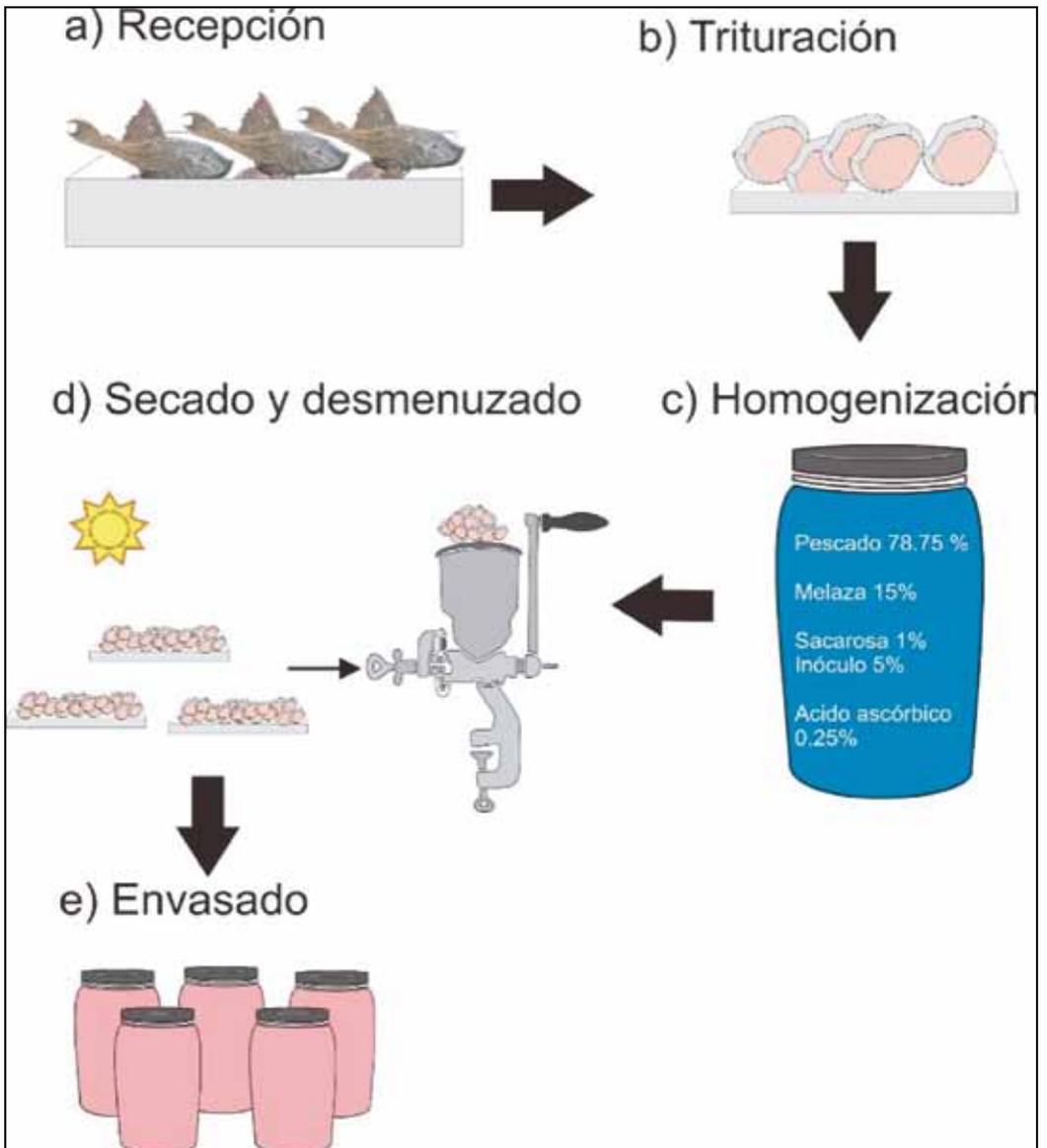


Figura 23. Esquema del proceso para la producción de ensilado.

Biogás y Biofertilizantes

Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (ausencia de oxígeno), en donde las bacterias que habitan en el estiércol transforman la materia orgánica, en este caso del pescado y sus derivados (Martí 2008). Los productos derivados de dicho proceso son el biogás y el biofertilizante. El biogás se produce por la descomposición de los residuos sólidos dispuestos, la mezcla gaseosa que resulta está compuesta principalmente por metano (55-70%) y dióxido de carbono (30%-45%) (Varnero 2011). El biogás puede utilizarse como fuente de energía para estufas, generadores de electricidad, motores estacionarios de combustión interna y lámparas (ICAITI 1985).

Por otro lado, el biofertilizante es un insumo preparado que está formado por microorganismos. Este es aplicado al suelo y/o la planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta-Bojórquez *et al.* 2010).

Procedimiento

Existen diferentes tipos de biodigestores, sin embargo, en esta sección sólo se describirá el procedimiento de construcción del modelo *planta balón*, *polietileno tubular* o *biodigestor familiar*. Este prototipo es el más sencillo y barato de montar. La elaboración de un biodigestor se divide en tres fases, diseño, construcción y operación.

Para el diseño del biodigestor pueden considerarse diversos factores como la demanda de biogás, cantidad de residuos orgánicos que se desean desechar, el espacio disponible que tendrá el biodigestor y el tipo de materiales con los que se cuentan para realizar la obra. En esta guía se describirá el proceso de construcción en base al tipo de materiales, pues se han elegido los que representan un menor costo. El biodigestor familiar puede utilizar bolsa plástica o polietileno tubular (generalmente es de 50 m). Dependiendo del ancho de éste serán las dimensiones de la zanja que tendrá que cavarse. En la tabla 5 se observan las dimensiones del surco de acuerdo al ancho del rollo de plástico.

Tabla 5. Dimensiones de la zanja de acuerdo al ancho del rollo (Modificado de Martí 2008).

* Se refiere al ancho del rollo de polietileno o bolsa plástica.

<i>Ancho del rollo (m)</i>	<i>Ancho Inferior (m)</i>	<i>Ancho Superior (m)</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Longitud del Biodigestor</i>
1	0.3	0.5	0.6	
1.25	0.4	0.6	0.7	
1.5	0.5	0.7	0.8	4
1.75	0.6	0.8	0.9	
2	0.7	0.9	1	

En primer lugar debe seleccionarse el sitio en donde se realizará la excavación de la zanja. Para ello deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- Debe ser de acceso fácil durante todo el año.
- Verificar de no estar expuesto a fuertes y continuas corrientes de vientos.
- Evitar áreas de posibles inundaciones.
- Verificar la disponibilidad de agua suficientemente permanente para la carga regular y limpieza.
- Que posibilite un retirado completo de la carga (en caso de limpieza).
- Evitar sitios con nivel freático alto.
- Se debe ubicar en un punto más próximo al sitio de colocación del estiércol y a los puntos de consumo del gas “Es preferible llevar el gas por tubería que el estiércol por carretilla”.
- El digestor no debe ubicarse a más de 30 - 40 metros del corral o establo; distancias superiores perjudican el trabajo de carga al biodigestor.
- Se ubicará a por los menos 15 metros de distancia de la fuente de agua.

La fase de construcción se divide en tres etapas, excavación de fosa, construcción del techo sardinel y recubrimiento del suelo y por último la construcción del cuerpo del biodigestor.

1. *Excavación de la fosa.* Los materiales necesarios para la excavación de la zanja son, pala, cinta métrica y nivel. Se sugiere que el piso de la zanja sea inclinado y las paredes inclinadas para facilitar su desazolve (Figura 24).

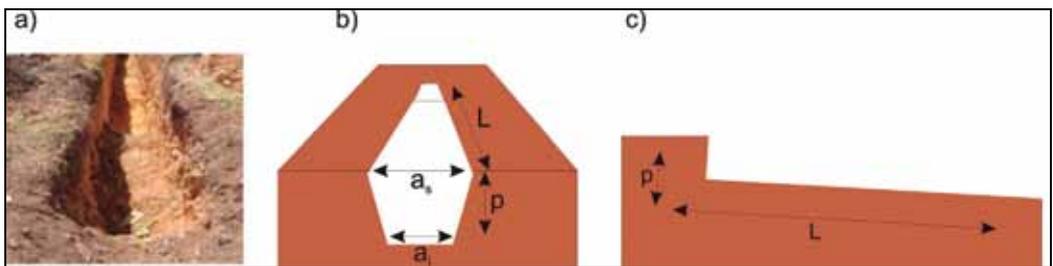


Figura 24. Cavado de la zanja, a) Fotografía del surco, b) Vista frontal, c) Vista lateral. Ancho superior (a_s), ancho inferior (a_i), profundidad (p) y longitud (L).

2. *Construcción del techo, sardinel y recubrimiento del suelo.* Este paso es importante para prevenir el deterioro del biodigestor por las inclemencias del clima. Se sugiere la colocación de láminas de aluminio o cartón con impermeabilizante, sin embargo, también pueden utilizarse otros materiales como, tejas, pedazos de madera, desperdicio metálico, alambre, clavos, etc. El sardinel puede levantarse con tabiques a una altura de 30 cm (ICAITI 1983). La zanja debe recubrirse con tipo de plástico para evitar perforaciones en la base del biodigestor, se recomienda el uso de alguna lona (Figura 25).

Materiales:

- Láminas de aluminio o de cartón con impermeabilizante
- Columnas de madera para sostener el techo
- Tornillos
- Pijas para madera y rondanas
- Lona para forrar zanja
- Tabiques

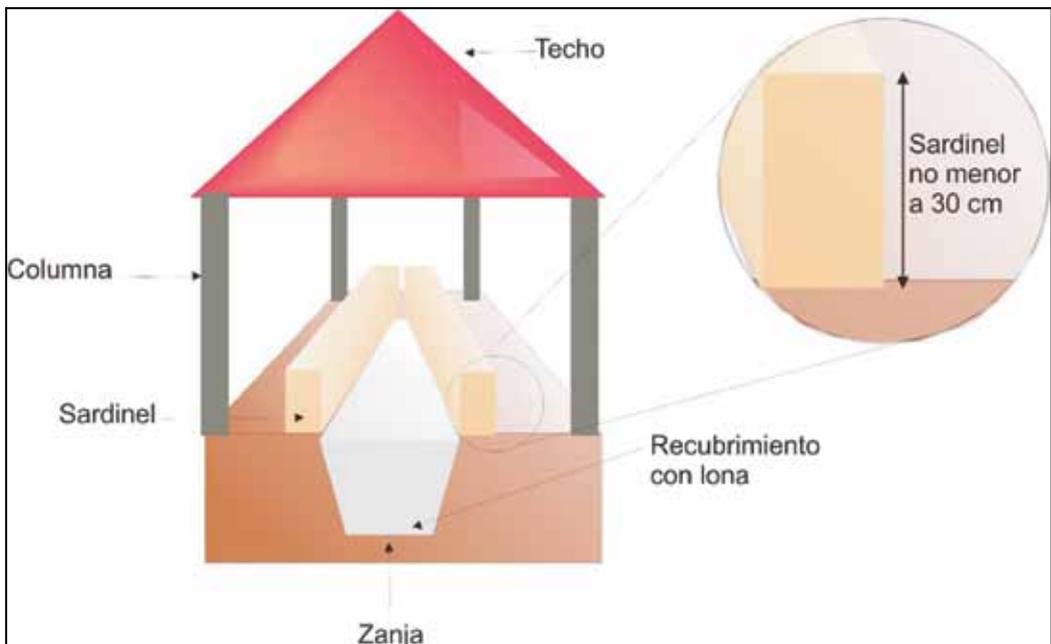


Figura 25. Techo, recubrimiento de la zanja y sardinell para la protección del biodigestor.

3. *Construcción del cuerpo del biodigestor.* Antes de proceder a la construcción del biodigestor deben considerarse las siguientes recomendaciones (Lopez & Lopez 2009):

- Deberá ser hermético con el fin de evitar la entrada de aire, el que interfiere con el proceso, y fugas del biogás producido.
- Deberá estar térmicamente aislado para evitar cambios bruscos de temperatura.
- El contenedor primario deberá contar con una válvula de seguridad, aún cuando no sea un recipiente de alta presión.
- Deberá contar con medios para efectuar la carga y descarga del sistema.

A continuación se describe el proceso de la obra, en la figura 26 se puede observar el diagrama explicativo:

- a) Una bolsa de plástico de 12 m de longitud debe cortarse en secciones de 4 m para posteriormente formar a su vez un saco de 3 capas. En caso de utilizar polietileno tubular, sólo se requerirá una sección de 4 m.
- b) Los extremos de la bolsa y los tubos de PVC serán unidos mediante tiras de caucho.
- c) A la mitad de la bolsa se colocará el tubo que desahoga la salida del gas. La unión entre la bolsa y el tubo se realizará mediante una reducción de 1" a ¾" en la cual se introducirá la bolsa a presión.
- d) Posteriormente se pondrán las uniones necesarias para llevar el conducto hacia donde se quiera colocar la toma de gas. Una parte fundamental es la válvula de alivio o de regulación de presión en esta deben colocarse una conexión T de PVC con un tramo de tubo de aproximadamente 25cm dentro de un recipiente con agua, esto evitará fugas de gas, malos olores y regulará la presión dentro de la bolsa evitando que éste sea inflamable. Antes de conectar una manguera de gas debe colocarse una llave de paso para facilitar o cancelar el suministro de gas a consideración del usuario.

Materiales necesarios para la construcción del biodigestor.

- Tubo de PVC de 3 m
- Bolsa plástica de 12 m o polietileno tubular
- Conexiones para PVC ¾"
- Cedacería de cámara de llanta
- Pegamento para PVC 4 oz
- Llave de paso CPVC
- Tubo de PVC ¾" 6 m

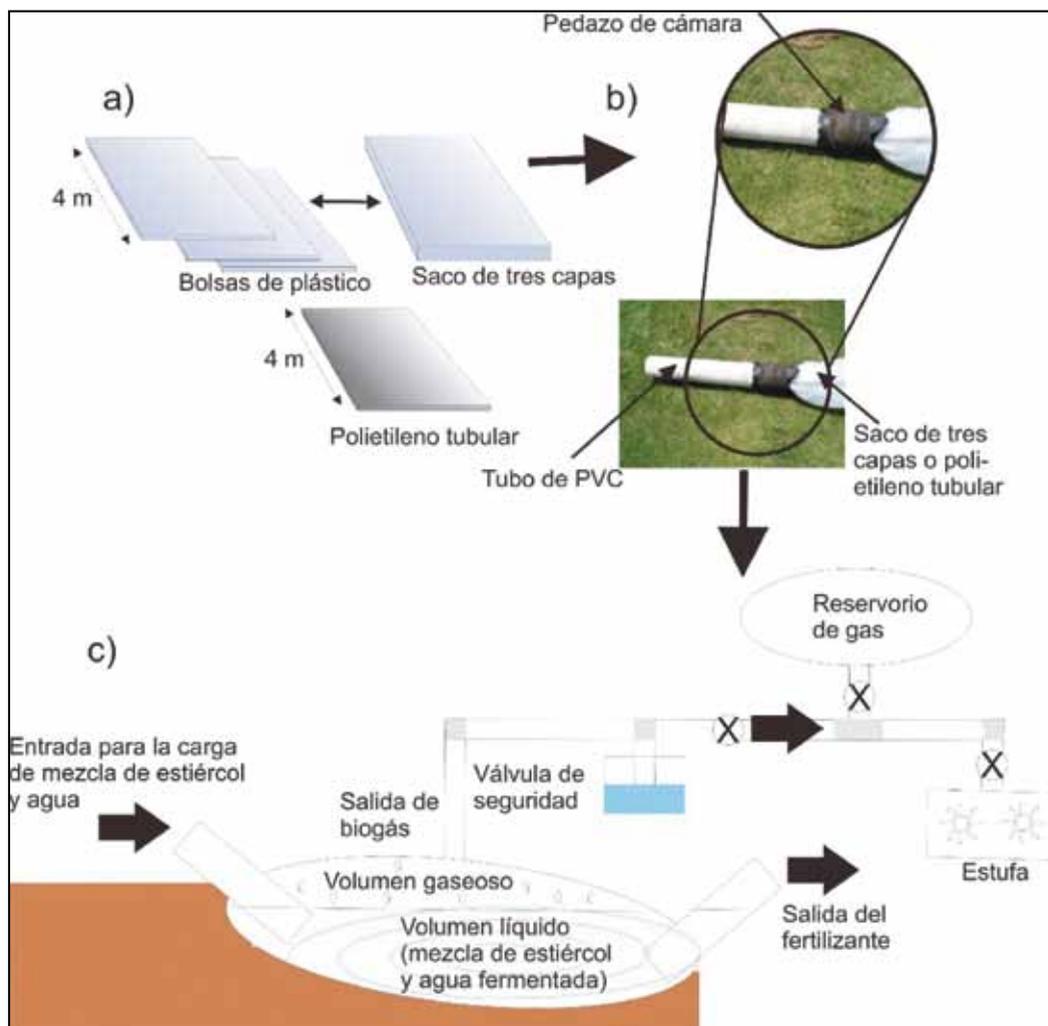


Figura 26. Techo, recubrimiento de la zanja y sardinel para la protección del biodigestor.

Por último se procede al llenado del biodigestor, en este caso, será con peces diablo obtenidos de las faenas de pesca comercial-artesanal. Deberán ser cortados en trozos pequeños para evitar que la bolsa se perfora por las espinas. Después estos trozos deberán ser mezclados con estiércol y agua en proporción 2:1 hasta formar una pasta que sea fácil de introducir por los tubos del biodigestor.

ACCIONES PARA LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN TEMPRANA Y RESPUESTA RÁPIDA PARA EVITAR LA INVASIÓN DEL PEZ DIABLO

La invasión de los loricáridos requiere de acciones de prevención, detección temprana y respuesta rápida para zonas que aún no presentan signos de invasión, las cuales deben ser coordinadas por instituciones gubernamentales pero con una activa participación de asociaciones civiles, instituciones de educación, productores directamente afectados y público en general consiente de la conservación de su entorno natural.

Es necesario identificar los intereses y las funciones específicas que los diferentes sectores y comunidades tienen en relación al tema de las especies exóticas invasoras y proveerles información adecuada y recomendar acciones. Cada grupo meta requerirá estrategias de comunicación específicas que contribuyan a reducir los riesgos impuestos por las especies exóticas invasoras.

Actualmente el esfuerzo desarrollado para prevenir y controlar las especies acuáticas invasoras en las ANP, ha tenido un incremento en el número de acciones desarrolladas, aun así es evidente que son insuficientes los programas o proyectos realizados respecto a aquellos ejecutados en ecosistemas terrestres e insulares. Asimismo, la mayoría están orientados a mitigar los impactos ocasionados por los peces (García *et al.* 2014).

Por lo anterior se destaca la necesidad de contar con información básica, confiable y oportuna de otros grupos de especies exóticas invasoras acuáticas, así como conocer las técnicas para establecer las medidas de control más efectivas en cada caso y la adecuada atención de estos grupos. La capacitación del personal de la CONANP y otros actores relacionados con las ANP, como acuicultores, prestadores de servicios turísticos acuáticos, de pesca deportiva y limpieza de embarcaciones, académicos y visitantes (Tovar-Hernández *et al.* 2012).

Amenazas ecológicas por la introducción del pez diablo en los ecosistemas

- La introducción del pez diablo causa efectos ambientales para las especies nativas debido a la competencia directa por alimento y espacio (Nico & Martin 2001; Flecker 1992; Devick 1989; Hubbs *et al.* 1978; Hoover *et al.* 2004).
- También pueden tener efectos negativos indirectos en especies nativas por la ingestión accidental de huevos adheridos al sustrato (Hoover *et al.* 2004), moluscos, crustáceos y otros organismos bentónicos (Bunkley & Williams 1994).

- Construyen galerías de nidos en las riberas de los ríos, lagunas y represas desplazando importantes cantidades de sedimento y favoreciendo la erosión y el incremento en la turbidez (Govinda-Das *et al.* 2003).
- Generan competencia por alimento y espacio y provocan el desplazamiento de las especies nativas (Page & Robbins 2006 y Liang *et al.* 2005).
- Poseen gran éxito en la reproducción, con alta fecundidad, cuidado parental y aparente hibridación; además los huevos pueden sobrevivir a bajos niveles de agua siempre y cuando permanezcan húmedos (Hoover *et al.* 2004).

Impactos económicos por la invasión del pez diablo

- Provoca un incremento en el esfuerzo de pesca (tiempo, gasolina y alimento) para la captura de especies objetivo (Mendoza *et al.* 2009).
- Causa daños en las artes de pesca, por su morfología y comportamiento.
- Potencialmente se convierten en focos de infección al ser depositados en las orillas de los cuerpos de agua, donde se descomponen.

Impactos sociales

- Al disminuir las capturas de especies de importancia comercial, así como la afectación a las artes de pesca, existe un abandono de la actividad pesquera, generando desempleo a los pescadores.

Medidas de prevención de la introducción del pez diablo

La premisa “más vale prevenir que lamentar”, se puede aplicar también a las invasiones biológicas, la prevención es la primera acción de defensa frente a estas problemáticas.

La forma de prevenir las invasiones biológicas se centran en identificar las vías de entrada y evaluar cuáles son los factores de riesgo para la propagación no deseada. Para el pez diablo se considera que la ruta de invasión fue a través del mal manejo de la industria de la acuariofilia. Actualmente en México hay granjas donde se produce pez diablo para su comercialización, lo que implicaría contar con un programa de vigilancia y monitoreo por parte de las instituciones encargadas de cuidar nuestra biodiversidad, asegurando que las granjas donde se reproducen los loricaridos cuenten con todas las medidas de seguridad para que no haya riesgos de propagación no deseada.

Se debe tomar en cuenta que la prevención demanda gastos considerables, como el salario y formación de recursos humanos capacitados en la problemática de especies invasoras. Otro componente importante en la prevención es la educación ambiental dirigida tanto a toma-

dores de decisión en ámbitos de conservación de recursos, a usuarios de recursos pesqueros, a productores y la sociedad en general, ya que deben ser informados sobre los efectos adversos que provocan las especies exóticas invasoras y sobre los métodos de prevención, control y manejo.

La educación ambiental está probando generar cambios y ser la base de la prevención. A través de ésta se busca despertar conciencia ambiental, crear un sentido de responsabilidad y estimular la acción individual y colectiva. Finalmente se debe abatir con la falta de congruencia entre políticas ambientales y las productivas, con normas más rigurosas en la producción de especies exóticas, además se debe fortalecer la investigación por parte de sectores especializados para la obtención de información biológica sólida. (Figura 27).



Figura 27. Educación ambiental como medida de prevención de la introducción del pez diablo.

Detección temprana de la introducción del pez diablo

La detección temprana implica acciones inmediatas cuando la prevención ha fallado y la especie invasora se detecta en el ambiente natural. Tiene como objetivo, evitar que se establezca de manera permanente en el sistema.

El monitoreo continuo, es una herramienta crucial para la detección temprana, es necesario contar con infraestructura adecuada y personal capacitado que facilite las acciones de control y erradicación. El monitoreo tendrá como objetivo informar continua y oportunamente sobre la situación de las especies invasoras en los sistemas. Además del monitoreo se debe fomentar la formación de redes de vigilancia sustentada en la participación de los usuarios de recursos, para lo cual se deben establecer incentivos económicos (Figura 28). Esta medida ayudará a fortalecer las medidas de seguridad en los sectores de producción y comercialización de especies invasoras.



Figura 28. Monitoreo continuo como medida para la detección temprana de la introducción del pez diablo.

Respuesta rápida ante la introducción del pez diablo

La acción de respuesta rápida evidentemente consiste en la verificación en campo, la comunicación inmediata con actores directamente involucrados y el acuerdo de acciones para mitigar y en el mejor de los casos erradicar a la especie invasora (Figura 29).



Figura 29. Comunicación con usuarios pesqueros para la respuesta rápida de la introducción del pez diablo.

La experiencia actual sobre el manejo de especies invasoras es que la erradicación, particularmente en cuerpos de agua, es prácticamente imposible, sin embargo acciones de control

acompañadas de estrategias de aprovechamiento parecen ser una alternativa adecuada (Figura 30).



Figura 30. Consumo humano del pez diablo como estrategia de aprovechamiento.

De acuerdo con lo anterior se debe implementar y movilizar de manera rápida campañas de extracción del organismo en los sistemas mediante los recursos técnicos y humanos previamente capacitados (Figura 31).



Figura 31. Campaña de capacitación para la extracción y monitoreo como medida de respuesta rápida ante la introducción del pez diablo.

El añadirle opciones de uso al organismo ayudará a financiar estas campañas. Las actividades de control con posibilidad de aprovechamiento deben respaldarse con campañas de educación ambiental. Para esto es necesario:

- Capacitar al personal gubernamental sobre los problemas que causan las especies invasoras.
- Capacitar a productores en los diferentes aspectos de prevención y bioseguridad en el manejo de especies exóticas.
- Desarrollar y distribuir material de difusión y educación sobre especies invasoras con información clara, contundente y basada en información científica.

MONITOREO Y EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Métodos de captura

De acuerdo a Sánchez-Palafox (2000) las atarrayas son artes de pesca que se emplean para la captura de diversos organismos acuáticos (agua dulce, esteros o bahías), por lo cual son útiles para la captura de pez diablo.

Las características de la red son las siguientes: Monofilamento de 3 m de diámetro y 76.2 mm de luz de malla y 8 m de cuerda de mano. La red atarraya tienen forma cónica y pueden ser operadas en aguas someras o profundas, a pie o por medio de una embarcación menor (Figura 32).

Las atarrayas están constituidas por las siguientes partes:

- Cuerpo de la red: Forma el bolso o copo donde se concentra la captura y tiene el mismo tamaño de malla en toda la sección.
- Línea de plomos: Es la parte inferior de la red que entra en contacto inmediatamente con el fondo cuando la red está en operación.
- Guindaleza: Cabo de recuperación.



Figura 32. Red atarraya empleada para la captura de pez diablo.

Las redes de enmalle a la deriva se mantienen cerca de la superficie o a cierta distancia bajo la superficie mediante numerosos flotadores, y se dejan a la deriva a merced de las corrientes, por sí solas o, más frecuentemente, junto con la embarcación a la que están ligadas (Sánchez-Palafox, 2000).

Son redes de monofilamento de nylon de 100 m de longitud por 1 m de altura, con una luz de malla de 7.6 cm. Cada una se coloca en los bordes del río debido a la fuerte corriente existente y a su profundidad. Las redes se revisan periódicamente hasta que son levantadas. La figura 33 muestra la operación de una red agallera.



Figura 33. Red de enmalle para la captura de pez diablo.

Las redes de arrastre son aquellas con forma de bolsa, sus bandas o partes laterales delanteras más pequeñas que su parte central trasera y está constituida por la unión de paños de diferentes tamaños de malla en forma geométrica. Las características de la red son las siguientes: 5 m de largo, 2.5 m de abertura de trabajo y 19 mm de luz de malla (Figura 34). Para trabajos de monitoreo se realizan lances con una duración de 10 a 12 minutos, a una velocidad de arrastre de 2.5 nudos.

La red de arrastre está constituida por las siguientes partes:

- a) Doble relinga inferior tipo escalera
- b) Diseño de túnel corto
- c) Composición variable del tamaño de malla y material de los paños en las diferentes secciones de la red
- d) Dos puertas (tablas) de arrastre (INAPESCA, 2010).



Figura 34. Red de arrastre para monitoreo de pez diablo.

Caracterización de la población

Los peces diablo capturados deberán ser identificados taxonómicamente, se recomienda la clave de Armbruster & Page (2006). Posteriormente deberán ser medidos con un ictiómetro en su longitud total y estándar en mm y pesados con una balanza en g (Figura 35).



Figura 35. Registro de talla y peso de pez diablo.

Estimación de edad

Para determinar la edad pueden utilizarse técnicas directas como el conteo de anillos en las vértebras y técnicas indirectas como el análisis de frecuencia de tallas. Para el conteo de líneas de crecimiento se sugiere extraer la quinta y sexta vértebras (Moltschaniwskyj & Cappo 2009). Para la limpieza de las vértebras se utiliza una solución preparada a partir de 10g de cristales de NaOH+ (sosa cáustica común) diluidos en 100ml de NaClO (hipoclorito de sodio) al 6%. Las vértebras deben ser sumergidas durante 10 minutos, posteriormente pueden observarse los anillos de crecimiento a través de un microscopio estereoscópico.

Las líneas deben ser contabilizadas por al menos dos personas. Posteriormente se construye una clave edad-longitud media que servirá como base para estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938):

$$L_s = L_{\infty} \times [1 - \exp^{-k \times (t - t_0)}]$$

Donde L_s es la longitud estándar a la edad t , L_{∞} es la longitud máxima asintótica, k es la constante de crecimiento y t_0 es la edad de los peces cuando hipotéticamente tienen longitud cero.

Este trabajo requiere de capacitación técnica especializada y existe abundante literatura científica para consulta. Para los fines de esta guía se sugiere el trabajo de Sparre & Venema (1997).

Determinación de sexo y madurez gonádica

La madurez gonádica del pez diablo puede determinarse con los criterios cualitativos de Nikolsky (1963) (Tabla 4). La fecundidad se determina mediante el conteo de óvulos de la gónada (Holden & Raitt, 1975).

Tabla 6. Criterios cualitativos para determinar la madurez gonádica de peces (Nikolsky 1963).

Fase	Estado	Descripción
I	Inmaduros	Individuos jóvenes que aún no han alcanzado la madurez sexual. Gónadas de tamaño muy pequeño, por lo que el sexo es indeterminado.
II	Descanso	Los productos sexuales no han alcanzado a desarrollarse. Gónadas de tamaño muy pequeño. Ovarios con los huevecillos no distinguibles a simple vista.
III	Maduración	Las gónadas, de mayor tamaño, están sufriendo un incremento muy rápido en peso. Los testículos cambian de transparentes a un color rosado pálido.
IV	Maduros	Productos sexuales maduros. Las gónadas han alcanzado su máximo peso, pero los productos sexuales no salen al exterior cuando se aplica presión al vientre.

V	Reproducción	Los productos sexuales se expulsan en respuesta a una presión ligera de la región abdominal. El peso de las gónadas decrece rápidamente desde el principio del desove a su terminación.
VI	Desovados	Los productos sexuales han sido expulsados. Las aberturas genitales están inflamadas. Las gónadas tienen la apariencia de sacos desinflados. Los ovarios generalmente contienen unos cuantos huevecillos residuales y los testículos algo de esperma.

Determinación de contenidos estomacales

Para conocer las relaciones que tiene el pez diablo con otras especies es necesario analizar sus contenidos estomacales. En primer lugar debe determinarse el grado de llenado del estómago (vacío, casi vacío, medio lleno y lleno) y el grado de digestión del contenido estomacal (digerido, medio digerido y fresco) de acuerdo a los criterios propuestos por Laevastu (1971).

Los contenidos estomacales se analizan por la técnica volumétrica, la cual se expresa como un porcentaje del volumen de cierto ítem en relación al volumen total que ocupan los contenidos estomacales (Hyslop 1980). Pueden utilizarse tubos y portaobjetos graduados para calcular el volumen de los ítems (Hellowell & Abel 1971). Cada ítem se identifica hasta el menor nivel taxonómico posible, para ello se sugiere revisar los trabajos de Desikachary (1959), Patrick & Reimer (1966), Steidinger & Williams (1970), Round *et al.* (1990), Hasle & Syvertsen (1996), Licea *et al.* (1996), Moreno *et al.* (1997) y Moreno (2003).

LITERATURA CITADA

- Amador del Ángel L.E., Guevara Carrió E. del C., Brito Pérez R. & Endañú Huerta E. 2014. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO Ficha técnica pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*, proyecto No. GN004, México D. F.
- Amezcu L. 2014. Colonización de la laguna de Chiricahueto (Sinaloa, México) por la especie invasora *Pterygoplichthys spp.* En. Low A., Quijón P. y Peters E. (Eds.) Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Distrito Federal, 273-291 pp.
- Armbruster J. 1998. Modifications of the digestive tract for holding air in Locariid and Scoloplacid catfishes. *Copeia* 3: 663-675.
- Armbruster J.W. & Page L.M. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Locariidae). *Neotropical Ichthyology*, 4(4): 401-409.
- Armbruster J.W. & Sabaj M.H. 2009. A key to the genera of Loricariidae. (Consultado: 2 de septiembre de 2015). http://www.auburn.edu/academic/science_math/res_area/loricariid/fish_key/
- Armenta-Bojórquez A.D., García-Gutiérrez C., Camacho-Báez J.R., Apodaca-Sánchez M.A., Gerardo-Montoya L. & Nava-Pérez E. 2010. Biofertilizantes en el Desarrollo Agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1):51-56.
- Barba E. 2005. Registro de *Hypostomus sp.* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Loricariidae) en la cuenca del Grijalva -Usumacinta, Tabasco. 3er Congreso de la Asociación Mexicana de Limnología A. C. Octubre 26-28, 2005, UJAT, Villahermosa, Tabasco, México.
- Barba E., Juárez-Flores J. & Magaña-Vázquez M. 2014. Nuevos registros de plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) (Siluriformes: Locaridae) en las cuencas del río Grijalva y Tonalá, Pajonal-Machona, Tabasco. En. Low A., Quijón P. y Peters E. (Eds.) Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Distrito Federal, 233-251 pp.

- Barral A.O., Castañón C.A., Bergamaschi N.J. & Roth R.R. 1989. Ensilados ácidos de pescado. *La Industria Cárnica*, 17(76): 43-47.
- Belli Contreras J.E. 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pescado para la alimentación animal. Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana, 53 p.
- Bunkley-Williams I., Williams Jr. E.H., Lilstrom C.G., Corujo-Flores I., Zerbi A.J., Aliaume C. & 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.
- Burgess J.E. 1958. The fishes of Six-Mile Creek, Hillsborough County, Florida, with particular reference to the presence of exotic species. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners*, 12(1): 1-8.
- Cano Salgado M.P., Bello Baltazar E. & Barba E. 2012. Innovación social y capacidad de organización de las cooperativas pesqueras en el municipio de Balancán, Tabasco, México. *Estudios Sociales* 20(39): 65-97
- Castillo-Capitán G. 2014. Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa (cuenca de Coatzacoalcos) Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuario Tuxpan*, 2(3): 503-507.
- Chávez M.M., de la Paz R.M., Manohar S.K., Pagulayan R.C. & Carandang Vi J.R. 2006. New Philippine record of South American sailfin catfishes (Pisces: Loricariidae). *Zootaxa*, 1109: 57-68.
- Chornesky E.A., Bartuska A.M., Aplet G.H., Britton, Cummingscarlson J., Davis F., Eskow J., Gordon D., Gottschalk K.W., Haack R.A., Hansen A.J., Mack R., Rahel F., Shannon M.A., Wainger L.A. & Wigley B. 2005. Science Priorities for Reducing the Threat of Invasive Species to Sustainable Forestry. *BioScience*, 55(4): 335-348.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2010. Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México prevención, control y erradicación. CONABIO, México, 91 p.
- Courtenay Jr. W.R., Hensley D.A., Taylor J.N. & McCann J.A. 1984. Distribution of exotic fishes in the continental United States. In: Courtenay Jr. W.R. & Stauffer Jr. J.R. (Comps.) *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 41-77 pp.
- Courtenay Jr. W.R., Hensley D.A., Taylor J.N. & McCann J.A. 1986. Distribution of exotic fishes in North America. In: Hocutt C.H. & Wiley E.O. (Comps.) *The Zoogeography of North American Freshwater Fishes*. John Wiley & Sons, Nueva York, 675-698 pp.
- Covain R. & Fisch-Muller S. 2007. The genera of the Neotropical armored catfish sub family Locariidae (Siluriformes: Locariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, 1462: 1-40.

- Da Cruz, A.L., Pedretti A.C.E. & Fernandes M.N. 2009. Stereological estimation of the surface area and oxygen diffusing capacity of the respiratory stomach of the airbreathing armored catfish *Pterygoplichthys anisitsi* (Teleostei: Loricariidae). *Journal of Morphology*, 270(5): 601-614.
- Desikachary T.V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 686 p.
- Devick W.S. 1989. Disturbances and fluctuations in the Wahiawa Reservoir ecosystem. Project F-14-R-13, Job 4, Study I. Division of Aquatic Resources, Hawaii Department of Land and Natural Resources, 30 p.
- Fabgenro O.A. & Bello-Olusoji O.A. 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility of fermented shrimp head silage. *Food Chemistry*, 60(4): 489-493.
- Flecker A.S. 1992. Fish trophic guilds and the structure of a tropical stream: weak direct versus strong indirect effects. *Ecology* 73(3): 927-940.
- Froese R. & Pauly D. (20 de Julio de 2015). Fish Base. World Wide Web Electronic Publications. Recuperado de: <http://www.fishbase.org>
- García M.O., Ramírez T. & March I.J. 2014. Especies invasoras acuáticas en áreas naturales protegidas. En: Mendoza R. y Koleff P. (coords) Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 445-468 pp.
- Goldburg R. & Triplett T. 1997. Murky waters: Environmental effects of aquaculture in the United States. The Environmental Defense Fund, Nueva York, 197 p.
- Govinda-Das H., Rodiles-Hernández R. & Capps K. 2013. Nestigburrows and behavior of nonnative catfishes (Siluriformes: Loricariidae) in the Usumacinta-Grijalva watershed, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58(2): 238-243.
- Guerrero A.R. 2006. ¿Para qué sirve la divulgación de la Ciencia? *Ciencia y Mar*, 10(29): 47-49.
- Guzmán A.F. & Barragán S.J. 1997. Presencia de bagres sudamericanos (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana*, 3: 1-4.
- Hassle G.R. & Syvertsen E.E. 1996. Marine diatoms. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, San Diego, 385 p.
- Hellawel J.M. & Abel R.A. 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology*, 3(1): 29-37.
- Hernández-Santos M.E. 2008. Aspectos reproductivos del loricárido *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) en la laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. Tesis profesional de Licenciatura en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 64p.
- Herrera-Solano D. & Molina-Arias A. 2011. Peces diablo (Teleosteo: Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del Río Reventazón, Costa Rica. *Biocenosis*, 25(1-2): 79-86.

- Holden M. & Raitt D. 1975. Métodos para investigar los recursos pesqueros y su aplicación. Manual de Ciencia Pesquera Parte 2. Documento Técnico de FAO. Pesca (115), Roma, 211 p.
- Hoover J.J., Killgore K.J. & Cofrancesco A.F. 2004. Suckermouth Catfishes: Threats to Aquatic Ecosystems of the United States? Aquatic Nuisance Species Research Program (ANSRP). 04(1): 1-9.
- Hyslop E.J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. Journal of Fish Biology, 17(4): 411-429.
- ICAITI. 1985. Biogas y bioabono aplicaciones. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, Guatemala, 55 p.
- IMTA, CONABIO, GECI, Aridamerica & The Nature Conservancy. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México, Jiutepec, Morelos, 73 p.
- Jumawan J. & Herrera A. 2014. Ovary morphology and reproductive features of the female sucker mouth sailfin catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber 1991) from Marikina River, Philippines. Asian Fisheries Science, 27(2014): 75:89.
- Jumawan J., Herrera A. & Vallejo B. 2014. Embryonic and larval development of the sucker mouth sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* from Marikina River, Philippines. EurAsian Journal of BioSciences, 8: 38-50.
- Laevastu T. 1971. Manual de métodos de biología pesquera. FAO, España, 243 p.
- Leung B., Lodge D.M., Finnoff D., Shogren J.F., Lewis M.A. & Lamberti G. 2002. An ounce of prevention or a pound of cure: Bioeconomic risk analysis of invasive species. Proc. R. Soc. Lond. B., 269: 2407-2413.
- Levin B.A., Phuong P.H. & Pavlov D.S. 2008. Discovery of the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Teleostei: Loricariidae) in Vietnam. Journal of Applied Ichthyology, 24(6): 715-717.
- Liang S., Wu H. & Shieh B. 2005. Size structure, reproductive phenology, and sex ratio of an exotic armored catfish (*Liposarcus multiradiatus*) in the Kaoping River of southern Taiwan. Zoological Studies, 44(2): 252-259.
- López C. & López O. 2009. Diseño, construcción y puesta en operación de un biodigestor anaerobio continuo para el laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana. Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, 60 p.
- López F.H. & Winemiller K.O. 2005. Status of *Dionda diabolica* and report of established populations of non-native fishes in San Felipe Creek, Val Verde County, Texas. Southwestern Naturalist, 50(2): 246-251.
- Ludlow M.E. & Walsh S.J. 1991. Occurrence of a South American armored catfish in the Hillsborough River, Florida. Florida Scientist, 54(1): 48-50.

- Martí Herrero J. 2008. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía, Bolivia, 81 p.
- Martínez-Palacios C.A., Ross L.G., Arreguín-Sánchez F., Campos-Mendoza A., Díaz-Pardo E., Fonseca-Madrugal J., Gutiérrez-Hernández A., Pacheco-Aguilar R., Ramírez Suárez J.C., Ríos-Durán M.G., Rueda-Jasso R., Toledo-Cuevas E.M., Salas-Razo G., Shimada-Miyasake A., Sánchez-Chinchilla A., Ávila-González E., Viana-Castrillón M.T. & Gasca-Leyva E. 2010. Peces amazónicos invaden aguas continentales de México y Guatemala en forma alarmante, El Salvador. *Ciencia y Tecnología*, 15(20): 25-32.
- Mazzoni R., Rezende C.F. & Manna L.R. 2010. Feeding ecology of *Hypostomus punctatus* Valenciennes, 1840 (Osteichthyes, Loricariidae) in a costal stream from Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3): 569-574.
- Mendoza R., Contreras S.R.C., Koleff P., Álvarez P. & Aguilar V. 2007. Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, 70: 1-5.
- Mendoza R., Coudmore B., Orr R., Fisher J., Contreras S., Courtney W., Koleff P., Mandrak N., Álvarez P., Arroyo M., Escalera C. Guevara A., Greene G., Lee D., Orbe-Mendoza A., Ramírez C. & Stabridis O. 2009. Trinational Risk Assessment Guidelines for Aquatic Invasive Species: Test Cases for Snake heads (Channidae) and Armored Catfishes (Loricariidae) in North American Inland Waters. Commission for Environmental Cooperation (J. Fisher ed.), Montreal, Canada, 98 p.
- Moltschaniwskyj N. & Cappo M. 2009. Alternatives to sectioned otoliths: The use of other structures and chemical techniques to estimate age and growth for marine vertebrates and invertebrates. In: Green B., Mapstone B., Carlos G. & Begg G. (Eds). *Tropical fish otoliths: Information for assessment, management and ecology*. Springer, New York, 133-174 pp.
- Monares-Gallardo I., Ceja-Torres L.F., Escalera-Gallardo C., Vázquez-Gálvez G. & Ochoa-Estrada S. 2012. Tamaño de Partícula y Tiempo de Aplicación Pre-Siembra de Harina de Pescado (*Plecostomus* spp.) en Producción de Calabacita. *Terra Latinoamericana*, 30(2): 147-155.
- Mooney H.A. & Cleland E.E. 2001. The evolutionary impact of invasive species. *PNAS*, 98(10): 5446-5451.
- Moreno J.I. 2003. Fitoplancton. En: CNA/AGT (Ed). *Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de calidad del agua*. CNA/AGT, México, 13-45 pp.
- Moreno J.L., Licea S. & Santoyo H. 1997. Diatomeas del golfo de California. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur. SEP-FOMES/PROMARCO, 1273 p.
- Nelson J. 2006. *Fishes of the world*. Fourth edition. Wiley, New Jersey, 601 p.
- Nico L.G. & Martin R.L. 2001. The South American suckermouth armored catfish, *Pterygoplichthys anisitsi* (Pisces: Loricariidae), in Texas, with comments on foreign

- fish introductions in the American Southwest. *The Southwestern Naturalist*, 46(1): 98-104.
- Nikolsky G. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, New York, 352 p.
- Oliveira De, C., Taboga S.R., Smarra A. L. & Bonilla-Rodríguez G. O. 2001. Microscopical aspects of accessory air breathing through a modified stomach in the armoured catfish *Liposarcus anisitsi* (Siluriformes, Loricariidae). *Cytobios*, 105(410): 153-162.
- Page L.M. & Robins R.H. 2006. Identification of sailfin catfishes (Teleostei: Loricariidae) in Southern Asia. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 54(2): 455-457.
- Patrick R. & Reimer C.W. 1966. *The diatoms of the United States*. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1:1-168.
- Pineda A. 2010. *Biología, ecología y componentes nutritivos del pez diablo (Pterygoplichthys sp.) especie exótica en los sistemas fluvio-lagunares del Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, 119 p.
- Piñar A.A., García S.M.D. & García C.H. 2012. Ecoturismo y educación ambiental para la sustentabilidad en la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas (México). *Revista de investigación en turismo y desarrollo local* 5(12): 2-23.
- Ramírez-Morales S. & Ayala-Pérez L.A. 2009. "Plecos" en la presa "Infiernillo". *Jaina*, 20: 24-35.
- Rodríguez J.P. 2001. La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad sudamericana. *Interciencia*, 26(10): 479-483.
- Round F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. 1990. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747 p.
- Rueda-Jasso R.A., Campos-Mendoza A., Arreguín-Sánchez F., Díaz-Pardo E. & Martínez-Palacios C.A. 2013. The biological and reproductive parameters of the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from Adolfo López Mateos El Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1): 318-326.
- Salgado-Maldonado G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa*, 1324: 1-357.
- Samat A., Shukor M.N., Mazlan A.G., Arshad A. & Fatimah M.Y. 2008. Length-weight relationship and condition factor of *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) in Malaysia Peninsula. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 3(2): 48-53.
- Sánchez-Palafox A. 2000. *Catálogo de los principales sistemas de captura de las principales pesquerías comerciales*. Documentos INAPESCA, México, 139 p.
- Secuti S. & Trajano E. 2009. Reproductive behavior, development and eye regression in the cave armoredcatfish, *Ancistrus cryptophthalmus* Reis, 1987 (Siluriformes: Loricariidae), breed in laboratory. *Neotropical Ichthyology*, 7(3): 479-490.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. Estrategia nacional de educación ambiental para la sustentabilidad en México. SEMARNAT, México, 255 p.
- Sparre P. & Venema S.C. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. FAO Documento Técnico de Pesca 306, Roma, Italia.
- Spohn S. 2013. Comunicación ambiental para el desarrollo sostenible: Formación, interculturalidad y saberes. GIZ, PDRS, Perú, 14 p.
- Steidinger K.A. & Williams J. 1970. Dinoflagellates. *Memoirs of Hourglass Cruises*, 2: 1-251.
- Tan B.C. & Tan K.S. 2003. Singapore. In: Pallewatta N., Reaser J.K. y Gutiérrez A.T. (eds.) *Invasive alien species in South-Southeast Asia. National reports and directory of resources*. Global Invasive Species Programme. Cape Town, South Africa, 85-90 pp.
- Tovar-Hernández M.A., Villalobos T.F., Yáñez B., Aguilar J.M. & Ramírez I.D. 2012. Guía de invertebrados acuáticos en Sinaloa. Geomare, A.C. SEMARNAT, Mazatlán, México, 41p.
- UNESCO-PNUMA. 1997. Informe Final Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. Tbilisi, París, 27 p.
- Varnero Moreno M.T. 2011. Manual de biogás. Proyecto CHI/00/G32 “Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables, Santiago de Chile, 120 p.
- Vidotti R.M., Carneiro D. Macedo-Viegas E. & Carneiro D.J. 2003. Aminoacid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*, 105(1-4): 199-204.
- Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human Biology*, 10(2): 181-213.
- Wakida-Kusunoki A.T. & Amador del Ángel L.E. 2009. Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) y *P. disjunctivus* (Weber, 1991) (Siluriformes: Loricariidae) en el Sureste de México. *Hidrobiológica*, 18(3): 243-247.
- Wakida-Kusunoki A.T. & Amador del Ángel L.E. 2011. Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3): 870-878.
- Wakida-Kusunoki A.T., Ruiz-Carus R. & Amador del Ángel L.E. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae) another exotic species established in Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 52(1): 141-144.
- Zaldivar Larrain, F. J. Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En: *Simposium internacional de Nutrición Acuícola* (3 al 6 de septiembre del 2002. Cancún, México). *Memorias*. Eds. Cruz Suárez, I. E.; Ricque- Maried, D.; Tapia-Salazar, M.; Gaxiola – Cortez, M.g.; Simoes, N. Cancún, México. p. 516- 527.

El Pez Diablo en México: Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros se terminó de imprimir en septiembre de 2015.

Impresor: Diseño & Reproducciones Heidi Gabriela Álvarez Lizaola
Emperadores núm. 44 Col. Portales Ote.

C.P. 03570 México, D.F.
5532-5514

El tiraje fue de 1000 ejemplares, más sobrantes para reposición